

Optimisation d'un bioprocédé pour la production d'un mélange H₂/CH₄ (biohythane) à partir de déchets ménagers



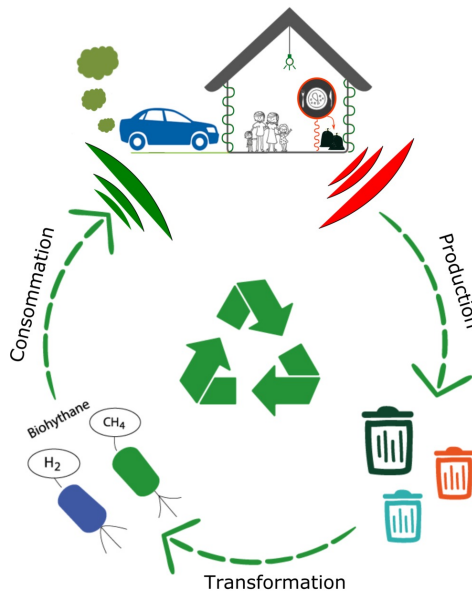
📅 Date de début : octobre 2014

📅 Date de fin : octobre 2017

🌍 Occitanie

📍 102 Avenue des Etangs - Narbonne - 11100

Porteur principal : **Ademe - INRA - Trifyl**



DESCRIPTION

De nos jours, la production de déchets ménagers et assimilés ne cesse d'augmenter. Sans changement dans les pratiques de gestion, une telle augmentation du volume des déchets collectés posera de nombreux problèmes liés à un manque d'espace pour leur stockage est un impact négatif sur l'environnement. Parmi les solutions possibles, la méthanisation est une technologie largement développée et éprouvée pour convertir la matière organique issue des déchets en énergie sous forme de méthane (ou CH₄). Depuis quelques années, un intérêt croissant s'est également porté sur la production d'hydrogène (ou H₂) qui est considérée comme un autre vecteur clé de la transition énergétique. En effet, l'hydrogène possède un pouvoir calorifique plus élevé (120 kJ/g) que le méthane (50 kJ/g) et l'eau est le seul produit issu de sa combustion ce qui en fait un composé de choix pour le secteur des transports. De plus, l'hydrogène peut être ajouté au méthane à hauteur de 5 à 20% pour former un mélange appelé Hythane® qui possède un impact environnemental plus faible que du méthane pur s'il est utilisé en tant que carburant. L'avantage de ce mélange est qu'il peut être produit de façon biologique (biohythane) en utilisant des communautés microbiennes bien spécifiques via un procédé à deux étapes. En effet, dans un premier réacteur, une partie de la matière organique issue des déchets va être dégradée par des bactéries, qui vont, à l'issue de cette dégradation, produire de l'hydrogène (étape de fermentation). Puis, dans un second réacteur, une autre communauté microbienne va finaliser la dégradation de la matière organique et générer du méthane (étape de méthanisation) et ainsi produire le mélange désiré : le biohythane.

Dans le but d'améliorer la valorisation des déchets ménagers, Trifyl (syndicat départemental de traitement des déchets ménagers et assimilés du Tarn) a collaboré avec l'Institut National de Recherche Agronomique de Narbonne (INRA) et l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) via la réalisation d'une thèse de recherche dont l'objectif fut d'améliorer et d'optimiser un bioprocédé de production d'un mélange H₂/CH₄ (biohythane) à partir des déchets ménagers.

Bénéfices quantitatifs

La nécessité de valoriser les déchets ménagers couplée à l'intérêt porté sur l'utilisation de l'hydrogène dans le secteur des transports répond aux enjeux de développer une société plus durable basée sur une économie dite circulaire pour réduire notre impact environnemental et notre dépendance énergétique. Ce contexte général a encouragé Trifyl en collaboration avec l'INRA (LBE) de réaliser cette thèse soutenue financièrement par l'ADEME. Lors de cette thèse, plusieurs opportunités ont permis de valoriser cette recherche tant au niveau scientifique que tout public :

Participation à des publications scientifiques :

Tapia-Venegas E, Ramirez-Morales JE, Silva-Illanes F, Toledo-Alarco J, **Paillet F**, Escudie R, Lay CH, Chu CY, Leu HJ, Marone A, Lin CY, Kim DH, Trably E & G Ruiz-Filippi* (2015) Biohydrogen production by dark fermentation: scaling-up and technologies integration for a sustainable system. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 14: 761-785

Toledo-Alarcón J, Capson-Tojo G, Marone A, **Paillet F**, Júnior ADNF, Chatellard L, et al. Basics of Bio-hydrogen Production by Dark Fermentation. In: Liao Q, Chang J, Herrmann C, Xia A, editors. *Bioreact. Microb. Biomass Energy Convers.*, Singapore: Springer Singapore; 2018, p. 199–220. doi:10.1007/978-981-10-7677-0_6.

Brevet :

Paillet F, Barrau C, Escudié R, Trably, E : Procédé de contrôle d'un réacteur de fermentation sombre, Trifyl, Institut National de la Recherche Agronomique (22/09/17), Référence : 32691FR-EF/JS

Présentation en conférence international

Paillet F*, Escudie R, Barrau C & E Trably (2016) Impact of leachate ions content on OFMSW conversion to biohydrogen. 6th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng2016). May 23rd - 26th. Albi, France

Prix remporté :

1er Prix Coup de Cœur des étudiant à l'Eco-Award des Assises nationales étudiantes du développement durable (ANEED) dans la catégorie "collectivités" (<http://www.tbs-education.fr/fr/anedd/les-editions-precedentes/retour-sur-les-anedd-2017>).

Autre :

Participation à la finale régionale (Montpellier) du concours "Ma Thèse en 180 secondes" (<https://www.youtube.com/watch?v=WCWhmslsxS8>).

Bénéfices qualitatifs

Aujourd'hui, en France, il existe une forte volonté de diminuer la mise en stockage des déchets ménagers et assimilés et d'améliorer leur valorisation afin de créer une économie circulaire basée sur le respect de l'environnement. En effet, les problématiques majeures que sont l'augmentation de la quantité de déchets produits par habitant, la pollution causée par le stockage des déchets et la raréfaction de la matière première nous poussent à modifier nos comportements et notre manière de consommer.

La valorisation de l'énergie issue des déchets ménagers produite par voie biologique est prometteuse. La production de biohydrogène (composé d'hydrogène (5-20%) et de méthane) via un procédé à deux étapes à partir d'ordures ménagères est un domaine de recherche qui comporte de nombreuses pistes encore à développer pour, à terme, réaliser ce procédé à une échelle industrielle. Concernant la production de méthane, la technologie est mature avec de nombreux procédés industriels déjà existants. Cependant il est nécessaire d'étudier plus en détail la fermentation sombre (production d'hydrogène) pour mieux comprendre ce procédé et ainsi trouver les conditions opératoires optimales permettant une amélioration du rendement en hydrogène.

La possibilité de passer d'une échelle laboratoire à une échelle pilote et enfin industrielle repose sur une meilleure compréhension des mécanismes clés mis en œuvre dans ce procédé afin d'envisager une optimisation ultérieure. Les paramètres clés liés au contexte industriel de Trifyl ont été essentiellement centrés autour des ressources présentes sur le site de Trifyl pour réaliser un procédé de fermentation sombre à savoir, la fraction organiques des ordures ménagères collectée par Trifyl et le lixiviat (eaux résiduelles) permettant d'une part un apport de la communauté microbienne productrice d'hydrogène, et d'autre part un apport d'eau indispensable pour une production consécutive d'hydrogène. Cependant l'utilisation de ces ressources spécifiques à Trifyl a entraîné plusieurs problématiques propres à cette étude. En effet, plusieurs limitations de la production d'hydrogène peuvent être causées par des éléments contenus dans le lixiviat qui, à force de

s'accumuler dans le milieu, peuvent impacter négativement la production d'hydrogène. Dans ce contexte, il a donc été nécessaire dans un premier temps de s'intéresser aux principales limites de la fermentation sombre. Lors de l'utilisation de déchets organiques composés en partie de déchets alimentaires (44 %), une molécule appelée ammoniac (NH₃) a régulièrement été rapportée comme fortement problématique (issue de la dégradation des protéines). Il a donc été nécessaire lors de cette thèse d'étudier l'impact dans notre procédé de fermentation. De plus, le lixiviat possède une concentration importante en ions qui peut également perturber la fermentation sombre, il a alors été primordial d'étudier les conséquences de ce facteur sur la production d'hydrogène.

En opposition avec les paramètres perturbant négativement la production d'hydrogène, l'amélioration du rendement en hydrogène via l'étude de différents paramètres, soit facilement ajustables (quantité d'eau dans le milieu, température du milieu) ou difficilement modifiables au niveau industriel (pH, concentration en ammoniac, caractéristique du substrat) a été effectuée. En effet, la connaissance globale des valeurs permettant une intensification de la productivité d'hydrogène permettra une meilleure fiabilité du procédé à l'échelle industrielle. Globalement, l'étude de l'optimisation de la production d'hydrogène a permis d'améliorer la stabilité et la robustesse du réacteur de fermentation afin de favoriser la crédibilité économique d'un tel procédé.

Enfin, dans le but de réaliser un procédé de production de biohythane à échelle industrielle, des problématiques liées aux changements d'échelle et plus particulièrement au dimensionnement du réacteur ont également été étudiées attentivement. En effet, la configuration du réacteur peut modifier certaines données physico-chimiques (pression partielle en hydrogène, transfert gaz/liquide) qui vont potentiellement engendrer une diminution du rendement en hydrogène.

Les résultats de ces différentes études servent aujourd'hui de base pour le dimensionnement d'un procédé à deux étapes en vue à terme, d'une production industrielle de biohythane.

Etapes de l'initiative

ENJEUX

Domaines d'activités

- ✓ Energie
- ✓ Mobilité
- ✓ Transport
- ✓ Recyclage

Suite à la loi LTE qui vise à réduire le stockage des déchets et la raréfaction des matières premières, les déchets ménagers sont aujourd'hui perçus comme une ressource non négligeable de matières. Cette nouvelle vision entre parfaitement dans une dynamique d'un nouveau mode de consommation et de fonctionnement basé sur une économie plus durable appelée « économie circulaire ».

Selon l'ADEME, l'économie circulaire « vise à changer de paradigme par rapport à l'économie dite linéaire, en limitant le gaspillage des ressources et l'impact environnemental, et en augmentant l'efficacité à tous les stades de l'économie des produits ». L'économie circulaire vise donc, dès la conception d'un produit, d'un procédé ou d'un service à en minimiser son impact environnemental (écoconception). Ceci passe par une consommation responsable où le consommateur est amené à choisir au mieux ce qu'il consomme en prenant en compte l'impact environnemental du cycle de vie du produit. Une volonté d'allonger la durée de vie du produit par sa réparation ou par l'achat de produits d'occasion est un facteur important. Lors de la fin de vie du produit, la matière première peut également être recyclée ou valorisée afin de créer un nouveau produit à mettre sur le marché.

Une gestion durable des déchets doit donc intégrer :

des voies de valorisation de la matière via les procédés de recyclage,
des voies de valorisation thermique pour la production d'énergie,
des voies de valorisation biologique utilisant des microorganismes pour transformer la matière en fertilisant (compost) ou en énergie (biogaz).

La filière de valorisation doit être adaptée au type de déchets contenus dans les déchets ménagers et assimilés. En effet, la valorisation matière concerne principalement les déchets recyclables et les déchets d'équipements électriques et

électroniques (DEEE), tandis que les valorisations thermique et biologique sont plus adaptées respectivement aux déchets résiduels et aux déchets verts et organiques. C'est notamment dans ce contexte que de nombreuses recherches sont actuellement réalisées dans le but d'améliorer la valorisation des déchets adéquats par voie biologique.

Ressources

- ✓ Déchet
- ✓ Biodéchet
- ✓ Energies renouvelables
- ✓ Biogaz
- ✓ Méthanisation

De nos jours, la production mondiale de déchets ménagers et assimilés s'élève à 1,3 milliard de tonnes par an avec une augmentation à 2,2 milliards de tonnes prévues d'ici 2025 [1]. Sans changement dans les pratiques de gestion, une telle augmentation du volume des déchets collectés posera de nombreux problèmes liés à un manque d'espace pour leur stockage et un impact négatif sur l'environnement. De plus, la faible réutilisation des matériaux va entraîner des difficultés en lien avec la raréfaction des matières premières. Ces problématiques ont largement été étudiées et tout le monde s'accorde sur le fait qu'un effort mondial doit être réalisé pour y remédier. Dès 1995, le protocole de Kyoto fut un élément fondateur dans ce sens, qui visait à lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre (réduction de 5%) et engendrait un premier pas vers la transition énergétique.

Depuis, la France a affiché sa volonté d'assurer une gestion optimale des déchets tout en accélérant la transition énergétique pour une croissance verte. Aujourd'hui, cette volonté est appuyée par la loi LTE du 17 août 2015 qui permet de contribuer de façon efficace à la lutte contre le dérèglement climatique, à la préservation de l'environnement ainsi qu'au renforcement de l'indépendance énergétique de la France et à la limitation des déchets organiques mis en ISDND (Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux). Dans ce contexte, une nouvelle manière de consommer émerge qui vise, entre autres, à limiter le gaspillage des ressources et à perfectionner les technologies de traitement/valorisation/recyclage des déchets. Dans le domaine du traitement des déchets, nombreux sont ceux qui ont choisi la voie de la valorisation énergétique par incinération ou bien par dégradation biologique de la partie fermentescible des ordures ménagères (FFOM) pour la production et la valorisation du biogaz. La valorisation par voie biologique est en effet particulièrement prometteuse pour les déchets organiques qui ne peuvent entrer dans une filière de recyclage.

1] Bhada-Tata P, Hoornweg D. What a waste : A global review of solid waste management. Urban Dev Ser Knowledge Pap World Bank 2012;15:1-116.

Pilier(s) de l'économie circulaire

- ✓ Recyclage
- ✓ Approvisionnement durable

MISE EN OEUVRE

Partenaires

- ✓ [Trifyl](#)

Trifyl est un syndicat départemental de traitement des déchets ménagers et assimilés du Tarn, qui est né de l'élaboration du premier Plan Départemental d'élimination de ces déchets en 1999. <http://www.trifyl.com/>

- ✓ [INRA - LBE](#)

Le LBE (Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement) est centré sur le concept de la bioraffinerie environnementale. Identifié comme "Knowledge Enabling Technologie (KET) Technology Centre" par la Commission Européenne, il fait partie de l'Institut Carnot 3BCar, de l'Institut Montpellierain de l'Eau et de l'Environnement, du LabEx Agro et de l'I-site Montpellier Université d'Excellence. <https://www6.montpellier.inra.fr/narbonne>

- ✓ [ADEME](#)

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques

dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.<http://www.ademe.fr/>

Moyens techniques

Cette recherche a été effectuée via la réalisation d'une thèse. Lors de cette thèse, les études expérimentales ont été accomplies au Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE) en partenariat avec Trifyl et sous la supervision de l'ADEME.

Moyens humains

-

COÛT & FINANCEMENT

- ✓ Trifyl
- ✓ ADEME

Financement

Cette recherche a été réalisée lors d'une thèse via un double financement (Trifyl - ADEME).

TÉMOIGNAGES

Témoignages

✉-



<https://www.economiecirculaire.org/initiative/h/optimisation-d-un-bioprocede-pour-la-production-d-un-melange-h2-ch4-biohythane-a-partir-de-dechets-menagers.html>

ec economiecirculaire.org

Economiecirculaire.org vous permet de découvrir, d'activer, de partager ou de réaliser des projets d'économie circulaire dans les domaines de l'entreprise : mobilité, énergie, synergies, services, etc.
Industriels, bureaux d'études, entreprises: inscrivez-vous pour être informés.

Conduit par :



Soutenu par :



CGU - [Contact](#) - Conception & Réalisation : CIRIDD © 2015