Production of green energy for its economic and environmental benefits in order to guarantee human health

Intitulé : Production d'énergie verte pour sa valorisation économico-environnementale en vue de garantir la santé humaine

RAMAMBASON Fidelin [1], SAY Allan[2], ANDRIANANTENAINA Jocèl[3], RAKOTOBE Emilien[4]
RASOLONJATOVO Martial Zozime [5], RASOANANDRASANA Emilienne [6]

1 : EDGVM Email : ramambasonfidelin87@gmail.com

2 : EDGVM Email : sayallan85@gmail.com

3 : EDGVM Email : andryjocel@gmail.com

4 : EDGVM Email : remilien526@gmail.com

5 : EDGVM Email : rasolonjatovozomart@yahoo.fr

6 : EDGVM Email : rasoanandrasana@yahoo.fr

RESUME
D'après la bibliographie en 2018, nous constatons que le problème environnemental gagne le terrain, le plus nocif est l'incapacité de la plante de séquestrer le carbone. D'une autre manière, la déforestation par le charbon de bois fait son tour à la participation de la pollution atmosphérique, car encore très peu d'investissement a été structuré dans la filière de gestion de charbon de bois surtout à Madagascar. Face à ces réalités, nous avons fait une recherche intitulé «Production d'énergie verte pour sa valorisation économico-environnementale en vue de garantir la santé humaine» dans le but de connaître le rôle écologique et environnemental du secteur biogaz permettant de sortir plus précisément un bilan détaillé de la capacité de ce secteur dont l'objectif principal est de contribuer à la réduction des déchets biologiques pour réduire l'émission du gaz dans l'atmosphère et l'objectifs spécifiques sont de : Production du biogaz à partir des déchets biologiques ; Préserver l'environnent et produire la santé en vue d'éliminer l'utilisation du charbon de bois qui est caractéristique de la destruction massive de la forêt. En bref, la valorisation des déchets biologiques peut résoudre, à son tour, le problème économique et environnemental tout en augmentant les surfaces forestières et l'économie, car cette bouse de rumen produit mensuellement 900 litres de digestat. Ces derniers offrent donc un rôle intéressant pour le retardement du réchauffement global de la terre qui est important dans l'objectif du développement durable.
Mots clés : déchets biologique, biogaz, valorisation, santé et environnementale

Abstract
According to the 2018 literature, environmental problems are worsening, particularly due to the reduced ability of plants to sequester carbon. Charcoal-driven deforestation also contributes heavily to air pollution, especially in Madagascar where investment in charcoal management remains limited.To address these issues, a study titled "Production of Green Energy for Its Economic and Environmental Valorization to Ensure Human Health" was conducted. Its aim was to assess the ecological and environmental role of the biogas sector, whose main goal is to reduce biological waste and lower gas emissions into the atmosphere. The study also seeks to promote biogas production from organic waste, protect the environment, and improve health by reducing dependence on charcoal, a major driver of deforestation.Overall, the valorization of biological waste can help solve both environmental and economic challenges while expanding forest areas and supporting economic development. Rumen waste, for example, can produce 900 liters of digestate per month, contributing to efforts to slow global warming and advance sustainable development.

Keywords : biological waste, biogas, valorization, health, environment

INTRODUCTION

La tendance va certainement perdurer année après année, ce qui caractérise les pays en voie de développement sur la production de déchets. C'est avant tout leur grande proportion en matières organiques, puisque probablement plus de 60 % de la masse des déchets en est constituée **(Rasoanandrasana, 2010)**. C'est ensuite, la quantité assez incroyable des déchets biologiques que l'on observe et qui a, sans aucun doute, l'impact le plus visible. Mais, il est essentiellement lié au fait que les traitements appropriés sont très insuffisants, voire inexistants (**Lalov, 2001 ; Chottier, 2011 ; Léa, 2014**).

La crise énergétique des années 1970 fait apparaître combien il est urgent de trouver des nouvelles sources énergétiques et un plus grand degré d'autonomie d'énergie. Plusieurs pays ont pris conscience des problèmes de fond de la situation énergique et ont progressivement mis en œuvre des politiques visant à mieux réaliser l'énergie et à recourir à toutes les sources d'énergies susceptibles de se substituer à l'énergie fossile (**Lalov, 2001 ; Martin et Bal, 2003 ; Karakashev et *al.*, 2005).**

A l'échelle nationale, la filière bois-énergie (bois de chauffage et charbon de bois) représente très souvent une réelle source d'activités économiques et crée de nombreux emplois au niveau de la collecte, du transport, de la transformation et de la revente **CREADE (2010)**. Bien que ces emplois soient encore majoritairement informels. Ils permettent de subvenir aux besoins de nombreuses familles des zones rurales sans rendre compte l'effet secondaire, parce que cette filière est une source principale de la déforestation. Sans doute, c'est le plus nocif sur le plan environnemental. En effet, un malgache consomme du charbon de bois équivalent à 1,2 hectare de forêt par an (**FAO, 2010**). Or, l'intoxication des voies respiratoires et oculaires par les fumées de combustion des foyers à bois est la cause principale de la mortalité avec 11 000 décès par an (OMS, 2002). C'est pour cette raison que différents organismes ont tendance de promouvoir la vulgarisation de la technologie de production du biogaz domestique. Malheureusement, le bois de chauffage est une énergie quasiment gratuite qui ne demande que de travail des enfants pour être collecté (**Ramampiherika, 2010**). Le seuil de risque de cette raréfaction va être plus important dans l'avenir. Les forêts primaires malgaches à l'écosystème foisonnant et endémique disparaissent, faisant place à des forêts sans vie, alignées, exploitées et gérées dans l'optique de faire du charbon pour un profil le plus rapide possible (**FAO, 2010**). Le bois énergie tue à la fois l'homme et son environnement (**Murphy J. D.,2004)**. Le biogaz est une alternative crédible qui offre des bénéfices pour l'homme et son environnement. Un paysan sur quatre seulement dépasse le seuil de la pauvreté à Madagascar, c'est-à-dire gagne plus d'un dollar par jour (**Banque mondial, 2011**). Le biogaz est donc un gisement d'énergie intéressant.

Ces réalités sont des raisons suffisantes pour lesquelles nous participons à l'étude de la «Production d'énergie verte pour sa valorisation économico-environnementale en vue de garantir la santé humaine» dont l'objectif principal est de contribuer à la réduction des déchets biologiques pour réduire l'émission du gaz dans l'atmosphère et l'objectifs spécifiques sont de :Production du biogaz à partir des déchets biologiques ; Préserver l'environnent et produire la santé en vue d'éliminer l'utilisation du charbon de bois qui est caractéristique de la destruction massive de la forêt. Pour mieux comprendre, notre travail comprend trois parties dont la première partie est retenue à l'introduction la zone. La deuxième partie est réservée pour les matériels et méthodes qu'on a adoptées pour la réalisation des objectifs des travaux de recherche. Tandis que la troisième partie nous donne les résultats obtenus de la recherche. Et la quatrième et dernière partie se consacre sur la discussion, suivie d'une conclusion.

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIES

II.1. Choix des matériels biologiques

Le choix des matériels biologiques que nous appelons « intrants » n'est pas le fruit du hasard selon le degré d'évolution de la production du biogaz que ce soit rural ou urbain. La production mérite de bénéficier un bilan clair pour permettre de choisir une stratégie bien efficace pour pouvoir avancer d'une manière cohérente dans les projets de futur. Les intrants que nous avons utilisés ont de la potentialité organique dans la filière du biogaz, car les intrants considérés comme témoins sont des déchets biologiques fréquemment utilisés pour la production du biogaz surtout à Madagascar. Ce sont des fientes de volailles, bouse de zébu, fumier de chèvre. L'intrant que nous avons utilisé pour l'avancement de cette recherche est la bouse de rumen, car nous envisageons la potentialité organique plus important que celle des intrants témoins.

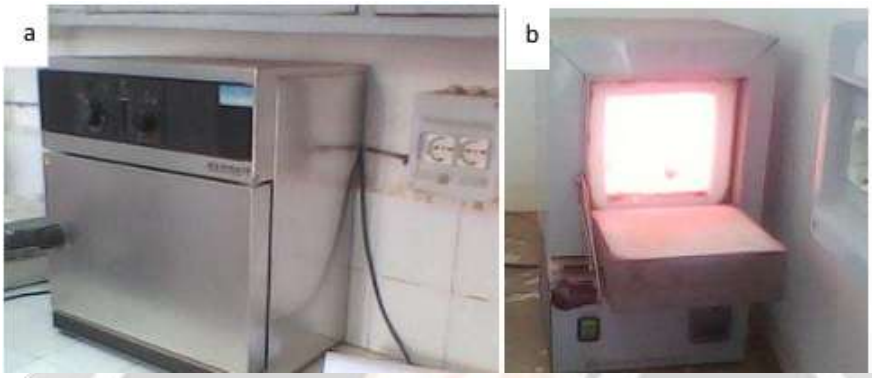
Pour justifier cette réalité, des collectes des trois échantillons des intrants témoins ont été effectués avec la suscité différente. Les échantillons collectés ont été mis dans des bocaux bien propres tout en évitant la contamination surtout contre des produits chimiques nocifs pour les micro-organismes pendant le transport jusqu'au stockage comme les **photos 1a, 1b** et **1c** le montrent. Ce dernier a été effectué dans un congélateur avant l'analyse au laboratoire. En effet, nous avons mis en évidence la production du biogaz par des intrants témoins tout en fermentant un kilogramme de chacun de ces intrants avec 50 % de volume d'eau. La fermentation a été effectuée en utilisant des matériels locaux (**Photo 1**) et que le biogaz produit a été capté par un chambre à air. L'expérience a été répétée trois fois de la même manière pour pouvoir s'assurer la fiabilité du résultat.

Photo 1 : Echantillons des bouses de rumen collectées

II.2. Principe et appareillage

Le principe consiste en un séchage, puis une destruction d'une masse d'échantillon environ 26 g des intrants jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les appareillages utilisés sont :

- Creuset à peser ;
- Four à chauffage électrique à 105° C (Photo 2a) ;
- Four à destruction électrique à 550° C (Photo 2b) ;
- Dessiccateur ;
- Balance électronique.



a : Four à chauffage électrique à 105° C ; b : Four à destruction électrique à 550° C

Photo 2 : Four électrique de séchage

II.3. Méthodes de réalisation

II.3.1. Choix du lieu des collectes des échantillons

Notre intrant d'expérimentation est la bouse de rumen qui se trouve dans la panse de zébu abattu. Pour la bouse de rumen, la connaissance des caractéristiques physico-chimiques est une clé importante des conclusions à venir parce qu'elle a déjà fait partie des déchets organiques qui peut, à son tour, participer à la protection de l'environnement grâce à ses caractères physico-chimique qu'elle contienne. C'est pour cette raison que neuf échantillons notés ECH 01, ECH 02, ECH 03, ECH 04, ECH 05, ECH 06, ECH 07, ECH 08 et ECH 09 ont été tous collectés dans l'abattoir bovin de la ville de Mahajanga dont leurs caractéristiques sont les suivants :

- ECH 01, ECH 04 et ECH 07 : Echantillon collecté superficiellement dans le bac à ordure d'abattoir ;
- ECH 02, ECH 05 et ECH 08 : Echantillon collecté au milieu dans le bac à ordure d'abattoir ;
- ECH 03, ECH 06 et ECH 09 : Echantillon collecté en profondeur dans le bac à ordure d'abattoir.

II.3.2. Choix du lieu de production du biogaz

Le Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur l'Environnement et des Déchets (LARED) est un lieu principale de notre production du biogaz car : • La caractérisation des intrants exige des travaux au laboratoire surtout au niveau des matériels ; • L'étude d'influence des quelques paramètres sur la production du biogaz exige des conditions spéciales et des suivis règlementaires au laboratoire. Mais, des préparations et des quelques expériences ont été réalisés chez Mr RAMAMBASON Fidelin (auteur principal) qui habite à Ambondrona, secteur II, logement n° 0203C0108 à la périphérie du campus de l'Université de Mahajanga, région Boeny.

II.3.3 Protocole analytique au laboratoire

Pour la réalisation de notre travail de recherche, des recherches bibliographiques ont été menées pour cadrer les méthodes d'expérimentation. Pour collecter des informations sur le thème, des publications scientifiques et différents documents ont été consultés sur le site internet.

II.3.4 Protocole d'analyse au laboratoire

Le protocole d'analyse mis en place est adapté aux moyens mis à disposition et aux produits à analyser d'une manière à obtenir des résultats fiables. Des tests préliminaires ont été effectués d'une manière à adapter le volume des intrants à prélever avec le temps de séchage nécessaire. L'analyse des premiers échantillons a été répétée trois fois d'une manière à s'assurer la précision du protocole. L'écart entre les résultats de dépassait cinq pour cent pour un même échantillon, ce qui permet de valider le protocole mis en place. Ce protocole consiste à effectuer des analyses physico-chimiques sur le substrat afin de déterminer la teneur en matières sèches et la teneur en matière organique.

II.4. Détermination de la teneur en matières sèches

II.4.1. Mode opératoire

Le mode opératoire appliqué commence à partir des échantillons conserver dans un congélateur et ne se termine qu'après avoir pesé le creuset aluminium avec l'échantillon après séchage. Celui-ci ne s'agit que de :

- Retirer l'échantillon du congélateur en agitant pour l'homogénéiser ;
- Mettre l'échantillon dans un creuset aluminium du poids préalablement pesé ;
- Chauffer l'échantillon dans un four à séchage à 105 °C pour la matière sèche ;
- Retirer l'échantillon du four à séchage et le mettre dans un dessiccateur pendant 30 minutes pour refroidir ;
- Peser ensemble le poids du creuset avec l'échantillon.

II.4.2. Mode de calcul

La teneur en eau de l'échantillon est égale à :

$$T_E(\%) = \frac{M_2 - M_1}{M_1 - M_0} \times 100$$

Avec :
TE (%) : est le teneur en eau en pourcentage ;
M_0 : est la masse en g du creuset aluminium ;
M_1 : est la masse en g du creuset aluminium et de l'échantillon avant le séchage ;
M_2 : est la masse en g du creuset aluminium et de l'échantillon après chauffage dans un four à séchage.
Une fois la teneur en eau déterminée, la teneur en matière sèche (MS) est obtenue par la formule suivante :

$$MS\ (\%) = 100\ \% - T_E\ (\%)$$

Avec :

MS (%) : est la teneur en matières sèches.

II.5. Détermination de la teneur en cendres et en matière organique

II.5.1. Mode opératoire

Le mode opératoire appliqué commence à partir des échantillons conserver dans un congélateur et ne se termine qu'après avoir pesé le creuset aluminium avec l'échantillon après destruction. Celui-ci ne s'agit que de :

- Retirer l'échantillon du congélateur en agitant pour l'homogénéiser ;
- Mettre l'échantillon dans un creuset aluminium du poids préalablement pesé ;
- Chauffer l'échantillon dans un four à séchage à105° C pour la matière sèche ;
- Retirer l'échantillon du four à séchage et le mettre dans un dessiccateur pendant 30 minutes pour refroidir ;
- Peser ensemble le poids du creuset avec l'échantillon pour connaître la masse en matières sèches ;
- Pour la détermination de la teneur en matière organique, introduire de nouveau l'échantillon dans un four à destruction à 550° C pendant une heure environ ;
- Retirer l'échantillon du four à destruction et le mettre dans un dessiccateur pendant 30 minutes pour refroidir ;
- Peser ensemble le poids du creuset avec l'échantillon à l'aide d'une balance à précision ;
- Enfin mesurer la masse finale de l'échantillon.

II.5.2. Mode de calcul

La teneur en cendre de l'échantillon est égale à :

$$T_E(\%) = \frac{M_3 - M_0}{M_2 - M_0} \times 100$$

Avec :
TC (%) : est le teneur en cendre en pourcentage,
M_0 : est la masse en g du creuset aluminium,
M_2 : est la masse en g du creuset aluminium contenant la matière sèche de l'échantillon,
M_3 : est la masse en g du creuset aluminium contenant les cendres après calcination.
La teneur en matières organiques s'obtient par la différence entre la teneur en matière sèche et la teneur en cendre :

MO (%) = MS (%) – Tc (%)

Avec ;
MO (%) : est le teneur en matière organique en pourcentage.

Ce travail est la suite logique sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques en envisageant la production du biogaz. Par ailleurs, des études ont montré que ces intrants ont des potentialités organiques pour produire le biogaz (**Moletta, 2007 ; Ramampiherika, 2010 ; Mahandrimalala, 2014**). Le mode de calcul de volume du biogaz produit consiste donc tout simplement de mesurer la différence entre le volume final et le volume initiale de la chambre à air :

$$V_{bio} = V_f - V_i$$

Avec :
V_i : est le volume initial de la chambre à air ;
V_f : est le volume final de la chambre à air ;
V_{bio} : est le volume du biogaz produit et stocké de la chambre à air.

Photo 3 : Matériels utilisés pour la production du biogaz

II.6. Expérimentation

II.6.1. Procédé global de la production du biogaz

La production du biogaz à partir de bouse de rumen n'est pas le fruit de hasard, parce que ce dernier fait partie des déchets biologiques dont la fermentation anaérobique produit évidement du biogaz. C'est ainsi que nous avons établi les procédures de production du biogaz tout en étudiant les paramètres variés comme la température, taux des inocula bactériens, pourcentage de l'eau et concentration en matière organique. Ce procédé de production comprend plusieurs étapes importantes et qui est représenté dans la **Figure 1** suivante.

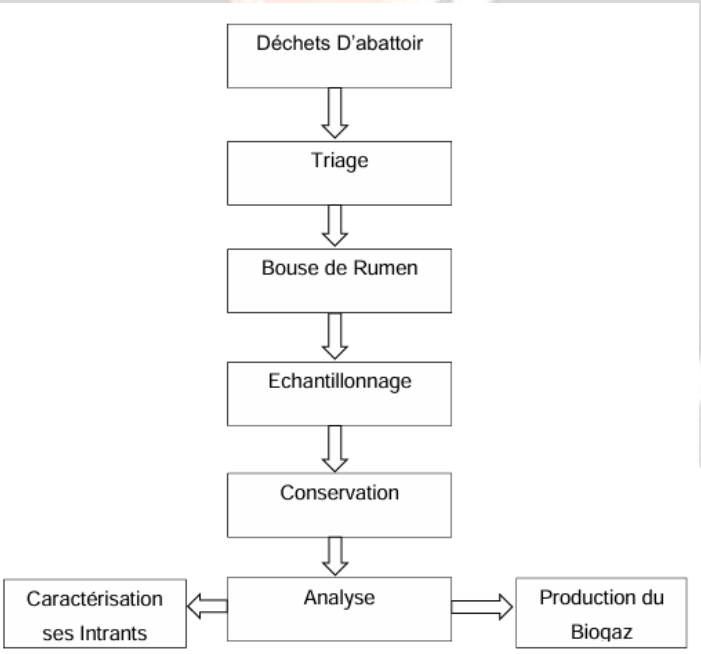


Figure 1 : Etapes globaux de la production du biogaz

II.6.2. Mode de production du biogaz

Cette méthode présente le mécanisme de la production du biogaz par laquelle nous pouvons clarifier le fait que le biogaz est produit. Celle-ci veut apparaître le fonctionnement du point de vu des matériels physiques (biodigesteur) et des matériels biochimiques (bouse de rumen et des inocula bactériens). En effet, un environnement strictement anaérobie (sans oxygène) a été préparée, car la bactérie qui produit le méthane est très sensible à l'oxygène et ne peut pas survivre dans un environnement aérobie. Par conséquent, notre matériel physique est un biodigesteur de 500 ml qui a été adapté en le détoxiquant pour pouvoir produire du biogaz sans avoir optimisé la production ; c'est-à-dire, le mode de production est artisanal. De l'autre côté, la bouse de rumen et des boues de vidange sont des matériels biochimiques bien préparés tout en ajoutant de l'eau. Cette production se fait en quelques étapes :

- **Collecte et triage à la source des échantillons de bouse de rumen**

Les déchets d'abattoir (**Photo 4a**) sont composés principalement des bouses de rumen, mais les autres composants tels que la corne, les os, le sang ne sont pas négligeable. C'est la raison principale de notre triage à la source (**Photo 4b**) avant de collecter les échantillons des bouses de rumen (**Photo 4c**).

a : Déchets d'abattoir ; b : Triage à la source ; c : Mise en sachet de l'échantillon

Photo 4 : Collecte des échantillons

❖ Montage des matériels

Les matériels physiquement utilisés pour la production du biogaz sont :

- Bocal : se sert pour le biodigesteur ;
- Tuyau : se sert pour évacuer et conduire le biogaz produit ;
- Chambre à air : se sert pour capter et stocker le biogaz produit.

Tous les matériels précédemment cités sont montés (**Photo 5**) pour que le bocal soit lié à la chambre à air. Le montage a été vérifié cinq fois pour pouvoir s'assurer qu'il n'y a pas des fuites d'air.

Photo 5 : Montage des matériels pour la production du biogaz

❖ **Démarrage de la fermentation**

Une fois le montage des matériels physiques a été terminé, et qu'il n'y a pas de fuites, nous avons donc versé l'échantillon de la bouse de rumen dans un bocal tout en ajoutant de l'eau de puits. Lors que le bocal a été fermé (**Photo 6**), nous avons vérifié à nouveau le montage, s'il y a des fuites, en le plongeant dans l'eau. Le reste à faire est attendre le gonflement de la chambre à air.

Photo 6 : Démarrage de la fermentation

❖ **Collecte du biogaz produit**

La chambre à air gonflé contient du biogaz, la collecte a été faite par jour parce que le gonflement de cette chambre à air ait de limite (**Photo 7**). C'est la raison particulière de la collecte journalière. La quantification du biogaz produit a été estimée par l'identification du volume de la chambre à air.

Photo 7 : Collecte du biogaz produit

- **Identification du volume de la chambre à air**

Pour trouver le volume de la chambre à air gonflée, nous avons coupé cette chambre à air pour avoir un cylindre. Un cylindre est constitué d'une base (B) et d'une hauteur (H). Alors que le volume d'un cylindre est déterminé par la formule suivante :

V = B*H

Avec :

V : Volume d'un cylindre ;

B : Surface de base ;

H : Hauteur d'un cylindre.

Après avoir vue cette formule, nous allons avoir la formule suivante comme le volume du gaz.

$$Vg = V = ((C^2)/4\pi)*H$$

Avec :

Vg : Volume du biogaz dans la chambre à air

TROISIEME PARTIE : RESULTATS

III.1. Résultats sur la Caractérisation des paramètres physico-chimiques des intrants

Les paramètres mesurés pour l'intrant sont la concentration en matière sèche, concentration en matière organique et la quantité en litre du biogaz dans un kilogramme de la bouse de rumen frais.

III.1.2. Teneurs en matière organique

Les résultats obtenus montrent que la concentration de la matière organique des bouses de rumen présente une quantité intéressante. Les bouses de rumen sont de l'ordre de 953 g/l. Ce résultat est expliqué par le fait que les bouses de rumen n'ont pas subi un long processus de fermentation dans la panse jusqu'à l'abattage des zébus.

III.1.3. Production du biogaz par l'intrant d'expérimentation

La simplicité de la production du biogaz et que tous les matériels utilisés sont localement fabriqués comme la **Photo 2** la montre. Autre que les échantillons sableux, la stabilité de la production du biogaz présente une bonne cohérence d'ensemble pour les neuf échantillons des bouses de rumen comme le montre la **Figure 2** ci-dessous.

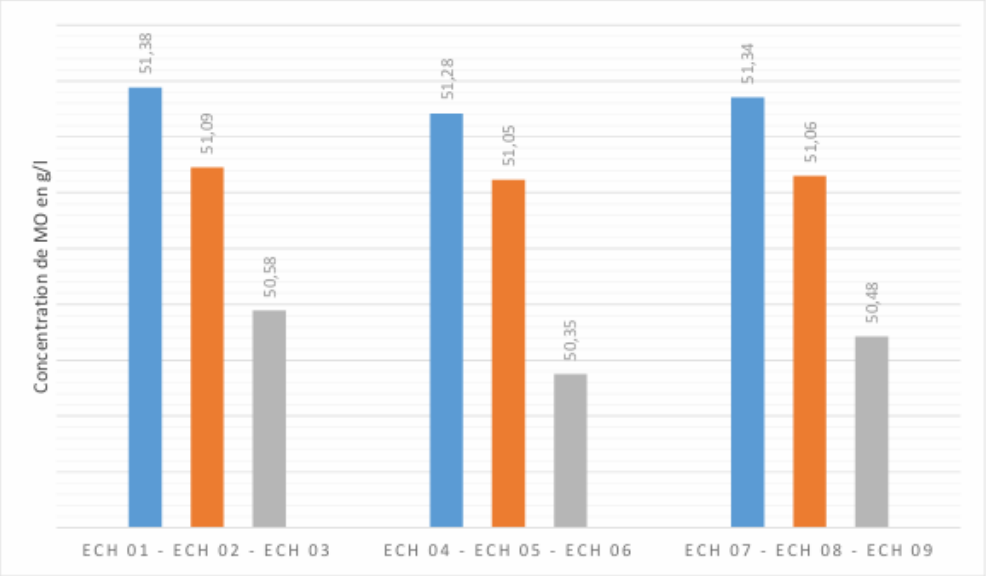


Figure 2 : Production du biogaz par des intrants d'expérimentation

La **Figure 2** ci-dessus montre que les bouses de rumen présentent le rendement de la production du biogaz. Les échantillons superficiellement collectés comportent le rendement sur la production du biogaz meilleur avec la valeur comprise entre 51,28 l/kg à 51,38 l/kg puis les deuxièmes sont les échantillons collectés au milieu avec la valeur comprise entre 51,05 l/kg à 51,09 l/kg et en fin les troisièmes sont les échantillons collectés en profondeur avec la valeur comprise entre 50,35 l/kg à 50,58 l/kg. L'estimation ponctuelle de la moyenne montre que la profondeur de collecte ne joue pas un rôle très important. D'après une estimation de la moyenne par l'intervalle de confiance, les bouses de rumen présentent un état moins digéré et qui est en relation avec la courte durée de la fermentation antérieurement effectuée dans la panse de zébu. Donc plus la fermentation antérieure est courte, plus la production du biogaz est importante. Celui-ci veut dire que les bouses rumen sont parmi les déchets qui tiennent des rôles important dans différentes circonstances à venir au terme de production du biogaz aux caractéristiques importants de la concentration en matière organique.

III.2. Intérêts de la technologie du biogaz

III.2.1. Situation environnementale à Madagascar

La fourniture d'énergie est assurée en majeure partie par le bois, principalement utilisé pour assurer la cuisson, 82,2 % des ménages à Madagascar l'utilisent directement comme bois de chauffe tandis que 17 % le consomment sous la forme de charbon de bois. Le bois constitue la source d'énergie

Pourtant, l'utilisation directe des ressources naturelles (bois, charbon…) n'est pas optimisée, car les cuiseurs traditionnels entrainent d'importantes pertes à cause de leur très faible rendement énergétique, mais développe en plus des maladies respiratoires et oculaires **(INSTAT, 2013).**

III.2.1.3. Difficultés sanitaires

Au niveau de l'hygiène, l'habitude de déposer un peu partout les excréments des bêtes d'élevage ainsi que les détritus vecteurs de germes pathogènes fautes de latrines ou de traitement particulier amenant à un contact direct entre les déjections et la population exposant cette dernière à de forts risques sanitaires surtout les enfants (**OMS, 2007).**

Un des objectifs de cette recherche est donc de minimiser autant que possible la manipulation directe des déchets organiques n'ayant pas subi de traitements préalables avec la population, réduisant ainsi les risques de contaminations.

QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION

L'analyse physico-chimique des intrants permet de dire que ces intrants ont la même caractéristique du point de vu de la teneur en matière sèche et en matière organique. Il n'y a donc pas de différence significative entre ces types d'intrants. La quantité du biogaz produit a donc une forte cohésion avec la quantité en masse de la bouse de rumen. Les résultats que nous avons obtenus montrent que les bouses de rumen présentent une potentialité biologique importante.

Du point de vu de la quantité en matière organique, il y a un peu de différence entre les deux types des intrants grâce au fait les bouses de rumen ont subi un peu courte durée de fermentation avant qu'ils soient appelés intrants pour la production du biogaz. Ce sont donc des raisons valables à la poursuite logique de cette recherche tout en éclaircissant les paramètres complémentaires dans le but d'obtenir la plus grande efficacité possible. L'étude sur la bouse de rumen a fait référence d'un article (**Razafitoninjara et *al.*, 2022**).

La filière biogaz n'est pas encore très développée à Madagascar. Les opérateurs et projets réalisés sont à petites échelles en phase pilote et n'ont pas encore réalisé d'évaluation des impacts et de capitalisation de leurs installations. De plus, bien que la technologie biogaz fasse partie des alternatives au bois-énergie les plus intéressantes pour le pays, le gouvernement n'a pas encore mis en place de réelles gouvernance et réglementation pour appuyer la filière (**Léa Sigot ,2014)**. En conséquence, il n'existe que très peu d'informations documentées concernant cette technologie à Madagascar. Cette partie propose de réaliser une estimation des impacts environnementaux, sociaux et économiques à l'échelle d'un ménage rural moyen. Sur les impacts économiques et environnementaux de l'utilisation des bois-énergie ou charbon de bois par rapport à la valorisation du biogaz, il a été constaté que les problèmes provoqués par cette utilisation continuent d'exister jusqu'aujourd'hui. Alors que la domestication de la technologie du biogaz devait faire face et aurait dû résoudre ces problèmes mais ce n'est pas tout à fait le cas, seulement quelques parties qui ont été résolu pour ne pas dire échec parce que la situation environnement d'aujourd'hui est à l'état critique et elle s'empire jour après jour.

CONCLUSION

Economiquement et démographiquement parlant, l'augmentation de la production de déchets montre l'augmentation de l'économie, car si le nombre de la population augmente, en même temps la production de déchets augmente aussi. A Madagascar, la production des déchets augmente jour après jour notamment les déchets organiques. La mauvaise gestion des déchets implique la perturbation de la santé publique à cause de l'éparpillement des déchets dans la ville, c'est-à-dire que plus les déchets sont mal gérés plus la santé publique est gênée. L'insuffisance de la valorisation des déchets, voire l'inexistence de leur traitement, provoque l'émission des gaz dans l'atmosphère en majorité le méthane, le dioxyde de carbone et le monoxyde d'azote.

Le charbon de bois est une énergie alternative principalement utilisé pour la plupart des foyers malagasy, alors que le biogaz est une énergie prévisible pour le remplacer. Ce sont des raisons satisfaisantes pour lesquelles nous avons participé à l'étude sur « Optimisation de la production du biogaz en vue d'une modélisation de la valorisation adéquate en stockage du biogaz ».

Les résultats de cette étude ont montré que la réduction de l'émission du gaz dans l'atmosphère a été prévisible, car la production du biogaz participe à la réduction des déchets biologiques. L'étude des caractéristiques de la production du biogaz a fait comprendre la potentialité énergétique de la bouse de rumen, car cette dernière présente une forte concentration en matière organique par rapport aux autres déchets.

Cette étude montre aussi la valorisation des produits finaux (biogaz et digestat) pour la production du biogaz. Non seulement ces produits pourraient augmenter l'économie du pays, mais ils participent également à l'amélioration de vie sociale, santé de la population sans oublier la protection environnementale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

Léa Sigot (2014) : « Valorisation énergétique des biogaz ». In Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 264 p.

Banque Mondial (2011). « What Makes People Cook with Improved Biomass Stoves? A Comparative International Review of Stoves Programs Wood-Based Biomass Energy Development for Sub-Saharan Africa, Issues and Approaches, Africa Renewable Energy Access Program (AFREA ».

Chottier C. (2011) : « Composés organiques volatils du silicium et sulfure d'hydrogène ». In Analyse – Traitement – Impact sur la valorisation des biogaz. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 264 p.

CREADE (2010) : « Mise en route des bio-digesteur », p : 20-24.

FAO (2010). « Le taux de croissance démographique à l'échelle mondiale en 2010 », p : 156 – 159

INSTAT (2013) : « Enquête Nationale sur le Suivi des OMD à Madagascar - Préserver l'environnement ».

Karakashev D., Batstone D. J. et Angelidaki I. (2005), « Influence of Environmental Conditions on Methanogenic Compositions in Anaerobic Biogas Reactor ». In Applied and Environmental Microbiology, vol. 71, no 1, p: 331–338.

Lalov B., Krysteva M. A. et Phelouzat J. L. (2001), « Improvement of biogas production from vinasse via covalently immobilized methanogens ». In Bioresource Technology, vol. 79, p: 83–85.

Martin V. et Bal J. L. (2003), « Quelles perspectives pour les énergies renouvelables en france pour 2010 et au-delà ? ». In contributions au débat national sur les énergies. Rapport technique, ADEME, vol. 24, no 8, p: 17–33.

Murphy J. D. (2004): « Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste ». In Renewable Energy, vol. 29, p. 140–150.

OMS (2007) : « Energie domestique et santé, des combustibles pour vivre mieux ».

Ramampiherika K. D. (2010). « Mis en œuvre d'un Biodigesteur familiale ». In biogaz et développement durable, p : 55 ; 72.

Razafitoninjara M., Manantsoa C., Rasoanandrasana E., Rasolonjatovo M. J. (2021) : « Analyse physico-chimique des boues de vidange pour leur valorisation agricole et la préservation environnementale ». In Revue des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, volume 2. Manuscrit envoyé le 08 Septembre 2021 ; Accepté le 23 Novembre 2021.