

## AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION DU BIOGAZ À PARTIR DES BOUES DE LA STATION DE LAGUNAGE PAR LE PRÉTRAITEMENT CHIMIQUE

Mohamed El Amine DAHOU<sup>1</sup>, Said SLIMANI<sup>2</sup>, Abdelmajid HABCHI<sup>3</sup>, Kheira DJEDID<sup>4</sup>, Mustapha RAHMOUNI<sup>5</sup>

*The present research focuses on the experimental study of the effect of chemical alkaline pretreatment by  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  on the anaerobic digestion. Different concentrations of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  were tested on lagoon station's sludge of Adrar city (South-west of Algeria): 1, 2.5, 5.0 and 7.5 % (w/w). During 60 days of digestion, the results obtained, through the recorded the cumulative biogas volume, clearly indicate a positive effect of chemical pretreatment on the anaerobic digestion, where a 24.2 % increase in product biogas was obtained, when the concentration of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  around 5%, which is considered the optimal concentration in our conditions.*

*La présente recherche porte sur l'étude expérimentale de l'effet du prétraitement alcalin chimique par  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sur la digestion anaérobie. Différentes concentrations de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ont été testées sur les boues de la station de lagune de la ville d'Adrar (Sud-ouest d'Algérie): 1, 2.5, 5.0 et 7.5% (p/p). Pendant 60 jours de digestion, les résultats obtenus, à travers le volume de biogaz cumulé enregistré, indiquent clairement un effet positif de prétraitement chimique sur la digestion anaérobie, où une augmentation de 24.2 % du biogaz produit a été obtenue, lorsque la concentration de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  avoisine les 5%, qui est considérée comme la concentration optimale dans nos conditions.*

**Keywords:** Anaerobic digestion, lagoon station's sludge, Biogas, Alkaline pretreatment,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

**(Mots clé:** Digestion anaérobie, Boues de station de lagunage, Biogaz, Prétraitement alcalin,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

---

<sup>1</sup> Dr., Département de Génie des Procédés, Université Kasdi Merbah, Ouargla-Algérie, and Laboratoire Energie, Environnement et Systèmes d'Information, Université Ahmed Draïa, Adrar – Algérie, e-mail : amine\_dahou@yahoo.fr

<sup>2</sup> Doctorant., Laboratoire Energie, Environnement et Systèmes d'Information, Université Ahmed Draïa, Adrar – Algérie, e-mail : s\_said\_7@yahoo.fr

<sup>3</sup> Doctorant, Faculté des sciences et de la technologie, Université Ahmed Draïa, Adrar – Algérie, e-mail : habchiram@gmail.com

<sup>4</sup> Doctorante., Département de Génie des Procédés, Faculté des sciences et de la technologie, Université Ahmed Draïa, Adrar – Algérie, e-mail : kheiradjedid31@gmail.com

<sup>5</sup> Doctorant, Département de Génie des Procédés, Faculté des sciences et de la technologie, Université Ahmed Draïa, Adrar – Algérie, e-mail : rahmus85@gmail.com

## 1. Introduction

La méthanisation est un procédé efficace permettant le traitement de la fraction organique des déchets et de transformer les éléments polluants dans l'environnement en de nouvelles sources de richesse [1], [2]. Grâce à ce procédé, il est possible de stabiliser les déchets, de réduire leurs volumes et enfin de produire un combustible de haute valeur énergétique [3]. La digestion anaérobie, à la particularité de transformer les déchets organiques en un mélange gazeux combustible, constitué essentiellement de méthane ( $\text{CH}_4$ ) et de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), appelé communément "biogaz". Ce dernier représente une source d'énergie renouvelable susceptible d'être valorisée de diverses manières. Il est utile de signaler que le résidu de digestion ou digestat représente un intérêt agronomique certain, au vu de sa richesse en éléments nutritifs (sels minéraux et autres) facilement assimilables par les plantes (substances fertilisantes) [3].

Le processus de la digestion anaérobie est influencé par plusieurs paramètres tels que : le pH, la température, le type du substrat, le taux de dilution, ...etc, et le biogaz produit durant ce processus (quantité et qualité) est influencé directement par ces paramètres. De ce fait, le présent travail est pour but d'étudier l'effet du prétraitement chimique alcalin sur le rendement volumique (volume produit) et énergétique (taux de  $\text{CH}_4$ ) du biogaz en utilisant les boues de la station de lagunage de la ville d'Adrar-Algérie comme substrat.

Le prétraitement chimique est défini comme la destruction des composés organiques par des acides forts, des alcalis ou des oxydants. La digestion anaérobie nécessite dans la plupart des cas un ajustement du pH en augmentant l'alcalinité, le prétraitement alcalin est donc la méthode préférée de prétraitement chimique de la digestion anaérobie [4]. En plus, ce type de prétraitement est le plus préféré dans le cas des boues [5]. Le prétraitement alcalin peut se faire soit par  $\text{NaOH}$  [6],  $\text{H}_2\text{O}_2$  [7],  $\text{NH}_3$  [8] ou par  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [9].

Les principaux facteurs d'influence pour ce type du prétraitement sont la température, le temps et le taux de charge alcalin ou la concentration [10]. Dans cette étude on va s'intéresser à trouver la concentration optimale pour la digestion anaérobie des boues de la station de lagunage de la ville d'Adrar.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Origine du substrat utilisé

Dans cette étude, le substrat utilisé pour l'alimentation des digesteurs, est constitué principalement des boues, prélevées à la station de lagunage de la ville d'Adrar (sud-ouest d'Algérie). Elles sont réputées riches en matières organiques.

Une première tâche souvent nécessaire est la ségrégation entre la fraction organique du substrat à digérer et la fraction minérale ou inerte (métal, verre, matière plastique, ...etc) considérée comme source d'impureté à l'intérieur du substrat. Ce traitement permet de séparer la matière organique des résidus inertes

[11]. Afin d'optimiser les cinétiques de production du biogaz, réduire le temps de séjour et homogénéiser la taille des particules dans tous les digesteurs, le substrat est soumis à une dessiccation et un prétraitement mécanique (broyage) [12].

### **2.2. Description du digesteur et du dispositif expérimental**

Les essais ont été conduits dans des digesteurs en batch. Ces digesteurs sont des modèles de laboratoires, en verre, très simple, permettant d'assurer l'anaérobiose du milieu de culture. Les digesteurs sont munis de deux orifices, le premier pour le prélèvement des échantillons liquides à l'aide d'une seringue, et l'autre pour assurer l'échappement du gaz pour la mesure du volume de biogaz produit. Le volume utile des réacteurs est de 3 L. Nous avons laissé un volume de gaz de 250 mL au-dessus du niveau du liquide pour protéger la sortie de gaz, et maintenir l'anaérobiose.

Les digesteurs utilisés sont alimentés avec de la boue diluée, afin d'obtenir une concentration en matière sèche de l'ordre de 30 g.L<sup>-1</sup> [11]. Les digesteurs sont fermés hermétiquement et maintenus en condition mésophile (37 °C ± 2 °C) dans un bain marie chauffé et thermostaté [13]. Les réacteurs sont agités manuellement en les secouant une à deux fois par jour pour augmenter le rendement de production [11].

### **2.3. Méthodes d'analyses**

Tous les paramètres qui peuvent nous renseigner sur le fonctionnement de digesteurs tels que le pH, TAC, AGV, AGV/TAC, volume et la qualité du biogaz produit ont été suivis durant cette étude. Les valeurs de pH dans cette étude sont obtenues à l'aide d'un pH-mètre HANNA (HI 3220). Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) a été mesuré par la méthode décrite par C. Berthe [14]. Les acides gras volatils (AGV) ont été déterminés par la méthode décrite par A. Sow [15]. Le volume du biogaz produit a été mesuré à l'aide d'un système hydraulique (déplacement du liquide) [16]. L'analyse du biogaz produit a été faite par le CPG *PerkinElmer Clarus 500*.

En plus de des paramètres du fonctionnement, on a suivi aussi les paramètres d'épuration les plus répandus qui peuvent nous donner une idée sur le taux de réduction des matières polluantes dans nos digesteurs [3] : la demande chimique en oxygène (DCO) (initiale et finale) ; mesurée selon la méthode AFNOR T90 -101, et la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) (initiale et finale) déterminée au moyen d'un photomètre « OxiTop® WTW ». En plus de ces deux paramètres, on a suivi aussi le taux de réduction de la matière organique pour chaque digesteur.

### **2.4. Méthode du prétraitement**

60 g d'échantillon (base sèche) ont été mélangés uniformément avec 60 ml de solution de Ca(OH)<sub>2</sub> de 0.25, 0.625, 1.25 et 1.85 M. Les charges de Ca(OH)<sub>2</sub> correspondantes sur les solides du substrat étaient respectivement de 1.0, 2.5, 5.0

et 7.5% (p / p). Les substrats prétraités ont été recouvertes de films plastiques, puis stockées dans une chambre à température ambiante pendant 24 h [17].

### 3. Résultats et discussions

Les principales caractéristiques physico-chimiques du substrat utilisé dans cette étude, issu de la station de lagunage de la ville d'Adrar, sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1

Les caractéristiques du substrat d'alimentation.

Paramètre	Valeur
pH	6.45
matière organique (%)	53.33
carbone organique (%)	31.00
matière sèche (%)	98.37
azote total (‰)	1.11
C/N	27.92
CaCO <sub>3</sub> (%)	5.40

#### 3.1. Évolution du pH

Les variations du pH du milieu au sein des digesteurs sont présentées dans la Fig. 1 ci-après.

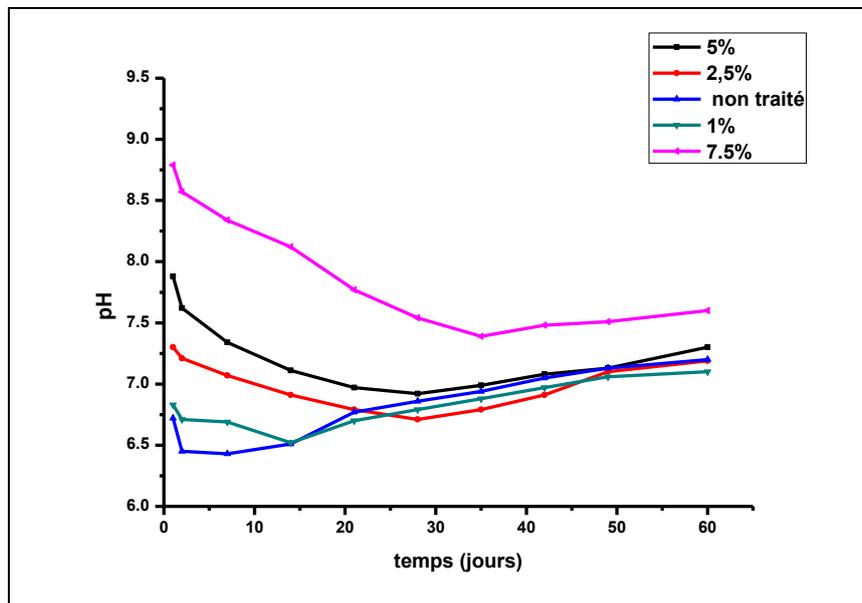


Fig. 1. Variation du pH en fonction du temps dans les différents digesteurs

À la lumière des résultats obtenus, nous avons relevé que toutes les valeurs du pH mesurées sont comprises dans l'intervalle optimal de digestion, à savoir

entre 6.5 et 7.5, et ce, dans les digesteurs non traités et dans celui ayant subi un traitement avec du  $\text{Ca(OH)}_2$  à 1 et 2.5%.

En ce qui concerne le digesteur traité avec du  $\text{Ca(OH)}_2$  à 5 %, nous avons enregistré pratiquement de mauvaises valeurs du pH, mais seulement en début de digestion. Pour ce qui est du digesteur traité avec du  $\text{Ca(OH)}_2$  à 7.5%, toutes les valeurs du pH mesurées sont en dehors de l'intervalle optimal de digestion et ce, pendant toute la durée de la digestion.

En étudiant les courbes d'évolution du pH, nous nous sommes rendu compte qu'elles pouvaient être divisées en deux grandes parties :

➤ **L'acidification du milieu**

Cette acidification est observée de manière générale durant les quatorzièmes premiers jours du lancement de la digestion pour le digesteur non traité (de 6.72 jusqu'à 6.51) et pour le digesteur traité avec 1% de  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 6.83 jusqu'à 6.52), tandis qu'elle se prolonge jusqu'au 28<sup>ème</sup> jour quand le digesteur est traité avec du  $\text{Ca(OH)}_2$  à 2.5% (de 7.3 jusqu'à 6.71), jusqu'à le 21<sup>ème</sup> jour pour et pour le digesteur traité avec 5% de  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 7.88 jusqu'à 6.92), et jusqu'à le 35<sup>ème</sup> jour pour le digesteur traité avec 7.5% de  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 8.79 jusqu'à 7.39).

Ce qui est remarquable dans ces valeurs, en termes de chute de pH, c'est la différence observée dans les différents digesteurs. En effet, nous avons enregistré des chutes de 0.21, 0,31, 0.59, 0.96 et 1.6 respectivement pour les digesteurs non traités et ceux traités avec 1, 2.5, 5 et 7.5% de  $\text{Ca(OH)}_2$  respectivement. Ces différences peuvent être dues aux différences de quantités d'AGV libérées dans le milieu [18].

➤ **L'alcalinisation du milieu**

Par opposition, l'alcalinisation est observé quant à elle à partir du 21<sup>ème</sup> jour pour le digesteur non traité (de 6.77 jusqu'à 7.2) et pour le digesteur traité avec 1%  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 6.69 jusqu'à 7.3), à partir du 35<sup>ème</sup> jour pour le digesteur traité avec 2.5%  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 6.83 jusqu'à 7.35) et à partir du 28<sup>ème</sup> jour pour le digesteur traité avec 5%  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 6.96 jusqu'à 7.53). Par contre elle est observée bien plus tard au 42<sup>ème</sup> jour pour le digesteur traité avec 7.5%  $\text{Ca(OH)}_2$  (de 7.6 jusqu'à 7.77) et ce jusqu'à la fin de digestion.

**3.2. L'évolution des acides gras volatils dans les digesteurs**

Dans la Fig. 2, nous présentons les résultats obtenus des variations de concentrations de ces AGV au sein des différents digesteurs.

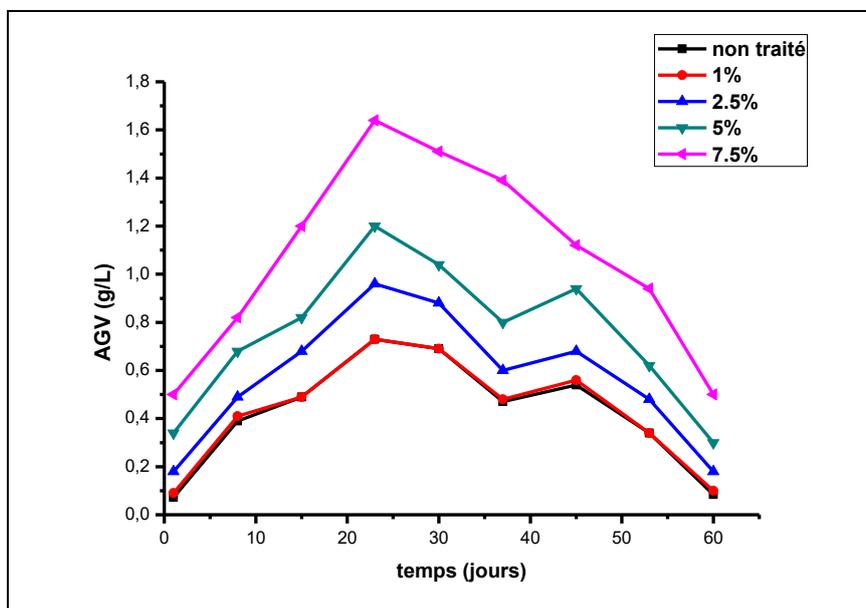


Fig. 2. Variation des AGV en fonction du temps pour les différents digesteurs

Comme, nous pouvons le constater, il n'y a d'abord aucune accumulation des AGV dans le milieu de culture. D'autres parts on peut diviser ces courbes en trois parties :

#### ➤ Première partie

Celle-ci se distingue par une augmentation rapide de la concentration des AGV dans le milieu, à partir du 1<sup>er</sup> jusqu'à le 23<sup>ème</sup> jour pour tous le digesteur non traité, et ceux traités avec 1, 2.5 et 5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , et un peu plus tard pour le digesteur traité avec 7.5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , à savoir jusqu'à le 30<sup>ème</sup> jour.

Alors, bien que la masse de l'échantillon ajouté dans chaque digesteur soit la même, l'état de la dégradation de ce dernier se traduit toujours par la production de quantités variables d'AGV, en effet, la quantité maximale enregistrée en AGV est respectivement de 0.73 ; 0.73 ; 0.96 ; 1.2 et 1.64 g/L pour les digesteurs non traités, celui traité avec 1, 2.5, 5 et 7.5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Ceci est fort probablement dû au pouvoir alcalinisant apporté par le  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  et à sa faculté à faciliter la biodégradabilité de la matière organique complexe, contenue dans le substrat. Il est généralement admis et démontré que le prétraitement alcalin est très efficace dans la modification et l'altération de la structure de la lignine, dans la solubilisation des hémicelluloses et des protéines et par conséquent la facilitation de l'accessibilité aux substances carbonées comme la cellulose, à travers sa décristallisation partielle [19]. En outre, des concentrations plus élevées lors des prétraitements sont pratiquement beaucoup plus efficaces pour décomposer la matière organique complexe et à transformer les composants chimiques [20].

### ➤ Deuxième partie

Dans cette deuxième partie, nous observons une augmentation puis une diminution continue de la concentration en AGV, et ce, à partir du 30<sup>ème</sup> jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour pour le digesteur non traité, et ceux traités avec 1, 2,5 et 5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

### ➤ Troisième partie

Ici, nous observons clairement qu'il y a une chute de la concentration des AGV, à partir du 53<sup>ème</sup> jour jusqu'à la fin de digestion pour tous les digesteurs, par contre, elle est observée dès le 37<sup>ème</sup> jour pour le digesteur traité avec 7.5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Ceci est dû, tout simplement comme déjà rapporté, à l'épuisement du milieu en matière organique.

### 3.3. La variation du titre alcalimétrique (TAC) du milieu

Les résultats de la variation de TAC sont représentés dans la figure suivante.

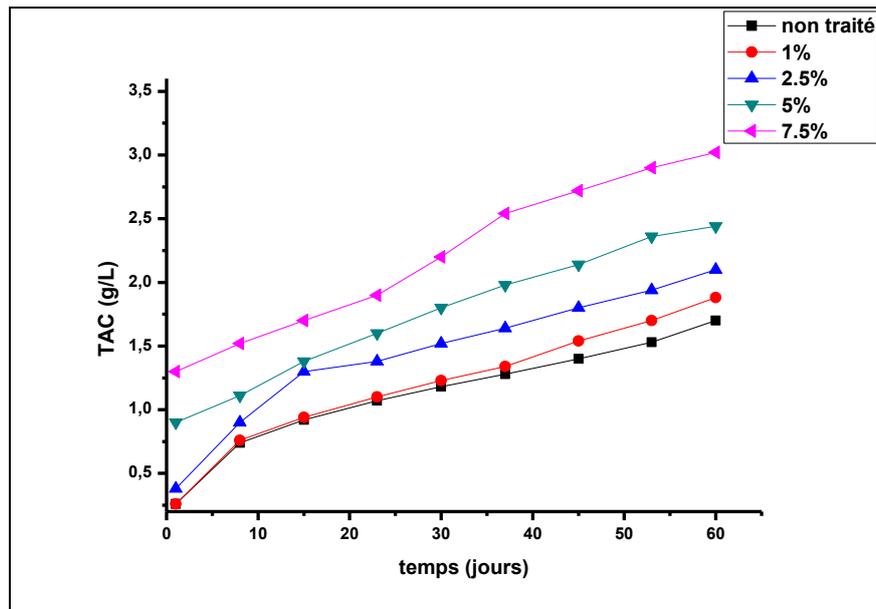


Fig. 3. Variation de TAC en fonction du temps pour les différentes concentrations

Les résultats obtenus indiquent des valeurs élevées du TAC pour tous les digesteurs. Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle optimal de la digestion, c'est-à-dire, comprises entre 1 et 3 g  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  [11]. Ces concentrations étaient suffisantes pour contrecarrer et éviter ainsi les chutes de pH [3].

La différence de valeurs enregistrées en début de digestion est due à la différence de concentrations en ions  $\text{OH}^-$ , responsables de l'augmentation du TAC [21].

### 3.4. La variation du rapport AGV/TAC

La Fig. 4 représente la variation du rapport AGV/TAC en fonction du temps pour les différents digesteurs.

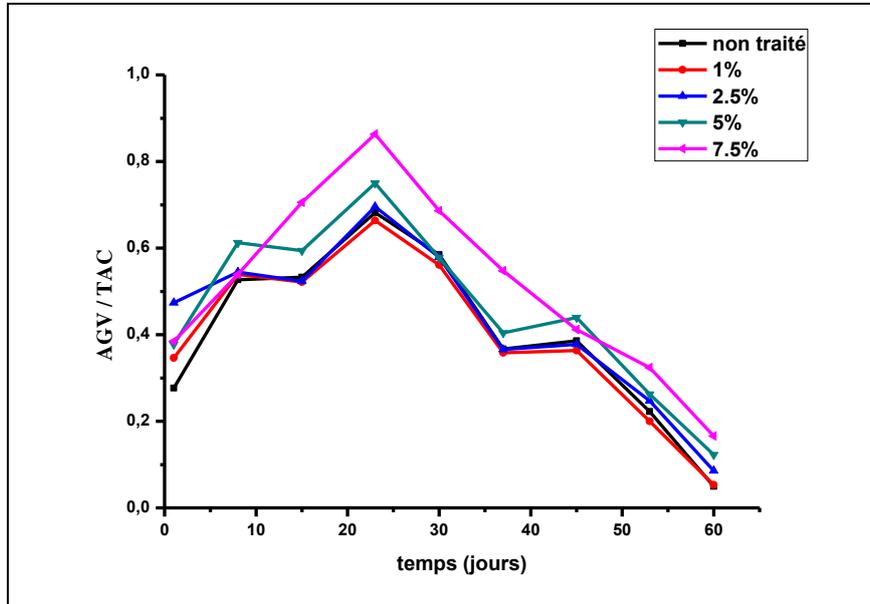


Fig. 4. Variation de rapport AGV/TAC en fonction du temps pour les différentes concentrations

Un ratio compris entre 0.3 et 0.5 est généralement considéré comme optimal pour la digestion anaérobie, et un rapport supérieur à 0.6 est considéré comme un signe de dysfonctionnement de la digestion [22].

Les valeurs du ratio AGV/TAC de tous les digesteurs au stade initial de la digestion anaérobie sont généralement élevées avec une valeur maximale de 0.68, 0.66, 0.69, 0.75 et 0.88 pour les digesteurs non traités et ceux traités par les différentes concentrations en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , car la phase acidogène produit très rapidement les AGV dans le milieu [3]. Ce ratio diminue avec le temps à cause de la diminution de la concentration en AGV dans le milieu d'une part et à l'augmentation de l'alcalinité du milieu d'autre part.

### 3.5. La production du biogaz

Les cinétiques de production journalière et cumulée du biogaz sont présentées dans les Figs. 5 et 6 respectivement.

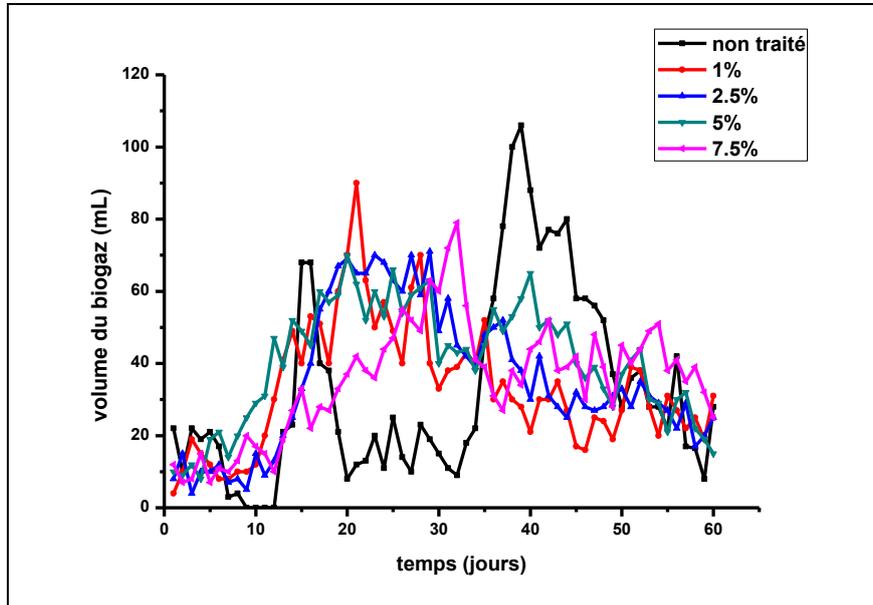


Fig. 5. Variation de volume journalière du biogaz produit en fonction du temps pour les différentes concentrations

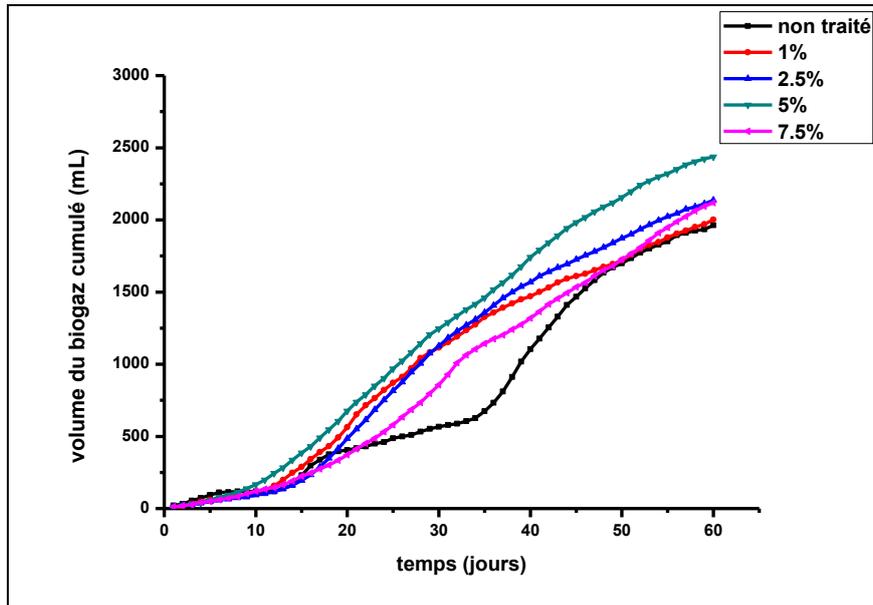


Fig. 6. Variation de volume cumulé du biogaz produit en fonction du temps pour les différentes concentrations

Les productions cumulées finales du biogaz sont de : 1962.5 ; 2001 ; 2136 ; 2438 et 2119 mL pour le digesteur non traité, et ceux respectivement traités avec 1, 2.5, 5 et 7.5% de  $\text{Ca(OH)}_2$ . Cette augmentation de volume cumulé du biogaz est

due à l'effet du prétraitement alcalin qui ne permet pas seulement la solubilisation de la matière organique et son utilisation par les micro-organismes anaérobies, mais aussi par l'augmentation de la surface disponible pour l'action des enzymes [18], [20]. L'alcalinisation du milieu permet de produire une quantité plus significative en AGV, ce qui a pour conséquence une influence directe sur le rendement volumique du biogaz. Là nous avons noté une augmentation de 2.0, 8.8 et 24.2% pour les digesteurs traités avec 1, 2.5 et 5 % de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  respectivement par rapport au digesteur non traité.

Cependant, un début d'inhibition du processus est remarqué dans le digesteur ayant subi un traitement avec 7.5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Ceci pourrait être dû à une hydrolyse rapide et par conséquent à une acidogénèse précoce, ce qui a pour conséquence le blocage de la méthanogénèse [17]. De là, nous pourrions conclure que la concentration optimale retenue en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , permettant une bonne digestion des boues étudiées et une production convenable en biogaz, est de 5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

### 3.6. Qualité du biogaz

Au cours de la digestion nous avons suivi la production du biogaz, en le quantifiant et en déterminant son inflammabilité. Les tableaux 2 et 3 suivants présentent la composition du biogaz obtenue en 30<sup>ème</sup> jour de digestion ainsi que le suivi de l'inflammabilité du biogaz obtenu pour chaque digesteur.

Tableau 2

**Composition du biogaz obtenue en 30<sup>ème</sup> jour de la digestion pour tous les digesteurs**

Composé	Concentration %				
	Non traité	1.0% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	2.5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	5.0% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	7.5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Hydrogène ( $\text{H}_2$ )	3.18	2.83	2.14	2.11	3.01
Dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ )	35.51	34.40	33.30	31.24	34.50
Sulfure d'Hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ )	1.08	1.43	1.71	1.40	1.32
Oxygène ( $\text{O}_2$ )	0.08	0.07	0.06	0.04	0.08
Nitrogène ( $\text{N}_2$ )	5.83	6.33	6.97	6.23	5.94
Méthane ( $\text{CH}_4$ )	54.32	54.94	55.82	58.98	55.15

Tableau 3

**Le suivi de l'inflammabilité du biogaz obtenu pour chaque digesteur**

Digesteur	L'état d'inflammabilité
Non traité	Inflammable à partir de 15 <sup>ème</sup> jour
1% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Inflammable à partir de 15 <sup>ème</sup> jour
2.5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Inflammable à partir de 14 <sup>ème</sup> jour
5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Inflammable à partir de 12 <sup>ème</sup> jour
7.5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Inflammable à partir de 15 <sup>ème</sup> jour

Les résultats obtenus précédemment ont déjà montrés l'effet positif du prétraitement alcalin dans la dégradation rapide de la matière organique, et sa contribution au déclenchement rapide de la phase méthanogène, contrairement au cas où le substrat n'est pas traité du tout. En outre, les résultats obtenus montrent que le prétraitement alcalin par le  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  peut aussi améliorer la qualité énergétique du biogaz obtenu, autrement dit améliorer la teneur en  $\text{CH}_4$  du biogaz obtenu. Dans nos conditions, il est égal à 54.32 % pour le digesteur non traité, 54.94, 55.82 et 58.98% pour les digesteurs traités à raison de 1, 2.5 et 5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  respectivement.

Pour le digesteur où le substrat est traité avec du  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  à 7.5%, nous avons noté une diminution de taux de  $\text{CH}_4$  (55.15% seulement), ceci est peut être due à la toxicité du calcium à concentration élevée pour les bactéries méthanogènes, et de la dissolution excessive de la cellulose et de l'hémicellulose à haute teneur en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [23], [24].

### 3.7. Taux de matière organique

La Fig. 7 suivante montre le taux de matière organique avant et après la digestion.

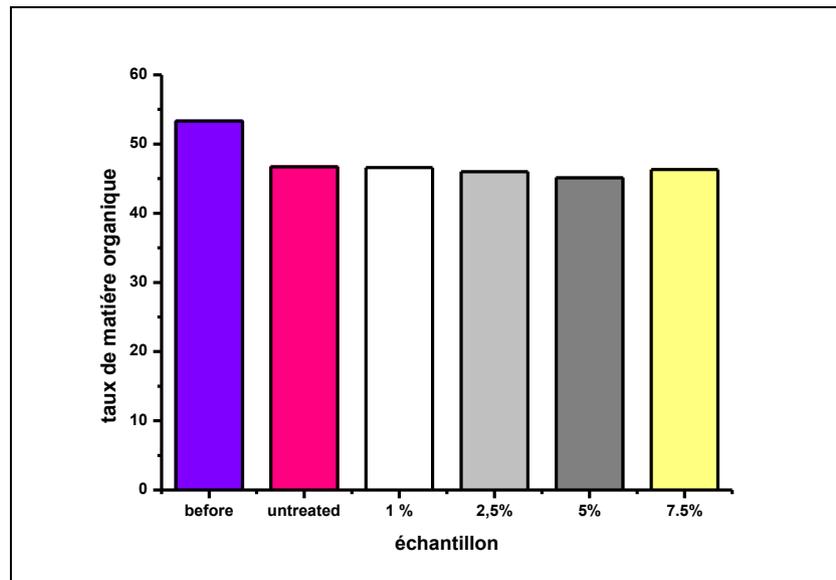


Fig. 7. Taux de matière organique avant et après digestion pour tous les digesteurs

D'après cette figure, nous constatons qu'il y a une réduction du taux de matière organique allant de 12.4% pour le digesteur non traité; et 12.61 ; 13.74 ; 15.43 et 13.1% pour les digesteurs traités par 1, 2.5, 5 et 7.5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  respectivement. La matière organique dégradée est principalement transformée en biogaz. Ces résultats sont en accord avec ce qui a été déjà rapporté à savoir que le

plus grand taux de réduction de matière organique correspondait au plus grand volume du biogaz obtenu.

### 3.8. Taux réduction de la DCO et la DBO<sub>5</sub>

Les figures ci-dessous montrent les valeurs de la DCO et la DBO<sub>5</sub> obtenus pour chaque digesteur avant et après digestion. Les figures présentées précédemment, illustrent bien et clairement qu'il y a une réduction de la DCO, avec des rendements de 30.6, 30.6, 33.33, 37.77 et 27.75% pour le digesteur non traité, et pour ceux traités avec 1 ; 2.5 ; 5 et 7.5% de Ca(OH)<sub>2</sub> respectivement.

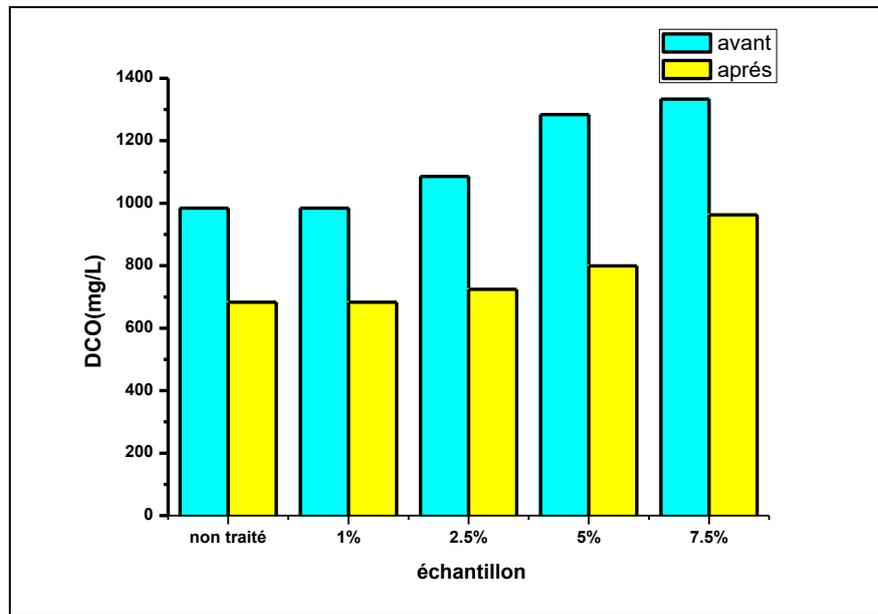


Fig. 8. DCO avant et après la digestion pour tous les digesteurs

Ces résultats montrent aussi qu'il y a une réduction de la DBO<sub>5</sub> avec des rendements de 24.4 ; 24.4 ; 26.10 et 30.5 et 24 % pour le digesteur non traité, et ceux traités avec du Ca(OH)<sub>2</sub> à 1 ; 2.5, 5 et 7.5% respectivement. Ces réductions de ces deux paramètres : DCO et DBO<sub>5</sub> sont dues à la réduction notamment de la matière organique [12].

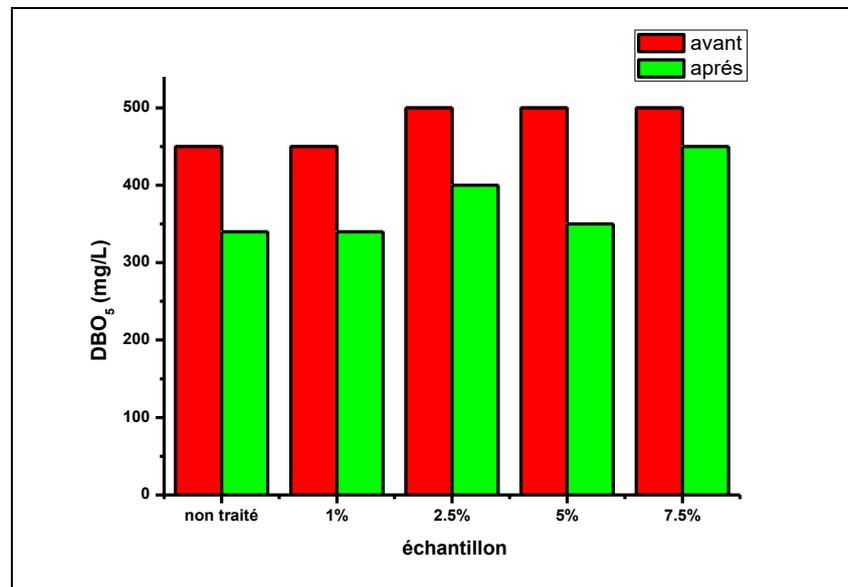


Fig. 9. DBO<sub>5</sub> avant et après la digestion pour tous les digesteurs

#### 4. Conclusions

À la lumière des résultats obtenus après 60 jours de fermentation des boues de station de lagunage de la ville d'Adrar-Algérie, ont révélé que le prétraitement chimique par  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pendant 24h, était très bénéfique sur la digestion anaérobie. En effet il y a une nette augmentation du volume avec 24.2 %, lorsque la concentration de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  est de 5% (p/p). Cette concentration est considérée dans nos conditions comme étant optimale, par rapport au cas non traité. Au-delà de cette concentration, nous observons une inhibition de la méthanogenèse et un blocage du processus de digestion.

Par ailleurs, et chose importante, le prétraitement alcalin à l'aide du  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a contribué à améliorer le rendement énergétique du biogaz, c'est à dire l'amélioration de sa teneur en  $\text{CH}_4$ . Cette amélioration des rendements énergétiques et volumiques du biogaz, ont été accompagnés par une amélioration du taux de réduction des paramètres d'épuration.

#### Remerciements

Les auteurs remercient la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT) pour leurs soutiens.

#### R E F E R E N C E S

- [1]. M. Dinca, G. Voicu, M. Ferdes, L. Toma et I. Voicea, "Anaerobic digestion of animal manure and maize silage in pilot plant for biogas production", in U.P.B. Sci. Bull., Series B, **vol. 78**, no. 2, 2016, pp.71-80
- [2]. P. Gupta, S. R. Shekhar, A. Sachan, A. S.Vidyart et A. Gupta "A reappraisal intensification of biogas production", in Renewable and Sustainable Energy Reviews., **vol. 16**, 2012, pp 4908–4916.

- [3]. M. E. A. Dahou, Recherche des conditions optimales de la production du biogaz à partir des boues de la station de lagunage de la ville d'Adrar, thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2018
- [4]. H. Li, C. Li, W. Liu et S. Zou, "Optimized alkaline pretreatment of sludge before anaerobic digestion", in *Bioresour. Technol.*, **vol. 123**, 2012, pp. 189–94
- [5]. A. A. Modenbach et S. E. Nokes, "The use of high-solids loading in biomass pretreatment – a review", in *Biotechnol Bioeng.*, **vol. 109**, 2012, pp. 1430–42
- [6]. M. E. A. Dahou, "The effect of Alkaline pretreatment on the production of biogas from the sludge of the lagoon station of Adrar City (Southwest of Algeria) ", In: Kallel A., Ksibi M., Ben Dhia H., Khélifi N. (eds) *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions. EMCEI 2017. Advances in Science, Technology & Innovation*, 2018, pp1553-1555
- [7]. B. R. Dhar, E. Youssef, G. Nakhla et M. B. Ray, "Pretreatment of municipal waste activated sludge for volatile sulphur compounds control in anaerobic digestion", in *Bioresour. Technol.*, **vol. 102**, 2011, pp. 3776-3782
- [8]. T. H. Kim et Y. Y. Lee, "Pretreatment of corn stover by soaking in aqueous ammonia", in *App Bioch. Biotechnol.*, **vol. 124**, 2005, pp. 1119-1132
- [9]. H. Sträuber, F. Bühligen, S. Kleinstauber, M. Nikolausz et K. Porsch, "Improved Anaerobic Fermentation of Wheat Straw by Alkaline Pretreatment and Addition of Alkali-Tolerant Microorganisms", in *Bioengineering.*, **Vol. 2**, no. 2, 2015, pp. 66-93
- [10]. Y. Zhang, X. Chen, Y. Gu, et X. A. Zhou, "physicochemical method for increasing methane production from rice straw: Extrusion combined with alkali pretreatment", in *App Energ.*, **Vol. 160**, 2015, pp. 39–48
- [11]. M. E. A. Dahou et A. Touzi, "Biogas Production from Adrar City Lagoon Station's Sludge", in *International Review of Mechanical Engineering*, **vol. 10**, 2016, pp.107–114
- [12]. I. S. Kim, D. H. Kim et S. H. Hyun, "Effect of particle size and sodium ion concentration on anaerobic thermophilic food waste digestion", in *Water Sci and Technol*, **vol. 41**, 2000, pp. 67–73
- [13]. C. Park, C. Lee, S. Kim, Y. Chen et H.A. Chase, "Upgrading of anaerobic digestion incorporating two different hydrolysis processes", in *Journal of Biosci and Bioeng*, **vol. 100**; no. 2, 2005, pp. 164-167
- [14]. C. Berthe, Étude de la matière organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés, Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 2006
- [15]. A. Sow, Contribution à la conduite de la méthanisation dans des bioréacteurs a film mix fonctionnant à forts taux de charge, Thèse de Doctorat, l'École Centrale de Paris, 1990
- [16]. S. Pilli, T. T. More, S. Yan, R. D. Tyagi et R. Y. Surampalli, "Fenton pre-treatment of secondary sludge to enhance anaerobic digestion: Energy balance and greenhouse gas emissions", in *Chem Eng J.*, **Vol. 283**, 2016, pp. 285–292
- [17]. Z. Jiyang, W. Caixia et L. Yebo, "Enhanced solid-state anaerobic digestion of corn stover by alkaline pretreatment", in *Bioresour. Technol.*, **vol. 101**, 2010, pp.7523–7528
- [18]. Y. Lin, D. Wang, S. Wu et C. Wang, "Alkali pretreatment enhances biogas production in the anaerobic digestion of pulp and paper sludge", in *J Hazard Mater.*, **Vol. 170**, 2009, pp. 366–373
- [19]. C. Sambusiti, E. Ficara, F. Malpei, J. Steyer et H. Carrère, "Influence of alkaline pretreatment conditions on structural features and methane production from ensiled sorghum forag", in *Chem Eng J.*, **vol. 211**, 2012, pp. 488–92
- [20]. Z. Song, G. Yang, Y. Guo et T. Zhang, "Comparison of two chemical pretreatments of rice straw for biogas production by anaerobic digestion", in *Bioresour.*, **vol. 7**, no. 3, 2012, pp. 3223-3236
- [21]. J. Zhu, C. Wan, et Y. Li, "Enhanced solid-state anaerobic digestion of corn stover by alkaline pretreatment", in *Bioresour. Technol.*, **vol. 101**, 2010, pp.7523–8
- [22]. L.N. Liew, J. Shi, et Y.B. Li, "Enhancing the solid-state anaerobic digestion of fallen leaves through simultaneous alkaline treatment", *Bioresour. Technol.* **Vol. 102**, no.19, pp. 8828-8834
- [23]. Y. Gu, Y. Zhang et X. Zhou, "Effect of Ca(OH)<sub>2</sub> pretreatment on extruded rice straw anaerobic digestion" in *Bioresour. Technol.*, **Vol. 196**, 2015, pp. 116–122
- [24]. Z. Song, G. Yang, X. Han, Y. Feng et G. Ren, "Optimization of the Alkaline Pretreatment of Rice Straw for Enhanced Methane Yield", in *BioMed Res. Int. ID 968692*, 2013, pp. 1-9