



Centre RAPSODEE UMR 5302

Production d'un syngaz par pyrogazéification de biomasse en vue d'une biométhanation

Contexte :

Le centre RAPSODEE de l'école des Mines d'Albi conçoit, développe et optimise des procédés de thermoconversion de la biomasse et de résidus. Ceux-ci transforment des solides entrants en un gaz, appelé syngaz (essentiellement composé de H_2 , CO et CO_2), valorisable dans différentes filières.

La Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), promulguée le 18 août 2015, fixe à 10 % la consommation de gaz renouvelable à l'horizon 2030. Des organismes tels que l'Ademe et GrDF se sont d'ores et déjà projetés à l'horizon 2050 avec des chiffres de respectivement 56% et 74%.

Les procédés de méthanisation, en fort développement en France et dans le monde, sont une réponse à ces attentes. Ceux-ci mettent en œuvre la voie biologique pour convertir les matières humides entrantes en méthane injectable dans le réseau. L'une des principales limites de ce type de procédés réside dans les conditions d'acceptabilité des intrants. Les matières dont le pouvoir méthanogène est faible ou nul sont exclues de cette filière, limitant ainsi le gisement potentiel. Pour cette raison, les objectifs précédemment cités en termes d'injection de biogaz à l'horizon 2050 ne pourront être atteints par la seule voie de méthanisation.

La méthanation présente l'intérêt d'étendre le gisement en vue de production de méthane, notamment aux matières lignocellulosiques. Ce type de procédé peut se dérouler soit par voie thermochimique (avec l'action de catalyseurs) soit par voie biologique (en présence d'un consortium de bactéries). Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans cette seconde alternative. Il sera focalisé sur la production d'un syngaz dépourvu d'azote par pyrogazéification de biomasse en vue d'une biométhanation en aval.

Sujet de thèse :

La proposition de thèse présente un volet théorique et un volet expérimental décrits ci-après.

D'une part, il est prévu de développer différents modèles prédictifs, futurs outils de conception d'une installation à plus grande échelle. Il s'agira de décrire la conversion du solide entrant en char, gaz et huiles, puis le reformage du gaz et des huiles, afin de prédire les quantités restantes de composés indésirables (tels que les huiles les plus réfractaires), a priori incompatibles avec la méthanation prévue en aval. Des approches cinétique et d'équilibre thermodynamique seront comparées. En présence de réacteurs à chauffe indirecte (au travers de parois), une première proposition d'assemblage des flux de chaleur conduisant à une intégration thermique la plus représentative possible sera établie.

D'autre part, des expériences de pyrogazéification sur différents types de biomasse seront réalisées à l'échelle pilote (débit d'alimentation d'environ 8kg.h⁻¹ de biomasse). RAPSODEE dispose des deux réacteurs - un four tournant et un réacteur tubulaire - que l'on propose de coupler de sorte à transférer le syngaz généré lors de la pyrolyse (dans le premier four) vers le second réacteur, dans lequel se dérouleront les réactions de gazéification (reformage) en présence de vapeur d'eau. Les produits de chacune de ces deux étapes seront analysés, ce qui permettra d'une part d'étudier l'impact de chacune d'elles en termes de produits formés (identification, quantification, répartition, etc...) et d'autre part d'identifier l'éventuelle présence de composés incompatibles avec l'étape suivante de méthanation (toxicité envers les bactéries notamment).

Collaborations envisagées :

Ce projet de thèse se déroulera en parallèle d'un projet de recherche financé par l'Ademe. Des interactions avec les membres du consortium sont prévues, notamment avec l'INSA de Toulouse pour les aspects biométhanation, et la société TerraWatt pour l'extrapolation industrielle des résultats.

Contacts :

F. Javier ESCUDERO – Tél : 05 63 49 32 75 – email : javier.escuderosanz@mines-albi.fr

Sylvain SALVADOR – Tél : 05 63 49 30 26 – email : sylvain.salvador@mines-albi.fr



Centre RAPSODEE UMR 5302

Biomass gasification: syngas production compatible with biological methanation

Context :

RAPSODEE center at the engineering School **IMT Mines Albi** studies, develops and optimises thermochemical conversion process for biomass and waste valorisation. These processes convert organic resources in syngas (mainly composed of H_2 , CO and CO_2). Syngas can be directly valorised as heat, power and heat or upgraded to different fuels and chemicals.

Recent French Energy transition law enforces the production of 10% renewable gas in 2030. One of the French gas distributors (GrDF) estimates renewable gas consumption to rise up to 74% in 2050, when the French environment and energy management agency (ADEME) estimates renewable gas consumption around 56% in 2050.

The number of Biological methanisation plants is strongly growing in France. They can partly respond to this renewable gas production level. Biological methanisation processes are anaerobic digestion wet methods of putrescible material into methane. However, feedstocks putrescibility is the key factor in its successful application. Actual suitable feedstocks are insufficient to reach these production levels.

Methanation is the conversion of CO_2 and H_2 into CH_4 . Methanation process allows a larger choice of feedstocks suitable for methane production, including lignocellulosic biomass, which is not suitable for an anaerobic digestion treatment. Two possible methanation paths exist: thermochemical (catalytic reaction at 300-500°C) and biological (aqueous reaction at 40-70°C) paths. The thesis will focus on syngas production (by biomass pyrolysis and tar reforming) compatible with the biological methanation pathway. Syngas must be nitrogen free. Tar content must be low and CO content may be also reduced.

Scientific content:

This subject will be split in both theoretical and experimental parts.

Models at different levels (0D, 1D) will be developed to improve understanding of the process, allowing scale up. Feedstock conversion into char, gas and tar will be described in order to estimate residual tar content (hard to crack molecules) that might be toxic for the biological methanation bacteria consortium. Kinetics and thermodynamic approaches will be compared. Furthermore, energy cost of the process must be low. Residual heat fluxes recycling must be studied and an integrated process will be proposed.

Experimental work —biomass pyrolysis, char gasification and tar reforming— will be carried out at the lab and pilot plant (up to 8kg.h^{-1}) scales. Pyrolysis and gasification tests will be performed. Main experimental work will be done on two reactors: a rotary kiln and a plug flow reactor. Both reactors will be connected. Pyrolysis gas and tar produced in the rotary kiln will be steam reformed in the plug flow reactor. At each stage, products will be analysed. Characterisation results will provide information to identify main pathways and to identify possible toxic molecules for further biological treatment.

Partnership:

This PhD project will be linked with an ongoing research programme funded by Ademe. Interactions and links with research partners will bring further insights into the research subjects.

Contacts:

F. Javier ESCUDERO – Ph : 05 63 49 32 75 – email : javier.escuderosanz@mines-albi.fr

Sylvain SALVADOR – Ph : 05 63 49 30 26 – email : sylvain.salvador@mines-albi.fr