

OFFRE DE THESE

See English version below

« Développement de méthodes de pré-traitement et caractérisation multi-échelle de la biomasse lignocellulosique afin d'optimiser la production de biométhane »

Date limite de candidature : 15 avril 2023

Contact :

Claude Jolivald (claude.jolivald@sorbonne-universite.fr), Professeure, LRS, SU
Xiaojun Liu (xiaojun.liu@utc.fr), Maître de Conférences, TIMR, UTC

Organisme d'accueil :

Laboratoire de Réactivité de Surface (LRS UMR CNRS 7197), Sorbonne Université (SU), Paris, France

Type de contrat et durée :

Ce projet doctoral, en cas de succès du candidat au concours de l'École doctorale Physique et Chimie des Matériaux (ED 397) de Sorbonne Université, sera financé par un contrat doctoral de 3 ans à compter du 1er octobre 2023 sous forme d'un CDD.

Salaire brut mensuel prévisionnel :

Le montant de la rémunération est d'environ 2040 euros brut en 2023 et sera soumis à revalorisation chaque année.

Résumé du projet :

La méthanisation est un moyen prometteur de produire du biogaz à partir de la biomasse. Le déploiement de la méthanisation à grande échelle repose sur l'utilisation des ressources agricoles renouvelables locales. Il s'agit principalement de biomasse lignocellulosique (BLC) qui nécessite la mise en œuvre de la méthanisation en voie solide (SSAD). La lignine contenue dans la BLC restreint l'accès des microorganismes de la méthanisation à la cellulose et à l'hémicellulose, et donc à leur hydrolyse, étape pourtant indispensable à l'ensemble du processus de production de biogaz.

C'est pourquoi la BLC est généralement soumise à un prétraitement avant sa méthanisation. L'interprétation de l'efficacité du prétraitement nécessite de mettre au point des méthodes de caractérisation adaptées à la biomasse, notamment en surface, et capables de fournir des indicateurs pertinents par exemple en termes d'accessibilité, paramètre essentiel pour l'efficacité du processus de digestion anaérobie. Il est également très intéressant d'améliorer les connaissances fondamentales sur l'évolution de la dégradation de la BLC afin de fournir des paramètres (cinétiques, porosité, structure ...) pour une simulation numérique plus précise et un contrôle plus fin des réacteurs.

Ce projet doctoral vise à caractériser la paille de blé à l'issue de son prétraitement et de sa méthanisation en utilisant plusieurs méthodes complémentaires (techniques RMN du solide et relaxométrie, spectroscopie Infrarouge, thermogravimétrie, HPLC) qui apporteront des informations multi-échelle. Les objectifs sont 1) de comprendre les mécanismes à l'origine de l'amélioration de la production de biogaz de la paille prétraitée 2) établir un modèle prédictif corrélant les propriétés physico-chimiques de la biomasse prétraitée et les performances de biométhanisation et 3) de fournir des informations aidant à la calibration d'un modèle multi-échelle simulant la méthanisation de BLC en tenant compte des nouveaux résultats de caractérisation obtenus.

Missions :

Dans un premier temps plusieurs techniques analytiques seront utilisées en parallèle, pour ne garder que les plus informatives durant la seconde partie du doctorat.

La structure moléculaire du matériau sera étudiée au LRS par le biais de plusieurs techniques complémentaires (RMN du solide, Infrarouge, Raman, relaxométrie, Diffraction RX, microscopie) afin de corrélérer les paramètres du prétraitement et son efficacité vis-à-vis de la méthanisation avec les marqueurs pertinents à l'échelle moléculaire et/ou de la surface. L'objectif de thèse est d'améliorer le protocole des prétraitements de la BLC via une meilleure compréhension de leurs mécanismes et in fine, d'optimiser la production de biométhane de BLC.

En pratique, le(a) doctorant.e partagera son temps entre les deux laboratoires impliqués dans le projet, à savoir le Laboratoire de Réactivité de Surface (LRS, UMR 7197) de Sorbonne Université à Paris et le Laboratoire de Transformation Intégrée de la Matière Renouvelable (TIMR UTC-ESCOM) de l'Université de Technologie de Compiègne à Compiègne. Les étapes de pré-traitement et de méthanisation seront réalisées au TIMR. Les techniques de caractérisation de la biomasse seront mises en œuvre au LRS, soit grâce à des dispositifs expérimentaux présents au laboratoire (IR, Raman), ou accessibles via la plateforme de l'Institut des Matériaux de Paris Centre (DRX, RMN). Si durant le doctorat il s'avérait nécessaire de coupler les étapes de prétraitement et les analyses pour réaliser des études cinétiques, un ou plusieurs réacteurs pourraient être implantés au LRS.

Profil du candidat :

Le(a) candidat(e) devra avoir un Master 2 (ou équivalent) de chimie, de préférence en chimie des matériaux ou chimie analytique. Des connaissances en génie des procédés, biochimie, chimie des sucres et des éléments de microbiologie seraient également appréciées.

Un bon niveau d'anglais est requis à la fois pour la compréhension de la bibliographie et pour la rédaction des articles relatifs aux travaux de thèse.

PHD POSITION OFFER

Understanding and characterization of lignocellulosic biomass degradation during anaerobic digestion

Application deadline: April 15, 2023

Contact:

Claude Jolivald (claude.jolivald@sorbonne-universite.fr), Professor, LRS, SU
Xiaojun Liu (xiaojun.liu@utc.fr), Assistant professor, TIMR., UTC

Host organization:

Surface Reactivity Laboratory (LRS UMR CNRS 7197), Sorbonne Université (SU), Paris, France

Contract type and duration:

This doctoral project, in case of the success of the candidate in the competition of the Doctoral School Physics and Chemistry of Materials (ED 397) of Sorbonne Université, will be financed by a 3-year doctoral contract from October 1st, 2023.

Monthly gross salary:

The amount of gross salary is approximately EUR 2040 in 2023 and will be subject to revaluation each year.

Project Summary:

Anaerobic digestion (AD) is a promising way to produce biogas from biomass. The deployment of large-scale biogas technology relies on the use of local renewable agricultural resources. This is mainly lignocellulosic biomass (LCB) which requires the implementation of solid-state anaerobic digestion (SSAD). The lignin contained in LCB restricts the access of the methanogenic microorganisms to cellulose and hemicellulose, and therefore to their hydrolysis, a step which is nevertheless essential for the whole biogas production process.

Consequently, LCB is usually pretreated before anaerobic digestion. The interpretation of the efficacy of pretreatment requires the development of characterization methods adapted to biomass, especially on the surface, and able to provide relevant indicators, for example in terms of accessibility, a parameter essential for the efficiency of the anaerobic digestion process. It is also very interesting to improve the fundamental knowledge on the evolution of the degradation of the LCB in order to provide parameters (kinetics, porosity, structure, etc.) for a more precise numerical simulation to a finer control of the methanogenesis reactors.

This doctoral project aims to characterize wheat straw after its pretreatment and anaerobic digestion using several complementary methods (solid NMR. techniques and relaxometry, infrared spectroscopy, thermogravimetry, HPLC) that will provide multi-scale information. The objectives are 1) to understand the mechanisms that lead to improved biogas production from pretreated straw; 2) to establish a predictive model correlating the

physico-chemical properties of pretreated biomass with its methanogenic performance; and 3) to provide information helping the calibration of a multi-scale model simulating the digestion of LCB, taking into account the new characterization results obtained above.

Missions:

Initially, several analytical techniques will be used in parallel, to keep only the most informative during the second part of the doctorate.

The molecular structure of the material will be studied at the LRS using several complementary techniques described above (solid NMR., DRIFT, Raman, relaxometry, XRD, microscopy) in order to correlate the pretreatment parameters and their effectiveness with respect to methanization step. The objective of this thesis is to improve the protocol of LCB pretreatments through a better understanding of their mechanisms and ultimately to optimize the production of BLC biomethane.

In practice, the PhD student will share his/her time between the two laboratories involved in the project, namely the Surface Reactivity Laboratory (LRS, UMR CNRS 7197) of Sorbonne Université in Paris and the Integrated Transformation Laboratory of Renewable Matter (TIMR UTC-ESCOM) of the University of Technology of Compiègne in Compiègne. The pre-treatment and biogas production steps will be performed at the TIMR. Biomass characterization techniques implemented at the LRS, either through experimental devices present in the laboratory (IR, Raman), or accessible via the platform of the Institute of Materials of Paris Center (XRD, NMR.). If during the PhD program it was necessary to couple the pre-treatment steps and the analyzes in order to carry out kinetic studies, one or more reactors could be implanted in LRS.

Candidate Profile:

The candidate must have a Master 2 (or equivalent like engineer's degree) in chemistry, preferably in materials chemistry or analytical chemistry. Knowledge of chemical engineering, biochemistry, sugar chemistry and microbiology would also be appreciated.

A good level of English is required both for the understanding of the bibliography and for the writing of articles relating to the thesis work.

References:

- Abraham et al. (2020). Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass. *Bioresource Technol.*, 301,122725. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122725>
- André et al. (2018). Solid anaerobic digestion: State-of-art, scientific and technological hurdles. *Bioresour Technol* 247, 1027–1037. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.003>
- Bernardinelli et al. (2015). Quantitative ¹³C MultiCP solid-state NMR as a tool for evaluation of cellulose crystallinity index measured directly inside sugarcane biomass. *Biotechnol. Biofuels* 8, 110. <https://doi.org/10.1186/s13068-015-0292-1>
- Jeoh et al. (2017). Two-Dimensional ¹H-Nuclear Magnetic Resonance Relaxometry for Understanding Biomass Recalcitrance. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 5, 8785–8795. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b01588>
- Liu et al. (2023). Overview of Numerical Simulation of Solid-State Anaerobic Digestion Considering Hydrodynamic Behaviors, Phenomena of Transfer, Biochemical Kinetics and Statistical Approaches. *Energies* 16, 1108. <https://doi.org/10.3390/en16031108>
- Meenakshisundaram et al. (2021). Fiber degradation and carbohydrate production by combined biological and chemical/physicochemical pretreatment methods of lignocellulosic biomass - A review. *Bioresource Technol.*, 331, 125053. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.1250531>
- Meenakshisundaram et al. (2023). Chemically and Physically Pretreated Straw in Moderate Conditions: Poor Correlation between Biogas Production and Commonly Used Biomass Characterization. *Energies* 16, 1146. <https://doi.org/10.3390/en16031146>
- Toumpanaki et al. (2021). Beyond What Meets the Eye: Imaging and Imagining Wood Mechanical–Structural Properties. *Adv. Mater.* 33,2001613. <https://doi.org/10.1002/adma.202001613>
- Qu et al. (2017). Ball Milling for Biomass Fractionation and Pretreatment with Aqueous Hydroxide Solutions. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 5, 7733–7742. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b01186>