

Performance Du Point De Vue Infrastructure, Productivité Et Coût D'investissement Du Modèle De Biodigesteur A Bâche Sur Nappe Phréatique Basse, Par Rapport Au Modèle A Cloche Flottante. Cas De Cuisson Et Du Chauffage De Porcherie De La Commune Rurale d'Imeritsiatosika Région Itasy Madagascar

[Performance From The Point Of View Of Infrastructure, Productivity And Investment Cost Of The Tarpaulin Biodigester Model On Low Groundwater, Compared With The Floating Bell Model. The Case Of Cooking And Heating Pigs In The Rural Commune Of Imeritsiatosika, Itasy Region, Madagascar]

RASOANAIVO Manjato¹, RAJAONARISON Eddie Franck², Ravoninjatovo Achille³, Rasoanaivo Jean Luc⁴

¹Centre National de Recherches Industrielle et Technologique
Antananarivo, Madagascar
Email : manjjato@gmail.com

²Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe Vakinankaratra (IESAV), BP 105 Vatofotsy Antsirabe.
Email : direction.iesav@gmail.com

³Centre National de Recherches Industrielle et Technologique
Antananarivo, Madagascar
Email : achillegc@yahoo.fr

⁴Centre National de Recherches Industrielle et Technologique
Antananarivo, Madagascar
Email : jeanlucnj@gmail.com



Résumé – L'objectif de notre étude est de valoriser les déchets de ferme d'élevage porcin de la commune rurale d'Imeritsiatosika pour satisfaire les besoins énergétiques en cuisson et en chauffage de porcherie car la majorité des ménages (65%) sont des éleveurs porcins. Le chauffage de porcherie joue un rôle et un effet important sur la durée de l'engraissement des porcs.

Notre approche consiste respectivement à : primo collecter des informations et des données sur le biogaz, la commune rurale d'Imeritsiatosika et sa potentialité en déchets solides; secundo, à descendre dans la zone d'étude pour faire un diagnostic préalable de l'existant en matière d'élevage porcin et de déchet valorisable ; tertio, à collecter des déchets solides d'élevage porcin pour les travaux de

laboratoire permettant de déterminer son pouvoir méthanogène ; quarto, réaliser des essais de fermentation méthanique, des essais de chauffage dans une porcherie afin de disposer des informations sur la consommation en énergie de chauffage d'élevage porcin. Une étude comparative du biodigester à bâche sur nappe phréatique basse avec le modèle à cloche flottante a été réalisée mettant en évidence le faible coût d'investissement pour une infrastructure simple et une productivité en biogaz intéressante du premier modèle. Le développement de ce modèle à bâche aura un impact significatif dans le domaine de la valorisation des déchets solides d'élevage porcin ou bovin surtout pour les pays du sud et non producteurs de pétrole.

Mots Clés – Déchets Porcins, Valorisation, Biogaz, Chauffage, Porcherie.

Abstract – The aim of our study is to valorize the waste from pig farms in the rural commune of Imeritsiatosika to meet energy needs for cooking and heating pigsties, as the majority of households (65%) are pig farmers. Pigsty heating plays an important role and effect on pig fattening duration.

Our approach consists of firstly, to collect information and data on biogas, the rural commune of Imeritsiatosika and its solid waste potential; secondly, to visit the study area to carry out a preliminary diagnosis of the existing situation in terms of pig farming and recoverable waste; thirdly, to collect solid waste from pig farms for laboratory work to determine their methanogenic potential; fourthly, to carry out methanic fermentation tests and heating tests in a pigsty to obtain information on energy consumption for heating pig farms. A comparative study of the tarpaulin biodigester on low groundwater with the floating bell model has been carried out, highlighting the low investment cost for a simple infrastructure and the interesting biogas productivity of the first model. The development of this tarpaulin-based model will have a significant impact on the valorization of solid waste from pig and cattle farming, especially in southern, non-oil-producing countries.

Key Words – Pig Waste, Valorization, Biogas, Heating, Piggery.

1 INTRODUCTION

Face aux enjeux environnementaux liés à l'utilisation des énergies fossiles, la préoccupation actuelle de chaque pays non producteur de pétrole est la recherche d'une nouvelle source d'énergie fiable, écologique. Madagascar connu depuis longtemps par ses richesses aussi bien en sous-sol, marine et terrestre qui ne sont pas exploitées ou faiblement jusqu'à ce jour. Parmi ces ressources, on peut citer respectivement : primo, le potentiel hydroélectrique à Madagascar [1], est estimé à environ 7 800 MW, dont 2% de ce potentiel correspondant à 127 MW qui est exploité (WWF, 2012) ; secundo, le potentiel solaire où presque toutes les régions de Madagascar reçoivent plus de 2 800 heures de soleil par an, un des taux les plus élevés au monde, soit une énergie solaire incidente moyenne de l'ordre de 2 000 kWh/m²/an [1], [2] ; tertio, le gisement éolien où Madagascar figure parmi les 15 pays africains présentant de grands gisements éoliens, en particulier dans le Nord avec un vent fort soufflant à une moyenne de 6 à 8 m/s à 50 m de hauteur et dans le Sud à une vitesse de 8 à 9 m/s. La capacité potentielle est d'environ 2 000 MW pour la production d'électricité. Quarto, la géothermique et marémotrice, Madagascar possède un potentiel géothermique estimé à plus de 350 MW [2], [3], et présente un certain nombre de zones géothermiques intéressantes de basse à moyenne enthalpie. Des températures souterraines pouvant atteindre 250°C ont été relevées sur 8 zones du pays ; enfin, la biomasse, où plus de 80% de la population malagasy vit de l'agriculture, un secteur qui produit de nombreux déchets végétaux non exploités. Le potentiel varie, selon les sites et les matières premières, de quelques kW à plus de 150 MW [1],[4]. Par ailleurs, Madagascar pratique la politique de diversification des sources d'énergie pour assurer la satisfaction de ses besoins énergétiques quotidiens car elle est parmi les pays non producteurs de pétrole. C'est dans ce cadre que ce travail de recherche a été focalisé à la recherche de nouvelles sources d'énergie à travers la valorisation des déchets solides d'élevage porcin. L'élevage porcin pour engraissement est parmi les principales sources de revenu de la majorité des ménages de la commune rurale d'Imeritsiatosika. L'objectif de ce travail de recherches est de valoriser les déchets solides d'élevage porcin pour produire de biogaz pour satisfaire les besoins énergétiques pour la cuisson quotidienne et le chauffage de la porcherie. Des questions se posent entre autres :

- Quel est le dimensionnement de l'unité de biométhanisation approprié aux besoins quotidiens de l'exploitation ?
- Quel est le modèle idéale de l'infrastructure à mettre en place ?

- Quel avantage peut-on s'attendre de cette unité de valorisation de déchets solides d'élevage porcin par rapport à celle d'une source d'énergie thermique ?

Le présent article essaie d'apporter des éclaircissements sur les diverses questions posées.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 Zone d'étude : Commune rurale d'Imerintsiatosika

2.1.1 Délimitation géographique d'Imerintsiatosika

Imerintsiatosika, se trouve dans le district d'Arivonimamo de la région d'Itasy et se trouve à 27km au sud-ouest de la ville d'Antananarivo. Elle a comme :

- Coordonnées : 18°59'00''Sud, 47°19'00'' Est
- Altitude : 1 301m
- Superficie : 17 300 ha soit 173km²

La majorité de la population d'Imerintsiatosika sont des agriculteurs et des éleveurs. Cette commune est composée de 8242 toits répartis dans 36 Fokontany et dont les 6 132 toits, soit 74,39% sont occupés par des agriculteurs et des éleveurs (source CU d'Imerintsiatosika).

2.1.2 Délimitation administrative

La commune d'Imerintsiatosika est l'une des 24 Communes, composant le District d'Arivonimamo. Elle est constituée de 36 Fokontany qui s'organisent pour son développement. Traversée par le fleuve de Katsaoka, elle se limite par les communes Morarano – Ambohitrambo au Nord, Ambohimandry au Sud, Arivonimamo I et II à l'Ouest et Ambatomirahavavy à l'Est. Il est à noter que la commune est comprise entre les trois régions ; Itasy, Vakinakaratra et Analamanga.

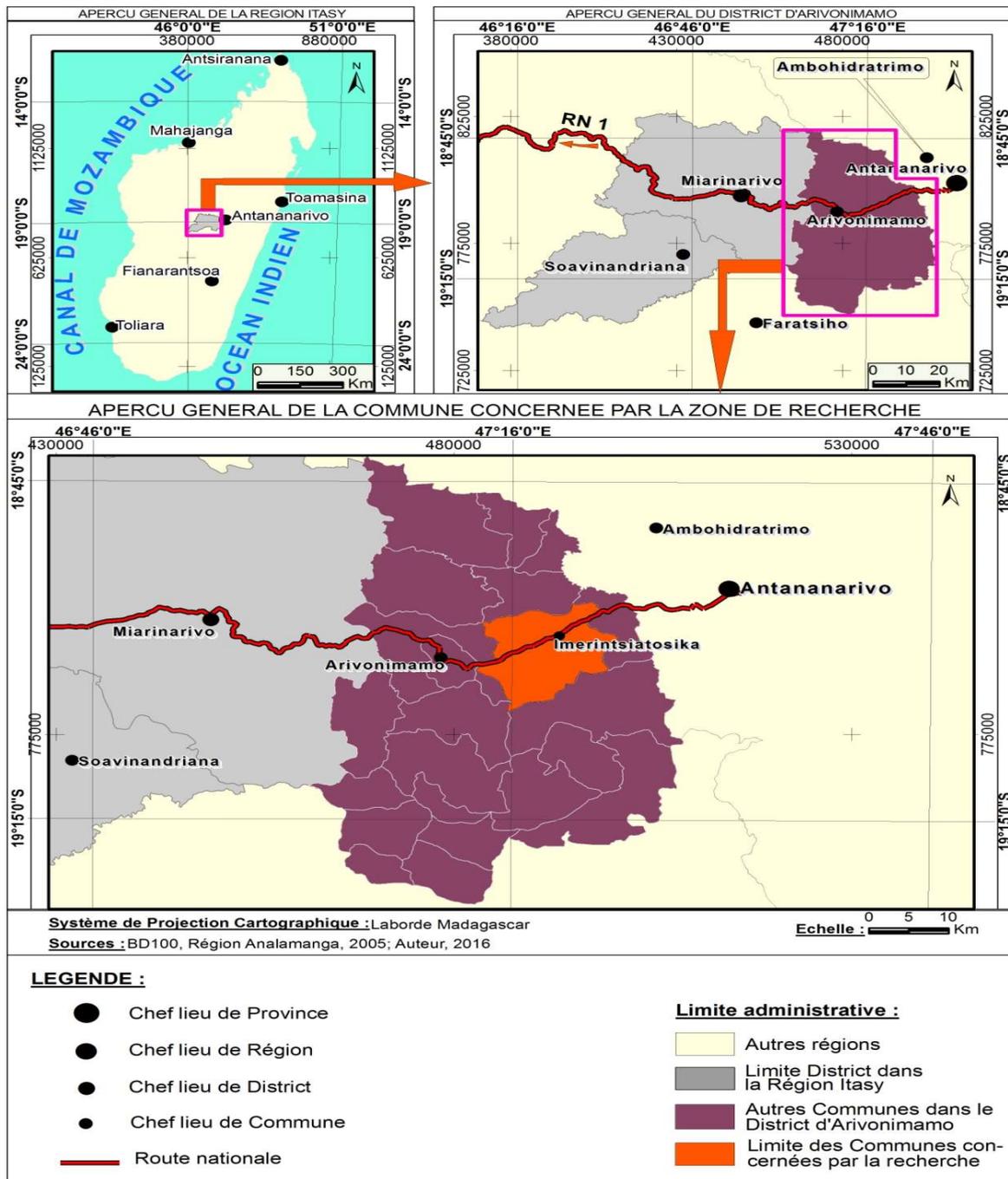


Photo 1: Carte de localisation de la zone d'étude (source : PCD commune)

2.1.3 Activités économiques

L'agriculture et l'élevage sont les sources de revenu de la majorité de la population de la commune rurale d'Imerintsiasika.

2.1.4 Agriculture

Les cultures les plus pratiquées par la population sont récapitulées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Production agricole

Cultures pratiquées	Nombre de paysans	Superficies cultivées en Hectare (Ha)	Production annuelle en tonne
Riz	2 609	1 547	4 230
Manioc	540	320	3 210
Patate	185	110	597
Pomme de terre	127	75	1 080
Tomate	590	350	4 250
Maïs	708	420	850
Haricot	371	220	162
Autres	329	195	165

2.1.5 Elevage

Le tableau 2 informe le type d'élevage les plus pratiqué par la majorité de la population.

Tableau 2 : Type d'élevage et effectif des animaux

Types d'élevage	Nombres des animaux
Bovins	5 392
Porcins	9 610
Volailles	262 135
Piscicultures	55 000

2.2 Matériels utilisés

On se réfère aux matériels et instruments nécessaires pour la réalisation des essais de digestion anaérobie de production de biogaz. Ce sont principalement les digesteurs à biogaz, les gazomètres de récupération, les tuyaux de conduite, le bac de récupération et le bac d'immersion.

2.2.1 Digesteurs

Le type de digesteur utilisé lors de ces essais expérimentaux de digestion anaérobie des drêches est un digesteur en verre en forme de bouteille de capacité 5 litres.



Photo 2 : digesteur de laboratoire

2.2.2 Gazomètre

Le gazomètre est en polyéthylène transparent, de forme cylindrique avec un diamètre de base 14 cm et de hauteur 30 cm, gradué de haut vers le bas et dressé verticalement. Il est rempli entièrement d'eau en début de fermentation. Le niveau d'eau diminue au fur et mesure que du biogaz se forme à l'intérieur pour se déplacer vers le bac de récupération reliée au gazomètre.



Photo 3 : Gazomètre

2.2.3 Bac d'immersion des digesteurs

Le bac d'immersion est une grande cuve cubique, de capacité d'environ 40 litres, suffisant pour contenir jusqu'à 8 digesteurs de laboratoire et entièrement ouvert à la partie supérieure. Elle est remplie d'eau jusqu'au 2/3 de sa capacité qui est chauffée avec une résistance afin de réguler la température à l'intérieur des digesteurs.



Photo 4 : Bac d'immersion contenant des digesteurs

2.2.4 Bac de récupération

Le bac de récupération est une grande cuve de forme cubique, de capacité d'environ 30 litres, et muni d'une ouverture en dessous lui permettant de se connecter aux gazomètres à l'aide de tuyaux. Elle est remplie de 25 litres d'eau salée de concentration en NaCl égale à 24 g/l, son orifice inférieur est connecté à celui du gazomètre grâce à une conduite en tuyau.



Photo 5: *Bac de récupération*

2.2.5 Installation du dispositif expérimental

Les digesteurs immergés dans le bac d'immersion de couleur blanche (en arrière-plan) sont connectés, à l'aide de tuyaux, respectivement un par un aux gazomètres cylindriques (en premier plan) par l'intermédiaire de leurs orifices supérieurs.



Photo 6 : *Dispositif expérimental installé*

Les gazomètres sont aussi connectés, grâce à leurs ouvertures inférieures, au bac de récupération de couleur bleue claire.

2.2.6 Résistance chauffante

Une résistance chauffante à extrémité en spirale est immergée dans l'eau dans laquelle baignent les digesteurs. Elle assure le chauffage de l'eau et règle ainsi la température à l'intérieur de ces digesteurs. La partie chauffante de la résistance immergée dans l'eau transmet à celle-ci une température de digestion voisine de 35° Celsius.



Photo 7 : Résistance chauffante

2.2.7 Brûleur pour cuisson

Le réchaud à gaz avec deux brûleurs. Et, pour le faire fonctionner, il suffit d'ouvrir la vanne d'arrêt. Cela permet au gaz de passer par le tube orange pour alimenter le brûleur.



Photo 8 : Brûleur simple feu

2.2.8 Radian de chauffage

L'élevage porcin demande un chauffage pour favoriser l'accroissement des porcs dans l'optique de réduire le taux de mortalité des animaux.



Photo 9: Brûleur simple feu

2.2.9 Dispositif expérimental au complet.

La photo 10 présente le dispositif expérimental

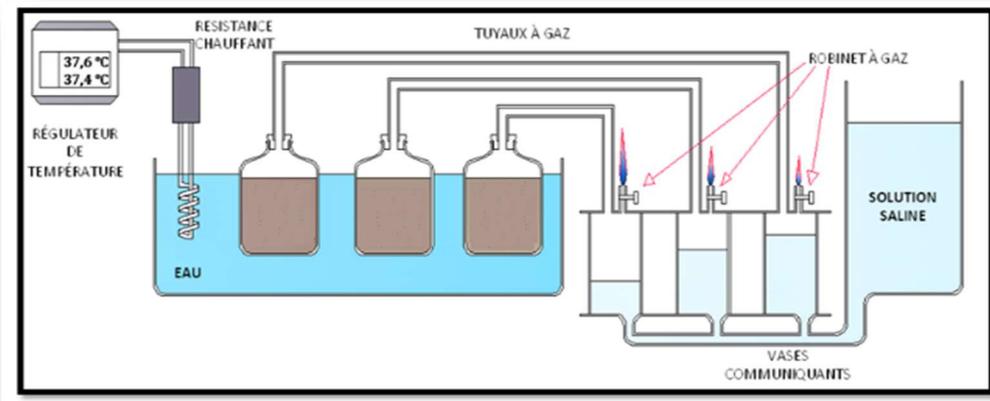


Photo 10: *Dispositif expérimental*

2.3 Matières premières

Les matières premières utilisées sont : le lisier porcin et l'eau du robinet

2.3.1 Lisier de porc



Photo 11: *Lisier de porc*

2.4 Méthodologies

La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail de recherches est à la fois qualitative et quantitative. Sa concrétisation à termes nécessite à priori par le passage à travers l'ordre chronologique des différentes activités suivantes :

- Etudes bibliographique et webographie ;
- Descente sur terrain : collecte de données et prise d'échantillon de déchets solides d'élevage porcin dans la commune d'Imerintsiatosika
- Détermination des caractères physico chimiques de l'échantillon : %MS, rapport C/N
- Travaux de laboratoire : détermination du pouvoir méthanogène de l'échantillon
- Analyse et traitement de données permettant de

- D'évaluer la ressource et les besoins en chauffage et en cuisson
- dimensionner l'installation de biométhane en adéquation avec les ressources disponibles quotidiennement

2.4.1 Ressources disponibles au niveau de la porcherie

La porcherie objet de chauffage dispose des ressources récapitulées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Ressources de la porcherie

Nombre de porcherie	Nombre de porcs par porcherie	Effectif total de porc	Déchets par jour (kg)
3	35	105	315

Source : propriétaire porcherie

Ce tableau fournit le nombre de porcs élevés au niveau de la porcherie ainsi que les déchets générés chaque jour au niveau de la porcherie.

2.4.2 Besoins de la porcherie

Pour assurer le bon fonctionnement de cette unité, le propriétaire utilise :

- 2 brûleurs : pour la cuisson des repas des employés : cuisson 3 fois par jour pour une durée d'1 heure par cuisson
- 6 Radiants de chauffage : 2 radiants par porcherie
- Nombre de Porcherie : 3

Le tableau 4 récapitule les besoins quotidiens de la porcherie

Tableau 4 : Besoins quotidiens de la porcherie

Appareils: cuisson/chauffage	Nombre	Consommation horaire en gaz de l'appareil (m ³ /h)	Durée utilisation (h)	Consommation journalière (m ³ /h)	Besoins énergétiques journaliers en gaz (m ³ /J)
Réchaud simple feu	1	1,6	3	4,8	4,8
2 Radiants de chauffage pour 3 porcheries	6	0,6	7	25,2	25,2
Total					30

La porcherie et la cuisson ont besoin de 30 m³/J de biogaz pour son fonctionnement.

3 RESULTATS

3.1 Résultats des essais d'expérimentation au laboratoire du département Energétique du CNRIT

La détermination du pouvoir méthanogène du lisier de porc au laboratoire du Cnrit a donné le résultat récapitulé dans le tableau 5.

Tableau 5 : Production de méthane par jour

Jour de prélèvement	Lisier du porc		Jour de prélèvement	Lisier du porc	
	Volume journalier (dm ³)	Volume journalier (dm ³)		Volume journalier (dm ³)	Volume journalier (dm ³)
1	0	0	10	0,15	8,562
2	0,65	0,65	11	0,25	8,812
3	1,04	1,69	12	1,7	10,512
4	1,92	3,61	13	1,7	12,212
5	1,85	5,46	14	1,5	13,712
6	0,48	5,94	15	1	14,712
7	1,02	6,96	16	1	15,712
8	1,32	8,28	17	1	16,712
9	0,132	8,412			

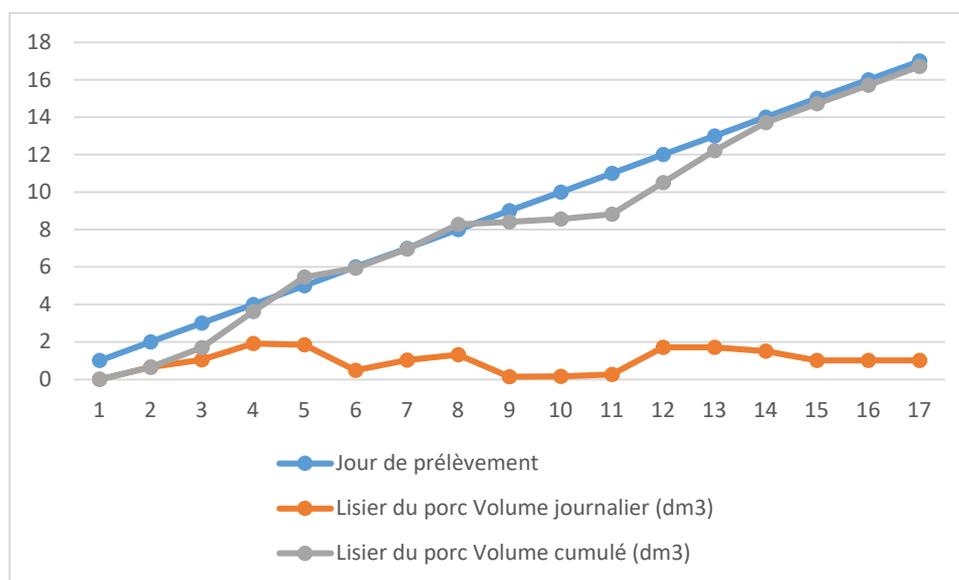


Fig. 1: graphe de production cumulée de biogaz à partir de lisier de porc

3.2 Pouvoir méthanogène du lisier de porc

D'après les valeurs précédentes, le potentiel méthanogène peut être tiré par la valeur optimale de la production journalière, le tableau 6 nous montre le pouvoir méthanogène du lisier de porc de la porcherie.

Tableau 6 : Pouvoir méthanogène du lisier de porc

Substrats	Poids(g)	Pouvoir méthanogène (m ³ CH ₄)	Pouvoir méthanogène journalier (m ³ CH ₄ /tonne)
Lisier du porc	1150	0,00192	1,66

Ce tableau montre que 1150 g de lisier de porc a un pouvoir méthanogène de 0,00192 m³ de méthane, soit 1,66 m³ de méthane par tonné de lisier de porc.

3.3 Dimensionnement du volume de digesteur

Deux approches ont été adoptées pour le dimensionnement du volume de digesteur de cette porcherie en dimensionnant le volume par rapport aux besoins de la porcherie. Ces deux approches concernent :

- le calcul empirique selon la méthode de Hashimoto
- le second correspond au résultat issu des travaux de laboratoire au CNRIT

Il est à préciser que le besoin de la porcherie pour la cuisson et le chauffage demande 30 m³/j de biogaz pour le bon fonctionnement.

3.3.1 Dimensionnement selon la méthode Hashimoto

Le tableau 7 informe le volume calculé à partir de la méthode Hashimoto (cfAnnexe)

Tableau 7 : Dimensionnement selon méthode Hashimoto

Masse de déchet disponible (kg/j)	Volume de biogaz produit par jour (m ³ /j)	Volume de biodigesteur (m ³)
315	13	38,236

Ce tableau montre que pour une masse disponible de 315 kg/j, le volume de biodigesteur approprié est de 38,236 m³. Cette masse de 315 kg produit par jour 13 m³ de biogaz.

3.3.2 Dimensionnement selon les résultats de laboratoire au Cnrit

Le tableau 6 ci-dessus informe le pouvoir méthanogène obtenu à partir d'un échantillon de lisier de 1150 g. Le suivi de la fermentation méthanique durant 17 jours a permis d'avoir la relation d'adéquation de la ressource avec le pouvoir méthanogène, c'est-à-dire pour 1 tonne de matière première, on aura 1,66 m³ de méthane. C'est à partir de cette relation avec un TRH de 45 jours qu'on a pu obtenir 24 m³ de biogaz par jour correspondant à un volume de biodigesteur de 38 m³.

3.3.3 Résultat comparatif du modèle Hashimoto et résultat de laboratoire

Le tableau 8 récapitule le résultat de l'étude comparative de calcul du volume de biodigesteur effectué par Hashimoto et résultat de laboratoire

Tableau 8 : Etude comparative résultat de laboratoire et résultat de Hashimoto

Résultat effectué à partir	Volume de biogaz produit selon la ressource disponible (m ³)	Volume de biodigester correspondant à la ressource disponible (m ³)	Volume biodigester correspondant au besoin de la porcherie (m ³)
travaux de Laboratoire	24	30	38
travaux de HASHIMOTO	13,004	38,236	89,44

4 INFRASTRUCTURE POUR LE BIODIGESTEUR

4.1 Infrastructure pour le biodigester à cloche flottante

Ce tableau récapitule l'investissement requis pour une installation de volume utile de 41 m³ avec une marge de 10% pour la réalisation en milieu réel.

Tableau 9 : Coût infrastructure

Installation de chantier			1 338 000
Repli de chantier			1 188 000
Terrassement et aménagement extérieur			536 189
Matières d'œuvre			
Travaux de génie civil			14 273 724
Construction métallique			6 090 000
Conduite de gaz			989 040
Peinture			290 930
Main d'œuvre			6 171 455
Suivi et assistance			3 969 194
Matériels de chantier : Location et confection			1 710 000
Transport et déplacement			1 800 000
Hébergement			1 460 000
			39 816 532

Ce tableau montre le coût de la mise en place de l'infrastructure de biodigester de 41 m³ approprié aux besoins journaliers de 30 m³ de la porcherie. Pour la mise en place, il en faut un budget de Ar 39 816 532.

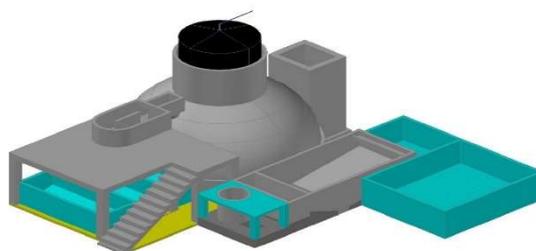


Figure 4 : schéma 3D du biodigester de 41 m³

4.2 Infrastructure pour le biodigester à bache sur nappe phréatique basse

Les tableaux suivants récapitulent l'investissement requis pour une installation de volume utile de 40 m³ du biodigester à bache sur nappe phréatique basse.

4.2.1 Matériel de construction

Tableau 10 : Coût des matériels de constructions

Matériel	Unité	Nombre	Prix unitaire (Ariary)	Prix total (ariary)
MATERIEL DE CONSTRUCTION				
Fer à 8	Barre	20	24 000,00	480 000,00
Ciment	Sac	98	42 000,00	4 116 000,00
Brique	Pièce	8000	140	1 120 000,00
Planche à 4m	Pièce	20	6 000,00	120 000,00
Bois rond à 4m	Pièce	30	6 000,00	180 000,00
Buse	Pièce	10	60 000,00	600 000,00
Clou	Kg	4	10 000,00	40 000,00
Gravillons	m3	6	80 000,00	480 000,00
White spirit	litre	10	4 000,00	40 000,00
TPG 20	Pièce	10	32 000,00	320 000,00
Agitateur	pièce	1	200 000,00	200 000,00
Sable	m3	12	53 000,00	636 000,00
Goudrons	kg	20	6 000,00	120 000,00
total matériel de construction				8 452 000,00

4.2.2 Matériel pour KIT Biogaz

Tableau 11 : cout des matériels pour kit Biogaz

MATERIEL KIT BIOGAZ				
Matériel	Unité	Nombre	Prix unitaire (Ariary)	Prix total (ariary)
Réchaud à gaz	Pièce	1	320 000,00	320 000,00
Radiant de chauffage	Pièces	6	850 000,00	5 100 000,00
Purificateur	Pièce	1	135 000,00	135 000,00
Pompe _à gaz	Pièce	1	1 400 000,00	1 400 000,00
Piège à eau	Pièce	1	40 000,00	40 000,00
Tuyaux de T	Pièce	3	5 000,00	15 000,00
Vanne d'arrêt	Pièce	3	5 000,00	15 000,00
Tuyauterie	m	50	6 000,00	300 000,00
Tuyau croix	Pièce	4	5 000,00	20 000,00
Tuyaux à gaz	m	20	15 000,00	300 000,00
Tuyau adaptateur	Pièce	6	6 000,00	36 000,00
Attache_de_Ø20	Paquet	2	20 000,00	40 000,00
Gir fix	Pièce	2	15 000,00	30 000,00
Matériel	Unité	Nombre	Prix unitaire (Ariary)	Prix total (ariary)
Coude	Pièce	10	85 000,00	850 000,00
Dôme bâche	Pièce	1	4 000 000,00	4 000 000,00
Corde	m	20	5 000,00	100 000,00
Total kit biogaz				12 701 000,00

4.2.3 Frais de construction

Tableau12 : Frais de construction

FRAIS DE CONSTRUCTION		
Maçonnerie	Forfaitaire (Ar)	Montant Total (Ar)
Approvisionnement		
Hébergement		
Déplacement		
Main d'œuvre		
Crédit téléphonique		
Installation kit	8 775 000,00	8 775 000,00

Le coût total pour la mise en place de l'infrastructure de biodigester à bache sur nappe phréatique basse est de Ar 29 928 000,00.

- Vue du biodigester à bache de volume utile 40 m³



Fig. 2 : Vue du biodigester à bache sur nappe phréatique basse de 40 m³

5 CONCLUSION

Madagascar est connu depuis longtemps de par sa richesse en ressources naturelles mais qui, dans la majorité, ne sont pas exploitées ou faiblement exploitées. Ce travail de recherche a pour objectif de valoriser les déchets solides d'élevage porcin pour satisfaire les besoins en cuisson et en chauffage d'une porcherie dans la commune rurale d'Imerintsiatosika, région Itasy. Les résultats de l'investigation ont prouvé que primo, produire du biogaz à partir du déchet solide d'élevage est faisable techniquement. La technologie appropriée pour la valorisation de ces déchets est la fermentation méthanique ; secundo la valorisation des 315 kg de lisier de porc de la porcherie permet de satisfaire ses besoins évalués à 30 m³ /j moyennant un biodigester à bache sur nappe phréatique basse de volume utile de 40 m³. Le choix de ce modèle est dû à l'emplacement de la porcherie situé à une hauteur élevée par rapport à la nappe phréatique. L'étude comparative du coût de l'infrastructure à mettre en place du biodigester à bache est plutôt moindre par rapport à celui de modèle à cloche flottante.

Pour conclure, la diffusion de ce modèle de biodigester à bâche sur nappe phréatique basse est un atout pour le devenir de la filière valorisation des déchets solides d'élevage dans les pays du sud non producteurs de pétrole et évidemment à l'atteinte de l'autonomie énergétique et par ricochet à la transition énergétique.

REFERENCES

- [1] BUGNICOURT J., 1981. Manuel de biogaz chinois. Paris : GRET, 125 p.
- [2] LAGRANGE B., 1979. BIOMETHANE : principes, techniques, utilisations. Aix-en-Provence : EDISUD, 2, 245 p.
- [3] BHATTACHARYA S.C., ABDUL SALAM P., 2002. Low greenhouse gas biomass options in the developing countries. *Biomasse & Bioenergy* 22, 305-317.
- [4] PUROHIT P., KUMAR A., RANA S., 2002. Using renewable energy technologies for domestic cooking in India: a methodology for potential estimation. *Renewable energy*, 26, 235-246.
- [5] VARAGNAT F., 1984. Maîtrise de l'énergie et développement. Paris : GRET, 313p
- [6] CNRIT, DUEN, 1990. Recherche et développement en énergies nouvelles et renouvelables. Symposium international sur les énergies nouvelles et renouvelables, 5-10 novembre 1990. Antananarivo, 400p.