

**Nom et Prénom : BENICHE IKRAM**

**Date de soutenance 02/06/2021**

**Directeur de Thèse : EL BARI HASSAN**

**Sujet de Thèse :**

**Optimisation du rapport Carbone/Azote des Résidus Agricoles et des Déchets Alimentaires par Co-Digestion Anaérobie : Expérimentation et Etude Cinétique**

**Résumé :**

La digestion anaérobie est une alternative prometteuse pour la valorisation des déchets organiques et la co-digestion de plusieurs substrats a récemment suscité un intérêt accru.

La digestion anaérobie des déchets de chou et chou-fleur a été largement étudiée et démontrée. Toutefois, la digestion de ces types de déchets très riche en azote n'est pas favorable en raison de leurs biodégradabilités et rendements en biogaz relativement faibles par rapport aux autres types de déchets organiques. L'une des approches pour améliorer leur taux de production de biogaz est la co-digestion anaérobie.

Ce travail de recherche vise à apporter une étude sur l'optimisation du potentiel méthanogène des déchets agricoles de chou et chou-fleur. Pour y parvenir, l'ajout d'un co-substrat facilement biodégradable était nécessaire pour maintenir l'équilibre en termes du rapport carbone/azote. Le co-substrat choisi était les déchets alimentaires du restaurant universitaire RABANALES.

L'étude expérimentale traite la mono-digestion et la co-digestion anaérobie du mixte agricole chou et chou-fleur (50%/50%) (CCF) et les déchets alimentaires (FW), dans des conditions de température mésophiles (37 °C) à l'aide des digesteurs infiniment mélangés CSTR de capacité d'un litre. Le but était d'examiner l'effet du changement du rapport carbone/azote (45 et 56) sur l'optimisation du potentiel méthanogène du mélange (CCF+FW). La mono-digestion de CCF et FW a donné un potentiel méthanogène de l'ordre de 247 et 287 NmL CH<sub>4</sub>/g SV respectivement et une biodégradabilité de l'ordre de 60%, alors que dans le cas de la co-digestion, les résultats obtenus montrent une augmentation et amélioration dans la production du méthane, pour la charge optimale 1,5 g SV/L, avec un potentiel méthanogène de 475 et 433 NmL CH<sub>4</sub>/g SV et une biodégradabilité de 98% et 89 % pour C/N=45 et 56 respectivement avec un taux de charge organique de 0,06 kg de matière première/m<sup>3</sup>.h pour CCF+FW (C/N=45). Les résultats de la co-digestion des déchets agricoles (CCF) et des déchets alimentaires (FW), établies par cette recherche, montrent des perspectives particulièrement encourageantes. Les valeurs des paramètres de stabilité des digesteurs à savoir le pH et l'alcalinité, qui ont été contrôlés tout au long du processus, étaient dans l'intervalle optimal que ce soit dans le cas des expériences de la mono-digestion ou dans celles de la co-digestion. Les données expérimentales ont été callées par deux modèles cinétiques : le modèle cinétique du premier ordre pour les charges 1,0 et 1,5 g SV/L et le modèle sigmoïdal pour la charge la plus élevée 2,0 g SV/L. La majorité des valeurs théoriques obtenues par les différentes expériences s'ajustent très bien avec les valeurs expérimentales, les modèles proposés prédisent 97% des valeurs expérimentales maximales de méthane avec un intervalle de confiance de 99%.

Le taux de production de méthane a été calculé pour comparer la cinétique des différentes charges. Le taux de production de méthane le plus élevé a été enregistré pour la charge 1,5 g SV/L pour tous les substrats étudiés, atteignant des taux les plus élevés pendant les 20 premières heures grâce à un rapport microorganismes/substrat optimal, offrant ainsi une meilleure biodégradabilité.

**Mots clés :** digestion anaérobie – co-digestion – déchets de chou et chou-fleur -déchets alimentaires- digesteur CSTR- conditions mésophiles – rapport carbone/azote-potentiel méthanogène –biodégradabilité – taux de production de méthane –cinétique -taux de charge organique.

**Abstract :**

Anaerobic digestion is a promising alternative for the recovery of organic waste and the co-digestion of several substrates has recently attracted more interest.

The anaerobic digestion of cabbage and cauliflower wastes has been extensively studied and demonstrated. However, the digestion of these types of waste rich in nitrogen is not favorable due to their biodegradability and biogas yield, which are relatively low compared to other types of organic waste. One approach to improve their biogas production rate is anaerobic co-digestion.

The experimental study treats the anaerobic mono-digestion and co-digestion of the agricultural mixture of cabbage/cauliflower (50%/50%) (CCF) and food waste (FW), under mesophilic conditions (37 °C) using the continuous stirred-tank reactor (CSTR) with a capacity of one liter. The aim of this study was to examine the effect of the change in the carbon/nitrogen ratio (45 and 56) on the optimization of the methanogenic potential of the mixture (CCF+FW). The mono-digestion of CCF and FW gave a methanogenic potential of 247 and 287 mLSTP CH<sub>4</sub>/g VS respectively and a biodegradability of 60%, while in the case of co-digestion, the results obtained show an improvement in methane production, for the optimal load 1,5 g VS/L, with a methanogenic potential of 475 and 433 mLSTP CH<sub>4</sub>/g VS, a biodegradability of 98% and 89% for C/N=45 and 56 respectively with an OLR of 0,06 kg of raw material/m<sup>3</sup>.h for CCF+FW(C/N=45). The results of the co-digestion of agricultural waste (CCF) and food waste (FW), established by this research, show particularly encouraging prospects. The values of the digester stability parameters, pH and alkalinity, which were monitored throughout the process, were in the optimal range for both single-digestion and co-digestion experiments. The experimental data were fitted by two kinetic models: the first-order kinetic model for loads 1,0 and 1,5 g VS/L and the sigmoid model for the highest load 2,0 g VS/L. The majority of the theoretical values obtained by the different experiments fit very well with the experimental values, the proposed models predict 97% of the maximum experimental methane values with a 99% of confidence interval.

The methane production rate was calculated to compare the kinetics of the different loads. The highest methane production rate was recorded for the load 1,5 g VS/L for all substrates studied, reaching highest rates during the first 20 hours due to an optimal microorganism/substrate ratio, thus offering better biodegrad.

**Keywords:** anaerobic digestion - co-digestion - cabbage and cauliflower waste - food waste - CSTR digester - mesophilic conditions - carbon/nitrogen ratio -methanogenic potential - biodegradability –rate methane production – kinetic- organic loading rate.