

## Contribution à la production du biogaz à partir d'effluents d'élevage animaliers en Algérie

A. Mellak<sup>1</sup>, Y. Le Roux<sup>2</sup>, R. Bouarab<sup>1</sup>, T. Ahmed-Zaïd<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles. Département de Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique, El-Harrach, BP 182, Alger, Algérie

<sup>2</sup>ENSAIA, 2 Avenue de la Forêt de Haye, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy, France

\*Corresponding author: toudert.ahmed-zaid@g.enp.edu.dz ; Tel.: +213 557 67 20 52

### ARTICLE INFO

#### Article History :

Received : 10/10/2018

Accepted : 27/01/2019

#### Key Words:

Biogas,  
Livestock effluents,  
Methane potential,  
Prospective study.

#### Mots clés:

Biogaz ;  
Effluents d'élevage ;  
Potentiel méthanogène ;  
Etude prospective.

### ABSTRACT/RESUME

**Abstract:** Algeria relies mainly on fossil fuels for its energy needs and economy. Most of the electricity produced uses natural gas as primary energy. However, electricity needs are rising very rapidly, with an average increase of 10% between 2010 and 2011. Therefore, the use of alternative energy sources is a strategic objective to save natural gas, which is the main source of export revenues.

With the decline of hydrocarbons, the Algerian government is beginning to consider economic and ecological solutions by investing in renewable energies. In 2015, it planned to introduce bioenergy with a contribution of 1000 MWelect by 2030. In this context, this study examines the methane potential production from different livestock effluents for combined heat and power cogeneration. This potential is assessed considering the livestock size and various assumptions. Our results show that the highest methane yield, 281 L CH<sub>4</sub> / kg volatile solids (VS), can be achieved from dairy cattle followed by poultry, sheep and horses with 276, 218, and 211 L CH<sub>4</sub> / kg VS respectively. Methane production from sheep, horses, poultry and dairy cattle wastes is 75, 54, 47 and 44 L CH<sub>4</sub> / kg of crude matter, respectively. The valorization of livestock effluents could cover some of our energy needs and improve our environmental balance sheet in the coming decades.

**Resume :** L'Algérie dépend principalement des énergies fossiles pour ses besoins énergétiques. La majeure partie de l'électricité produite utilise le gaz naturel comme énergie primaire. En outre, les besoins en électricité augmentent très rapidement, avec un accroissement de près de 10% entre 2010 et 2011. L'utilisation de sources d'énergie alternatives est donc un objectif stratégique pour économiser le gaz naturel qui est le principal revenu de nos exportations.

Avec le déclin des hydrocarbures, l'Algérie commence à envisager des solutions économiques et écologiques en investissant dans les énergies renouvelables. En 2015, elle prévoit l'introduction de la bioénergie et son apport à 1000 MWélect d'ici 2030. Dans ce contexte, la présente étude examine le potentiel méthanogène de différents effluents d'élevage et évalue le potentiel du biogaz qui peut être valorisé à l'échelle nationale en tenant compte de la taille du cheptel. Les résultats montrent que le rendement le plus élevé en méthane, 281 L CH<sub>4</sub> / kg MO, a été obtenu à partir de bovins laitiers

---

*suivi de volailles, de moutons et de chevaux avec 276, 218, et 211 L CH<sub>4</sub>/kg MO respectivement. La production de méthane à partir des rejets de moutons, chevaux, volailles et bovins laitiers est respectivement de 75, 54, 47 et 44 L CH<sub>4</sub>/kg de matière brute. La valorisation des effluents d'élevage pourrait couvrir une partie de nos besoins énergétiques et améliorer notre bilan environnemental dans les prochaines décennies.*

---

## I. Introduction

L'Algérie s'étale sur une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup>, compte une population estimée à 42,2 millions et un taux de croissance annuel d'environ 2% [1]. Elle est le premier producteur de gaz naturel en Afrique, le deuxième fournisseur de gaz naturel pour l'Europe, et figure parmi les trois premiers producteurs de pétrole en Afrique [2]. Toutefois, la production brute de gaz naturel et de pétrole brut a progressivement diminué au cours de la dernière décennie. La consommation d'énergie de l'Algérie n'a cessé d'augmenter ces dernières années. Elle a atteint 31 500 ktep en 2010 avant de passer à 38 543 ktep en 2013 [3], ce qui représente une augmentation de 22% en seulement trois ans. Par ailleurs, les réserves prouvées de pétrole algérien ont été estimées à 1,5 milliards de tonnes à la fin de 2014 (12,2 milliards de barils), soit l'équivalent de 22 ans de production. En ce qui concerne le gaz naturel, les réserves prouvées s'élèvent à 4 500 milliards de m<sup>3</sup>, soit l'équivalent de 54 ans de production [4].

Face à ce déclin d'énergies fossiles, le gouvernement algérien a commencé à investir dans les énergies renouvelables (ER). En février 2015, il envisage l'installation de 22 GW d'ER d'ici 2030, ce qui équivaut à une part d'environ 27% ER dans la production totale d'électricité. Sur ces 22 GW, le programme fixe comme objectif : 13575 MW de photovoltaïque solaire, 5 010 MW d'éolien, 2000 MW de solaire thermique, 1 000 MW de biomasse (dont la valorisation des déchets), 400 MW de cogénération et 15 MW de géothermie [5].

La valorisation de la biomasse étant l'un des principaux leviers dans le développement des énergies renouvelables, c'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à la production du biogaz et plus exactement au biogaz issu des effluents d'élevage.

En effet, la méthanisation est de plus en plus perçue comme une voie incontournable d'amélioration du bilan environnemental et énergétique. Cette technique permet de produire du méthane (valorisable sous forme d'énergie) à partir des déjections et autres résidus agricoles et semble un bon moyen de réduire les émissions à effet de serre liées à la gestion des déjections animales [6,7].

Au-delà de la réduction directe des émissions à la source, la méthanisation intervient aussi par la substitution d'une énergie fossile pour la production d'électricité et/ou chaleur. La réduction des odeurs, l'amélioration des caractéristiques agronomiques (fertilisation des sols), la réduction des nuisances dues à l'accumulation des déchets, l'amélioration de la qualité de vie des populations rurales en assurant une autonomie énergétique, en préservant leur santé et leur environnement sont également des avantages majeurs de la méthanisation [8, 9,10].

La production du biogaz est en nette croissance partout dans le monde. En Algérie, le développement de cette filière est encore à l'échelle de l'expérimentation où des travaux de production de biogaz à partir de déchets organiques sont menés à l'échelle de laboratoire ; nous pouvons citer comme exemple les travaux de Tou et al. [10] (différentes déjections animales) ainsi que Tahri et al. [11] (déchets d'abattoir et de volaille).

A plus grande échelle, la wilaya d'Oran a été retenue pour abriter un projet-pilote pour produire de l'énergie électrique à partir du biogaz généré par le centre d'enfouissement technique de HassiBounif. Un deuxième projet pilote d'installation de taille industrielle est à l'étude à Constantine ; il s'agit d'une unité de tri et de valorisation des déchets par une filiale d'un groupe industriel étatique dédiée à l'environnement. La filiale a obtenu un soutien accru de l'état, qui fixe également des objectifs de développement de la méthanisation. Ce modèle est amené à être étendu à travers le territoire national en vue de traiter différents types de déchets : ménagers, boues de stations d'épuration, rejets agricoles et d'élevage.

C'est dans ce contexte que nous inscrivons notre travail sur la valorisation des effluents d'élevage : vaches, chevaux, moutons et volailles. Le travail consiste à examiner le potentiel méthanogène et construire des scénarios pour une mise en perspective constructive pour l'avenir de la méthanisation en Algérie. Pour cela, une étude prospective a été réalisée à l'échelle du territoire afin d'avoir une vision globale des gisements et des contraintes en vue de dégager des solutions optimales. En premier lieu, un recensement des animaux présents en Algérie a été effectué, avec leur

localisation et leur système d'élevage. En second lieu, la prospective concernant la production de méthane à partir de ce recensement et d'hypothèse de récupération de ce méthane a été établie à la suite de plusieurs entretiens avec des experts. Concernant les chiffres avancés pour la production de méthane, ces derniers se sont basés sur des valeurs expérimentales obtenues à partir des différents fumiers algériens des espèces étudiées.

## II. Matériels et méthodes

### II.1. Origine des substrats

Les substrats utilisés dans cette étude proviennent d'une exploitation d'élevage située dans la wilaya de Blida, à 50 km au sud d'Alger. Cette exploitation dispose de vaches laitières, chevaux, moutons et volailles. L'inoculum, 60% de lisier et 40% de fumier, a été prélevé dans le digesteur de la ferme expérimentale La Bouzule (France) où nous avons réalisés nos tests de bio-méthanisation. Tous les substrats ont été stockés à 0°C dans des réservoirs de 10 L pour éviter la décomposition biologique.

### II.2. Détermination de la teneur en matière sèche et en matière organique

La détermination du taux de matière sèche (MS) est effectuée, selon la norme NF ISO 11465 (1994) [12]. Entre 10 et 20 g de masse brute (MB) de chacun des échantillons ont été prélevés et mis à l'étuve à 105 °C pendant 24 h. Les taux de matières sèches (MS) respectifs sont obtenus par pesées successives des échantillons, avant et après séchage à l'étuve.

Les taux de matière volatile (MV) ou matière organique des échantillons sont mesurés en se référant à la procédure NF U 44 160 (1985) [13]. Les échantillons préalablement séchés sont calcinés dans un four à moufle à 550 °C, pendant 4 h. La perte de masse, rapportée à la quantité de matière sèche, correspond au taux de matière volatile (MV).

### II.3. Détermination du potentiel méthanogène: Tests BMP

Les tests BMP (*Biochemical Methane Potential*) sont destinés à mesurer le potentiel méthanogène des effluents d'élevage. Le potentiel méthanogène est le volume de méthane produit lors de la dégradation anaérobie en présence de bactéries d'un échantillon initialement introduit, exprimé dans les Conditions Normales de Température et de Pression.

Quatre types de fumier sont considérés : vaches, chevaux, moutons et volailles. Pour chaque type de substrat, 6 répétitions de brut ont été testées. De plus, 2 témoins négatifs (inoculum seulement) et 2 contrôles positifs (inoculum + cellulose) ont été également testés, soit un total de 28 échantillons qui

ont été mis dans des bouteilles. Compte tenu de la composition des échantillons, les quantités adéquates de substrats correspondant à 3 g de matière organique ont été préparées dans chaque bouteille.

L'inoculum, utilisé pour les besoins de cette étude, a été tamisé avec un tamis à mailles carrées de 5 mm d'ouverture afin de le rendre plus homogène et pauvre en matière organique. 215 g de cet inoculum ont été introduits dans chaque bouteille. Avant chaque utilisation, il a été épuisé et dégazé à 37,5 °C pendant 1 semaine pour minimiser la dégradation de la matière organique par les bactéries du digesteur. Après 7 jours, 500 mL d'eau distillée et 3 g de matière organique sont ajoutés dans chaque substrat [14,15]. Avant de placer les bouteilles dans l'étuve (Mettler UFE 700) à 37,5°C, le pH a été mesuré (Mettler Toledo fe20/el20 five easy).

Les gaz produits ont été mesurés quotidiennement à l'aide d'un compteur de gaz à tambour (Ritter type TG05 modèle 5-8) et leur teneur en méthane a été déterminée en utilisant un analyseur CH<sub>4</sub>. Lorsque les volumes de gaz commencent à diminuer, les mesures sont effectuées tous les deux ou trois jours. Les mesures prennent fin lorsque les substrats produisent approximativement le même volume de gaz que le témoin négatif. En général, les substrats de fumier cessent de produire du biogaz entre 3 et 5 semaines. Dans notre cas, les mesures ont été arrêtées après 29 jours (4 semaines). A la fin de l'expérience, le pH doit être de nouveau mesuré afin de vérifier l'absence d'acidogénèse durant la manipulation. Les valeurs du pH doivent être comprises entre 6,5 et 7,5.

### II.4. Données sur le cheptel et étude prospective

Pour mener l'étude prospective de la valorisation du fumier des divers effluents d'élevage étudiés, différents scénarios ont été considérés en tenant compte des résultats trouvés lors des essais de méthanisation afin d'évaluer les avantages économiques et environnementaux de la méthanisation agricole.

Pour établir le premier scénario, une extrapolation a été faite au niveau national concernant les espèces étudiées à partir des résultats trouvés expérimentalement pour un animal. L'hypothèse admise est que les animaux reçoivent la même alimentation quelle que soit leur localisation. Les vaches sont nourries à base de fourrage vert et d'aliment concentré. Les brebis reçoivent une ration composée de foin et d'aliment concentré. Les chevaux consomment de la paille et de l'orge. Quant aux volailles, elles sont nourries à base d'aliment concentré commercial (mélange de maïs,

de soja, de son, d'orge, complément vitaminique et minéral).

Ce scénario reste théorique car en pratique on ne peut atteindre la valorisation des 100 % des effluents d'élevage.

Pour évaluer les taux de récupération accessibles pour chaque fumier, plusieurs entretiens ont été menés avec des agronomes spécialistes dans l'élevage bovin, ovin et avicole afin d'établir un second scénario qui peut être mis en pratique en prenant en compte tous les paramètres nécessaires (modes d'élevage en Algérie, localisation des différentes espèces, etc.)

Les informations relatives aux effectifs et à la composition des espèces étudiées (bovine, ovine, chevaline et avicole) proviennent des statistiques agricoles du *Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural* pour l'année 2014 [16].

L'estimation des déjections du cheptel est établie sur la base des estimations faites au niveau de la ferme pilote de Blida.

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Matière Sèche, Matière Organique

Le pourcentage de MS varie remarquablement d'un fumier à l'autre (tableau 1). Le fumier provenant de l'élevage de vaches est le plus humide (18% MS), ceci est lié à la fois à la physiologie de la régulation hydrique de cette espèce, au régime alimentaire distribué - fourrage vert et d'aliment concentré- très digeste et au paillage très réduit de leur aire de couchage. Le pourcentage enregistré chez les volailles est proche de celui des vaches (22% MS) ; les raisons sont semblables à celles avancées pour les vaches. Les taux nettement plus élevés enregistrés chez les chevaux et les moutons, respectivement 34% MS et 40%MS sont dus également à la physiologie de ces deux espèces (crottin et fèces plus secs), au paillage plus important chez les chevaux et à l'affouragement des moutons à l'intérieur de l'aire d'élevage.

Une nette différence apparaît entre le pourcentage de MO du fumier des monogastriques (cheval : 76% MO ; volaille : 77% MO) et celui des ruminants (vache : 85% MO ; mouton : 86% MO). Le taux relativement bas enregistré chez le cheval et la volaille est probablement lié à leur physiologie. En effet, la digestibilité de la MO est nettement meilleure chez les monogastriques par rapport aux ruminants.

#### III.2. Evaluation du CH<sub>4</sub> produit /kg MB et /kg MO

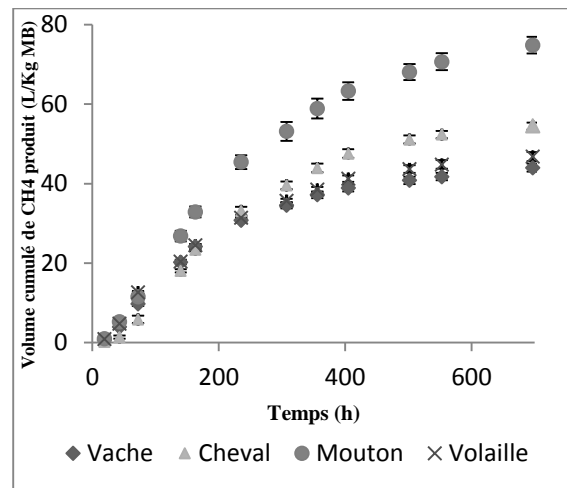


Figure 1. Evolution de la production de CH<sub>4</sub>/kg MB à partir des substrats étudiés.

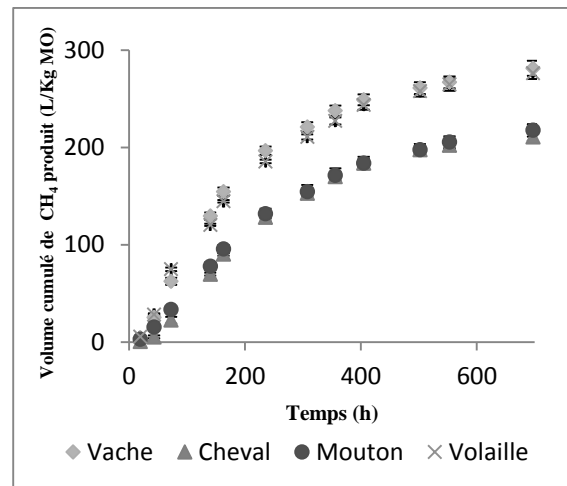


Figure 2. Evolution de la production de CH<sub>4</sub>/kg MO à partir des substrats étudiés.

Les figures 1 et 2 illustrent les résultats des essais BMP relatifs aux productions respectives de CH<sub>4</sub> par kg MB (Matière Brute) et par kg MO (Matière Organique) en fonction du temps. Il est à relever que les valeurs de pH se sont stabilisées aux alentours de 6,5 - 7,5 durant les quatre semaines de nos expériences.

Nous remarquons, aussi, que le volume de CH<sub>4</sub> cumulé augmente avec le temps jusqu'à atteindre un palier de production assez stable vers le 21ème jour (504 h).

Les concentrations de CH<sub>4</sub> /kg MB obtenues pour le fumier de vaches, volailles, chevaux et moutons sont respectivement 44, 47, 54 et 75 L avec des pourcentages de méthane qui varient entre 62 et 65 %. Elles sont proportionnelles au taux de matière sèche dans le substrat (18, 22, 34 et 40% respectivement).

Les concentrations les plus élevées de CH<sub>4</sub>/kg MO sont obtenues dans le cas du fumier de vaches et de volailles avec 281 L et 276 L respectivement au 29<sup>e</sup> jour. Dans le cas du fumier de moutons et de chevaux, les moyennes des productions cumulées de CH<sub>4</sub> atteignent 218 et 211 L/kg MO respectivement. Dans la littérature, les résultats peuvent varier d'une source à une autre et d'une espèce à une autre. Ainsi, selon Lacour [17], la fiente de poulet produit 360 L de CH<sub>4</sub>/kg MO ; quant à Babae et al. [18], il rapporte une production de 270 L de CH<sub>4</sub>/kg MO par le fumier de volaille. Jain et al. [19], enregistrent une production de 140 L de CH<sub>4</sub>/kg MO par le fumier de vaches et de 100 L de CH<sub>4</sub>/kg MO par celui du mouton.

### III.3. Synthèse des résultats obtenus

Le tableau 1 représente une synthèse des résultats trouvés lors des essais BMP au laboratoire. Nous constatons clairement que les fumiers de vaches et de volailles sont plus productifs en termes de matière organique. Cela est dû à la dégradation facile et rapide de cette dernière dans ces substrats. Par contre, en termes de matière brute (matière fraîche), les concentrations en biogaz et CH<sub>4</sub> les plus élevées sont obtenues par les fumiers de cheval et de mouton en raison de leur taux élevé de matière sèche (34 et 40% respectivement).

**Tableau 1.** Volumes de biogaz et de CH<sub>4</sub> produits en mL/gMO et /gMB

Type de fumier	MS (%)	MO (%)	Biogaz/gMO	Biogaz/gMB	CH <sub>4</sub> (%)	CH <sub>4</sub> /gMO	CH <sub>4</sub> /gMB
Vaches	18	85	428 ±8	67 ±1	65 ±3	281 ±5	44 ±2
Volailles	22	77	407 ±6	69 ±1	65 ±2	276 ±6	47 ±2
Chevaux	34	76	321 ±4	83 ±1	62 ±4	211 ±4	54 ±2
Moutons	40	86	334 ±6	115 ±2	63 ±3	218 ±4	75 ±3

### III.4. Etude prospective

La valorisation des effluents d'élevage en Algérie se résume à l'utilisation en tant qu'amendements organiques (engrais de fond) qui visent à améliorer la structure physique du sol et ses propriétés chimiques de base alors qu'ailleurs dans le monde, ces derniers sont parfois utilisés dans des digesteurs de méthanisation afin de produire du biogaz.

Les installations de biogaz représentent une solution intelligente et écologique à travers la valorisation des déchets d'élevage. Le gaz produit spontanément par la fermentation des rebuts agricoles et des déjections animales, au lieu d'être laissé s'échapper dans l'atmosphère, est capté à l'intérieur des cuves, dépuré, refroidi et utilisé pour la production d'énergie électrique. De plus, l'énergie thermique produite est utilisée pour le chauffage du digesteur et le digestât fournit un excellent fertilisant naturel.

Ainsi, ce processus permet une réduction de la pollution de l'air et aussi des nappes aquifères. Le méthane, libéré dans l'atmosphère est un gaz à effet de serre 21 fois plus nocif que l'anhydride carbonique indispensable à la vie des plantes. Sans les installations de biogaz, les déchets organiques resteraient tels quelset leur potentiel serait dispersé dans la nature.

Dans le but d'élargir la valorisation de nos effluents animaliers, une étude prospective

sommaire a été menée afin d'évaluer le potentiel du biogaz et du CH<sub>4</sub> qui pourraient être produits en vue de couvrir une partie de nos besoins énergétiques tout en améliorant notre bilan environnemental.

#### III.4.1. Construction des scénarios

En 2014, le *Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural*, a estimé les effectifs du gros bétail à 2 millions têtes de bovins, 27 millions d'ovins et 30 000 chevaux ; ceux de l'espèce avicole sont estimés à 239 millions.

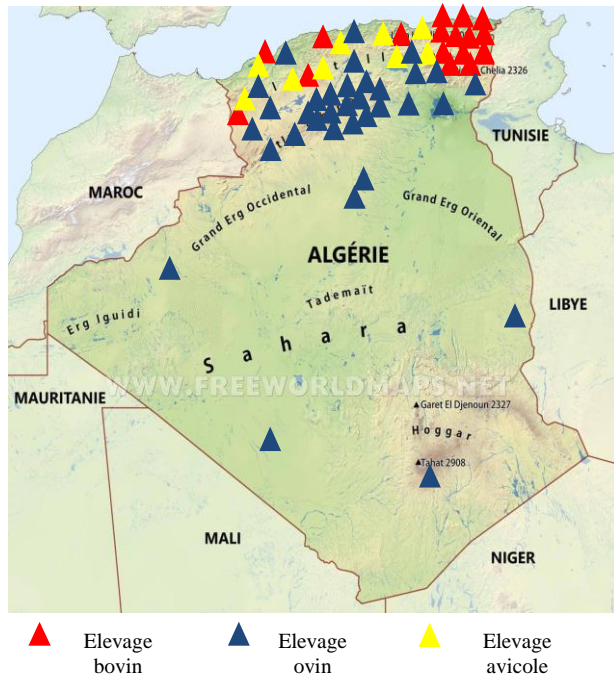
En raison du très faible effectif de chevaux, cette espèce ne sera pas incluse dans notre étude prospective.

##### III.4.1.1. L'élevage bovin

L'élevage bovin est concentré dans les zones les plus favorables à cet élevage, à savoir le nord du pays et particulièrement le nord-est comme le montre la figure 3. Le cheptel est constitué de vaches de race locale, de races laitières importées (Prim Holstein, Brune des Alpes, Normande, Montbéliarde...) et de croisées (Locale X importées) [21]. Les races locales et les races croisées qui constituent la majorité du cheptel national sont élevées en effectif réduit et leur alimentation est basée sur les parcours. L'élevage du bovin local est noté « Bovin laitier local : BLL en abrégé » et celui des races croisées « Bovin laitier amélioré : BLA ».

Les races importées sont conduites intensivement ; les animaux sont casés en étables et nourris à l'auge. Ce type d'élevage est défini sous le vocable « Bovin laitier moderne : BLM ».

La difficulté de récupération du fumier issu des élevages du « BLL » et du « BLA » est évidente ; la seule récupération possible reste celle du « BLM ».



**Figure 3.** Répartition des élevages bovin, ovin et avicole en Algérie. [20]

#### III.4.1.2. L'élevage ovin

Près de 80% de l'élevage ovin est localisé sur les hautes plaines (zone céréalière) et la zone steppique (entre les isohyètes de 400 et 100 mm de pluie) (figure 3). Le reste est situé dans les régions telliennes mais la taille des troupeaux est très réduite. Sur les hautes plaines, l'alimentation est basée sur les jachères et les sous-produits de la céréaliculture (chaumes et paille) et sur les parcours en zone steppique [21]. Le système alimentaire adopté étant des déplacements presque permanents, la récupération des déjections ne peut être envisagée. Par contre, dans les centres d'engraissements, une bonne partie des déjections peut être récupérée.

#### III.4.1.3. L'élevage avicole

L'élevage avicole est concentré dans le Nord du pays (figure 3), là où il y a une forte concentration humaine et là où le coût de production est moindre. Les animaux sont élevés en bâtiment : soit en batterie

soit au sol. La poule pondeuse est généralement élevée en batterie, la dinde et le poulet de chair au sol. La récupération des fientes est facile et pourrait être totale.

#### III.4.2. Evaluation des scénarios

A partir des entretiens réalisés avec des agronomes experts dans l'élevage bovin, ovin et avicole, deux scénarios ont été élaborés sur la base des possibilités de récupération du fumier, i) scénario 1 : théorique, relatif à la récupération totale du fumier des espèces étudiées, ii) scénario 2 : pratique, peut être mis en œuvre, avec 100% de fumier de volailles (ces dernières sont élevées en bâtiment), 90% de fumier de vaches laitières modernes (étant généralement sorties pendant une à deux heures par jour sur des aires d'exercice, les excréments et les urines produits pendant ce laps de temps ne sont pas récupérables (10%)) et 5 % des déjections de moutons (les seules déjections de moutons qui peuvent être récupérées sont ceux des centres d'engraissements. La majeure partie de cette espèce (95%) sont élevés sur des parcours).

##### III.4.2.1. Scénario 1 : (100% théorique)

Ce scénario reste théorique. Son intérêt est de connaître les potentiels du biogaz et du CH<sub>4</sub> maximaux pouvant être produits à partir des différents effluents d'élevage étudiés. Ce dernier ne peut pas être envisageable en pratique, car la récupération de la totalité des déjections est impossible en réalité à cause des systèmes d'élevage algériens.

Le tableau 2 ci-dessous illustre les volumes de biogaz et de méthane pouvant être produits à partir du fumier des espèces ovine, bovine et avicole. Un volume total de 3077 et 2030 millions m<sup>3</sup> de biogaz et de CH<sub>4</sub> respectivement peuvent être produits à partir des effluents d'élevage étudiés annuellement.

Ces chiffres sont loin d'être réalisables sur le terrain. D'où l'élaboration d'un deuxième scénario envisageable avec des chiffres plus vraisemblables.

##### III.4.2.2. Scénario 2 : (5% ovin, 90% bovin, 100% avicole)

Le tableau 2 illustre les volumes de biogaz et de méthane pouvant être produits à partir du fumier des espèces ovine, bovine et avicole valorisables avec des pourcentages de récupération déduits des systèmes d'élevage algériens.

**Tableau 2.** Potentiel du biogaz et du CH<sub>4</sub> issu du fumier des substrats étudiés selon les deux scénarios.

	Espèce ovine		Espèce bovine			Espèce avicole		Total
	Moutons	BLM	Poulets de chair	Poules pondeuses	Dinde			
Nombre (×10 <sup>3</sup> )	17 155	328	211 618	27 472	5 336			
Déjections (kg/jour/tête)*	2.8	52	0.10	0.11	0.27			
Volume Biogaz (m <sup>3</sup> /tonne/tête)**	115	67	69	69	69			
Volume CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /tonne/tête)**	75	44	47	47	47			
		Scénario 1	(100%	théorique)				
Volume Biogaz total(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	2 016	417	532	76	36		3 077	
Volume CH <sub>4</sub> total(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	1 315	275	363	52	25		2 030	
		Scénario 2	(5% ovin	90% bovin	100% avicole)			
Volume Biogaz total(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	101	375	532	76	36		1 120	
Volume CH <sub>4</sub> total(×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	66	248	363	52	25		754	

\* Evalués au niveau de la ferme pilote de Blida

\*\* Résultats expérimentaux obtenus à l'échelle laboratoire

Plus de 1 milliard de m<sup>3</sup> de biogaz pourrait être produit annuellement à l'échelle nationale si les effluents d'élevage de diverses espèces sont valorisés. Ce potentiel représente plus de 2 milliards de KWhélect (1 m<sup>3</sup> de biogaz est l'équivalent de 2 KWhélect [22]). Et donc près du tiers (une puissance de 280 MWélect) pourrait couvrir une partie des 1000 MWélect de biomasse prévu à l'horizon 2030 dans le programme national des énergies renouvelables.

L'état pourrait encourager davantage les projets de méthanisation en modernisant la ferme algérienne progressivement. Concernant les petites exploitations, des projets de micro cogénération peuvent être mis en place afin de rendre à terme ces exploitations autonomes sur le plan énergétique, améliorer la gestion des amendements sur l'exploitation et réduire les gaz à effet de serre émis par l'élevage, notamment via les effluents.

#### IV. Conclusions

Les essais de méthanisation menés à la ferme de la Bouzule, nous ont permis d'évaluer le potentiel de

biogaz et de CH<sub>4</sub> des différents effluents d'élevage algériens à savoir : le fumier de vaches, de volailles, de chevaux et de moutons.

Lors de la production du biogaz, la maîtrise de la température (37,5 °C durant nos expériences), du pH (aux alentours de 6,5 - 7,5) ainsi que la connaissance de la biomasse microbienne (les micro-organismes très dépendants les uns des autres qui assurent des activités complémentaires lors de la transformation de la matière organique en composés gazeux) sont des paramètres majeurs à cerner.

Le but principal que nous nous sommes fixés pour ce travail, à savoir la contribution de la méthanisation des déchets agricoles dans le mix énergétique algérien est atteint. Nous avons pu évaluer que plus d'un milliard de m<sup>3</sup> de biogaz peuvent être produits annuellement avec les conditions des systèmes d'élevage actuels. Si une amélioration et une modernisation de ces systèmes d'élevage sont réalisées sur le terrain, on pourrait doubler voire tripler ce potentiel dans les prochaines décennies.

La valorisation des déchets organiques et principalement les déjections animales pour la

production de biogaz pourrait être considérée comme une solution économique, décentralisée et écologique à ces problèmes à travers une autonomie énergétique et un développement agricole.

La méthanisation se décline aujourd'hui sous de multiples solutions environnementales : le traitement des déchets, la valorisation de sites pollués, la réduction des émissions de gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) et surtout la production de fertilisant naturel peu énergivore et plus rapidement assimilables par les plantes. L'enjeu pour l'agriculture algérienne se situe précisément dans l'utilisation de cette matière fertilisante à base de déchets dont le coût d'élimination est conséquent pour les municipalités qui peut être valorisée en amendements organiques. Cet humus, cette masse fertilisante aura des effets bénéfiques sur les rendements agricoles en croissance et sur les revenus des agriculteurs.

En définitive, la méthanisation des déchets agricoles et d'élevage, en raison de ses nombreux avantages, mérite d'être développée en Algérie. Outre l'impact sur l'environnement, la valorisation des déchets pour la production de l'énergie constitue aussi à plusieurs niveaux une alternative très rentable.

Actuellement en Algérie, il est très difficile de mettre en œuvre un projet de méthanisation pour un exploitant. Outre les aspects de la formation et de la recherche, le développement de la filière a surtout besoin de mécanismes de soutien par les pouvoirs publics. Pour ce faire, un gros effort doit être fait sur le plan réglementaire comme des mesures incitatives telles que des garanties d'investissement à long terme (sur 20 ans) à travers la mise en place d'un système des tarifs d'achat garantis pour l'électricité produite à partir du biogaz, à l'instar de ce qui a été prévu pour les filières d'énergie solaire et de l'éolien.

## Remerciements

Nos remerciements vont aux agronomes Nacer Benmessaoud de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger et Nadera Bouayed du Laboratoire Central Vétérinaire d'Alger pour leur collaboration et contribution à cette étude prospective.

## V. References

1. Office National des Statistiques, Algérie, consulté en Juin 2018, accessible sur <http://www.ons.dz/-Demographie-.html>
2. Les fonds souverains, Classement des pays producteurs et exportateurs de pétrole, 22 juin 2011, consulté en Février 2017, accessible sur <http://www.fondssouverains.com/article-classement-des-pays-producteurs-et-exportateurs-de-petrole-2008-77355593.html>
3. Energypedia, Algeria Energy Situation, consulté en Juin 2017, accessible sur [https://energypedia.info/wiki/Algeria\\_Energy\\_Situation](https://energypedia.info/wiki/Algeria_Energy_Situation)
4. BP, Statistical Review of World Energy, juin 2015, pp6-11, pp20-25, consulté en Juin 2017, accessible sur

5. <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-oil-section.pdf>
6. Portail du Centre du Développement des Energies Renouvelables, Rapport sur le programme algérien de développement des énergies renouvelables, Alger, 2015, consulté en Juin 2017, accessible sur <https://portail.cder.dz/spip.php?article4446>
7. Amon, B.; Kryvoruchko, V.; Amon, T.; Zechmeister-Boltenstern, S. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112 (2006) 153-162.
8. Clemens, J.; Trimborn, M.; Weiland, P.; Amon, B. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112 (2006) 171-177.
9. Chynoweth, D.P.; Wilkie, A.C.; Owens, J.M. Anaerobic Treatment of Piggery Slurry. *Journal of Animal Science* 12 (1999) 607-628.
10. Hansen, M.N.; Kai, P.; Moller, H.B. Effects of anaerobic digestion and separation of pig slurry on odor emission. *Applied Engineering in Agriculture* 22 (2006) 135- 139.
11. Tou, I.; Igoud, S.; Touzi, A. Production de Biométhane à Partir des Déjections Animales. (Laboratoire de Biomasse, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Bouzaréah, Alger). *Revue des Energies Renouvelables-Production et Valorisation-Biomasse* (2001) 103-108.
12. Tahri, A.; Djaafri, M.; Khelafi, M.; Kalloum, S.; Salem, F. Amélioration du rendement de la production de biogaz par codigestion des déchets organiques (déchets d'abattoir et de volaille). Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, URERMS Centre de développement des Energies Renouvelables, Adrar, Algérie. *Revue des Energies Renouvelables SIENR'12 Ghardaïa* (2012) 375 – 380.
13. NF-ISO-11465, Détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau\_ Méthode gravimétrique, Août 1994.
14. NF-U-44-160, Amendements organiques et supports de culture : détermination de la matière organique totale\_ Méthode par calcination, Novembre 1985.
15. Verein Deutscher Ingenieure, Fermentation of organic materials characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests, vdi 4630, April 2006.
16. DETEC, OFEN, Optimisation des tests standardisés de digestibilité dans des réacteurs batch. Rapport final, Berne, Suisse 2011.
17. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information, Statistique agricole superficies et productions, SERIE « B », Algérie, Décembre 2014.
18. Lacour, J. Valorisation de résidus agricoles et autres déchets organiques par digestion anaérobie en Haïti, thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 2012, p. 151.
19. Babae, A.; Shayegan, J.; Roshani, A. Anaerobic slurry co-digestion of poultry manure and straw: effect of organic loading and temperature. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* 11 (2013) 15.
20. Jain, M.K.; Singh, R.; Tauro, P. Anaerobic digestion of cattle and sheep wastes. *Agricultural Wastes* 3 (1981) 65-73.



20. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des services vétérinaires, Appui technique à l'étude de faisabilité d'un laboratoire de confinement de type 3. INMV 04-06, Alger 2016.
21. MATE-GEF/PNUD, Bilans des Expertises sur La Biodiversité Importante pour l'Agriculture en Algérie, Projet ALG/97/G31, Alger 1997.
22. Solagro, la méthanisation à la ferme, France, 2005, p. 4, consulté en Juin 2018, accessible sur <https://www.agrireseau.net/energie/documents/193methaagricole.pdf>.

**Please cite this Article as:**

Mellak A., Le Roux Y., Bouarab R., Ahmed-Zaid T., *Contribution à la production du biogaz à partir d'effluents d'élevage animaliers en Algérie*, ***Algerian J. Env. Sc. Technology***, 5:1 (2019) 881-889