

CES et O.I.E.

Centre Efficacité Énergétique des Systèmes.
Centre Observation, Impacts, Energie

Offre de stage (*Training period opportunity*)

| | |
|--|---|
| Titre court : (Short title) | Analyse de coûts de la production de biogaz par des microalgues avec une perspective de cycle de vie Economic assessment of biogas production from microalgae with a life cycle perspective |
| Sujet : (Subject) | Elaboration d'un modèle d'évaluation de coûts de cycle de vie à partir de la simulation du procédé de culture de microalgues suivi d'une digestion anaérobie pour la production de biogaz Development of a model to assess the life cycle costs based on process simulation of the coupled culture of microalgae and anaerobic digestion to obtain biogas |
| Mots-clés : (Key-words) | Perspective de cycle de vie, bioénergie, microalgues, durabilité, biogaz, simulation de procédés, analyse de coûts de cycle de vie Life cycle perspective, bioenergy, microalgae, sustainability, biogas, process simulation, life cycle costing |
| Catégorie d'emploi : (Type of contract) | Etudiant stagiaire Master internship |
| Dates et durée : (Duration) | 1 mars – 1 septembre 2023 1st March – 1st September 2023 |
| Niveau et pré-requis : (Degrees & Profile) | Niveau master, appétence pour les problématiques énergétiques, compétence en programmation (de préférence, Python), sensibilisation à l'analyse de cycle de vie environnementale et l'analyse de coûts Master intern, interest in energy systems, programming skills (if possible, Python), knowledge of environmental life cycle assessment and cost analysis |
| Lieu de travail : (Location) | Laboratoire d'accueil (Research center): Centre « Observation, Impacts, Energie » (O.I.E.) MINES Paris – ARMINES SOPHIA ANTIPOLIS (06 - France) http://www.oie.mines-paristech.fr/ Centre « Efficacité Energétique des Systèmes » (CES) MINES Paris – ARMINES PALAISEAU (91 - France) https://www.ces.minesparis.psl.eu/Accueil/ |
| Cadre de travail : (Institution overview) | <u>Le Centre Observation, Impacts, Energie</u> (O.I.E.) est une équipe de recherche commune MINES Paris/ARMINES, dont l'objet scientifique traite de l'énergie. Sa caractéristique est d'aborder les aspects temporels et spatiaux (<i>i.e.</i> géographiques) des questions posées sur les ressources en énergie renouvelable et les impacts environnementaux de la production et des usages de l'énergie. Le " <u>Center d'efficacité Energétique de Systèmes</u> " (CES) est une autre équipe de recherche commune MINES Paris/ARMINES qui développe son activité autour de l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment, le transport et l'industrie depuis 25 ans. <u>MINES Paris</u> forme depuis sa création en 1783 des ingénieurs et des scientifiques de très haut niveau. Chargée originellement de la formation des ingénieurs civils des Mines de Paris et des Corps techniques de l'Etat, l'Ecole a développé depuis les années soixante des activités de recherche et d'enseignement de troisième cycle (mastères spécialisés, doctorat), en liaison avec l'industrie et des académiques internationaux. MINES Paris est membre fondateur du PRES Paris Sciences et Lettres (<u>PSL Research University</u>). <u>ARMINES</u> est la première association de recherche contractuelle en France, créée en 1967 à l'initiative de l'Ecole des mines de Paris. Elle a pour objet la recherche partenariale orientée vers l'industrie. |

MINES Paris et ARMINES portent le label [Institut Carnot](#) depuis 2006.

The “[Centre Observation, Impacts, Energy](#)” (O.I.E.) is a joint Research Laboratory MINES Paris/ARMINES that focuses on energy. It addresses the temporal and spatial issues linked to renewable energy resources as well as to the environmental impacts of energy pathways.

The “[Center for energy Efficiency of Systems](#)” (CES) is another joint Research Unit MINES Paris/ARMINES, which conducts its research on the improvement of energy efficiency in buildings, transport and industry since 25 years ago.

[MINES Paris](#) trains high-level engineers and scientists since its foundation in 1783. Originally in charge of the training of civil engineers of Mines and of the Inspectors of Mines, the School has developed research and third cycle programs (specialized masters, PhDs) since the 1960s, linked to industry and international academics. MINES Paris is one of the founding members of PRES Paris Sciences et Lettres ([PSL Research University](#)).

[ARMINES](#) is the first contractual research association in France, and was created in 1967 as an initiative of the Ecole des Mines de Paris. It focuses on industry-oriented research.

MINES Paris and ARMINES are distinguished with the [Institut Carnot](#) label since 2006.

Mission :
(Missions)

Contexte (Context) :

La problématique liée à la demande d'énergie croissante dans le monde met en évidence la nécessité de développer de nouvelles voies de production reposant sur des ressources renouvelables et ayant des impacts environnementaux réduits (EEA, 2020). Les carburants issus de divers types de biomasse constituent une source d'énergie renouvelable. Elle peut être utilisée pour la production de chaleur et d'électricité, ainsi que pour le transport tout en émettant moins de gaz à effet de serre (GES) et d'autres polluants atmosphériques que les carburants fossiles traditionnels. Néanmoins, l'utilisation de biocarburants est aujourd'hui en dessous des estimations pour un scénario de développement durable à l'horizon 2030 (IEA, 2020). L'atteinte des Objectifs de Développement Durable établis en Europe nécessite des innovations disruptives et des fortes réductions des coûts pour la production de biocarburants à grande échelle (Mission Innovation, 2020).

Les microalgues sont une source émergente de bioénergie grâce à leur capacité de conversion d'énergie solaire en utilisant du dioxyde de carbone et de l'eau riche en nutriments, en matière organique et oxygène (Montazeri et al, 2016). Elles possèdent des avantages comparées aux sources de biomasse terrestres, telles qu'une efficacité de conversion d'énergie solaire jusqu'à 10 fois plus élevée, une productivité par unité de surface aussi supérieure, pas de compétition avec les productions agricoles alimentaires pour l'utilisation du sol et le potentiel de combiner leur production avec le traitement de déchets (e.g. des eaux polluées ou gaz de combustion) (Montazeri et al, 2016 ; Pérez-López et al, 2017). Malgré le potentiel des microalgues comme source d'énergie, la viabilité des procédés de production n'est pas encore acquise et nécessite une optimisation environnementale et économique (Davis et al, 2012; Pérez-López et al, 2018).

Aujourd'hui, la méthode la plus courante pour l'évaluation des impacts environnementaux potentiels des procédés est la méthode d'Analyse de Cycle de Vie. Les travaux sur l'évaluation de produits issus d'algues ne prennent, par défaut, pas en compte les aspects économiques, bien que certains exemples existent (Davis et al., 2012; Pérez-López et al, 2018).

Le développement d'un modèle d'analyse économique de la production de biogaz par digestion anaérobie d'algues fait l'objet de ce stage. L'approche dite de cycle de vie sera utilisée pour définir le cadre méthodologique et des outils de simulation de procédés (en particulier, Aspen) serviront de compléments pour estimer les besoins de matière et d'énergie du procédé.

The challenges linked to the increasing energy demand in the world draw attention to the need for developing new supply pathways based on renewable resources and reducing environmental impacts (EEA, 2020). If managed sustainably, biofuels are renewable energy resources for heat, power and transportation. They can contribute to reduce greenhouse gas (GHG) and atmospheric contaminants emissions compared to current fossil fuels. However, as of 2020, the adoption of biofuels falls short of the predicted expectations to align with the Sustainable Development Scenario (SDS) (IEA, 2020). Performance breakthroughs and cost reductions for large-scale production of advanced biofuels are needed to meet the SDS targets (Mission Innovation, 2020).

Microalgae are an emerging source of bioenergy due to their capacity to convert solar energy into organic matter and oxygen while using carbon dioxide and nutrient-rich water (Montazeri et al, 2016). They exhibit several advantages compared to terrestrial crops, such as an about 10 times higher conversion efficiency

of solar energy, greater productivity per unit area, no competition with agricultural land uses and the possibility to couple to waste treatment (e.g. wastewater, flue gas) (Montazeri et al, 2016; Pérez-López et al, 2017). Despite the high potential of this source, the viability of microalgal-based processes still requires optimization of both environmental and economic aspects (Davis et al., 2012; Pérez-López et al, 2018).

Life Cycle Assessment (LCA) is currently the most common method to evaluate potential environmental impacts. However, there are few examples of assessments of microalgal products that couple environmental LCA results and results of the assessment of the economic dimension of sustainability, despite some examples in the literature (Davis et al., 2012; Pérez-López et al, 2018).

The objective of this internship is to develop a model to analyze the economic performance of biogas produced from microalgae. Life cycle thinking will be used as the methodological framework and process simulation tools (specifically Aspen) will provide complementary information to estimate the mass and energy input requirements.

Objectifs - Travaux à mener (Objectives) :

- Identification de l'état de l'art de l'évaluation économique de la production de bioénergie, avec un focus sur les procédés de production à partir de microalgues.
- Identification des étapes du cycle de vie et les flux d'entrée et sortie associés, y compris pour l'extraction et la transformation des matières premières, la culture de microalgues, la transformation en biogaz par digestion anaérobie et son utilisation pour la production d'énergie.
- Récolte d'information sur les éléments spécifique de chaque scénario de production pour la quantification d'entrées et sorties de matières et d'énergie.
- Simulation du procès à partir d'un outil de type Aspen.
- Estimation des coûts de cycle de vie des différents scénarios, y compris les dépenses d'investissement (CAPEX), les dépenses d'exploitation (OPEX) et d'autres coûts liés au cycle de vie du procédé de production de biogaz.
- Sélection d'indicateurs économiques pertinents.
- Identification des étapes du cycle de vie les plus problématiques vis-à-vis de la performance économique.

- Identification of the state of the art of economic evaluation of bioenergy production processes, focusing on microalgae-based processes.
- Identification of relevant life cycle stages and associated input and output flows, including the stages of extraction and transformation of raw materials, microalgae culture, conversion into biogas by anaerobic digestion and its use to produce energy.
- Data gathering for elements related with each of the production scenarios, so as to quantify the mass and energy inputs and outputs.
- Process simulation using a tool such as Aspen.
- Estimation of life cycle costs of different scenarios, including capital costs (CAPEX), operation costs (OPEX) and other relevant costs linked to the life cycle of the biogas production process.
- Selection of appropriate economic indicators
- Identification of the most troublesome life cycle stages from the economic performance point of view.

Partenaires et collaborations (Partners and collaborations):

Le développement de cette analyse se fait dans le cadre du projet européen H2020 intitulé PRODIGIO (<https://prodigio-project.eu/>) rassemblant un consortium de spécialistes et d'experts dans le domaine des microalgues et les produits issus de leur culture.

The development of this analysis takes place in the framework of the H2020 European project PRODIGIO (<https://prodigio-project.eu/>), which gathers a consortium of experts in the field of microalgae and related products.

Références (References):

- Davis R, Fishman D, Frank ED, Wigmosta MS, Aden A, Coleman AM, Pienkos PT, Skaggs RL, Venteris ER, Wang MQ (2012). Renewable Diesel From Algal Lipids: An Integrated Baseline for Cost, Emissions and Resource Potential From a Harmonized Model. Technical Report ANL/ESD/12-4; NREL/TP-5100-55431; PNNL-21437. Prepared for U.S. Department of Energy Biomass Program; Argonne National Laboratory: Argonne, IL; National Renewable Energy Laboratory: Golden, CO; Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA, (USA)
- EEA (2020). "Energy". European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/themes/energy/intro>
- Mission Innovation (2020). IC4 – Sustainable Biofuels, <http://mission-innovation.net/our-work/innovation-challenges/sustainable-biofuels/>
- IEA (2020). "Tracking Transport", IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>
- Montazeri M, Soh L, Pérez-López P, Zimmerman JB, Eckelman MJ (2016). Time-dependent life cycle

| | |
|--|--|
| | <p>assessment of microalgal biorefinery co-products. <i>Biofuels, Bioproducts & Biorefining</i> 10:409-421.</p> <p>- Pérez-López P, de Vree JH, Feijoo G, Bosma R, Barbosa MJ, Moreira MT, Wijffels RH, Van Boxtel AJB, Kleinegris D (2017). Comparative life cycle assessment of real pilot reactors for microalgae cultivation in different seasons. <i>Applied Energy</i> 205: 1151-1164.</p> <p>- Pérez-López P, Montazeri M, Feijoo G, Moreira MT, Eckelman MJ (2018a). Integrating uncertainties to the combined environmental and economic assessment of algal biorefineries: A Monte Carlo approach. <i>Science of the Total Environment</i> 626: 762-775.</p> |
| Date limite : (Deadline) | Date limite de dépôt des candidatures : 15/11/22 |
| Pour postuler : (How to apply) | <p>Adresser lettre de motivation et curriculum vitae : à l'attention de : Paula Pérez-López (paula.perez_lopez@minesparis.psl.eu)</p> <p>Centre O.I.E. (Observation, Impacts, Energie) MINES ParisTech - ARMINES Rue Claude Daunesse – CS 10207 - F-06904 SOPHIA ANTIPOLIS CEDEX Tél. : +33 (0)4.93.95.75.75</p> |
| Contacts : (Contacts) | <p>Responsable du stage : Chakib Bouallou, Paula Pérez-López, Andriamahefasoa Rajaonison</p> <p>Renseignements administratifs : Thierry RANCHIN, Directeur du Centre O.I.E. Sandra HASSAN, Assistante administrative</p> |

Internet : <http://www.oie.mines-paristech.fr/Recrutement/Informations/>

Date de mise à jour de la fiche : 30/09/22