



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
Département Elevage
B.P 175 Antananarivo - 101

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de
**MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES ET
ENVIRONNEMENTALES - Ingénieur Agronome**
Mention Sciences Animales

**Production de biogaz et impact du projet de
diffusion de digesteurs dans la région Anôsy**

Réalisé par

TIARO Gabriel Noah

Promotion **KINGATSA** 2010 - 2015

Les membres du jury :

Président du Jury: Professeur **RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène**

Examineurs : Professeur **RAKOTOZANDRINDRAINY Raphaël**

et Docteur **RANDRIANARIVELOSEHENO Arsène Jules**

Tuteurs : Docteur **RABEARIMISA Rivo Nirina PhD**

et Docteur **HANTANIRINA Herisoa Isabelle**

Soutenu le 04 Septembre 2015 à l'ESSA

REMERCIEMENTS

« Vous êtes la lumière du monde... Que votre lumière luise ainsi devant les hommes, afin qu'ils voient vos bonnes œuvres, et qu'ils glorifient votre Père qui est dans les cieux. »

Matthieu, chapitre 5, versets 14 et 16.

Ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé sans la collaboration et la contribution de plusieurs personnes à qui nous adressons nos vifs remerciements :

– Monsieur RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène, Professeur Titulaire à l'Université d'Antananarivo, Directeur scientifique de la formation doctorale de l'ESSA, Enseignant Chercheur au Département Elevage de l'ESSA, qui a bien voulu présider le jury de ce mémoire ;

– Monsieur RAKOTOZANDRINDRAINY Raphaël, Médecin Diplômé d'Etat, Microbiologiste, Professeur Titulaire et Enseignant Chercheur au Département Elevage de l'ESSA, notre examinateur ;

– Monsieur RANDRIANARIVELOSEHENO Arsène Jules, Docteur Ingénieur, Maître de Conférences et Enseignant Chercheur au Département Elevage, notre examinateur ;

– Monsieur RABEARIMISA RivoNirina, *PhD* en Alimentation Animale, Enseignant Chercheur à l'ESSA, Maître de Conférences et Chef du Département Elevage, pour ses cordiales directives en tant que tuteur de ce mémoire ;

– Madame HANTANIRINA Herisoa Isabelle, Docteur Ingénieur, Maître de Conférences et Enseignant Chercheur au Département Elevage, pour son dévouement à nous offrir son aide pour encadrer ce mémoire ;

– A l'ONG FAFAFI Manantantely Fort-Dauphin et tout le personnel, pour leur accueil chaleureux, les connaissances transmises et leur encadrement durant notre passage ;

– A toutes les familles bénéficiaires du projet FAFAFI Biogaz, pour leur accueil et collaborations qui ont facilité la réalisation de cette recherche ;

– A toute ma famille ainsi que toutes personnes, de près ou de loin d'une manière ou d'une autre, ayant contribué à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

GLOSSAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- I.1. Méthanisation
- I.2. Biogaz
- I.3. Digesteurs

II. MATERIELS ET METHODES

- II.1. Présentation de la zone d'étude
- II.2. Matériels
- II.3. Méthodes

III. RESULTATS

- III.1. Caractéristiques du biodigesteur familial
- III.2. Production de biogaz et optimisation
- III.3. Impacts du projet biogaz sur les conditions de vie des familles bénéficiaires
- III.4. Analyse SWOT du projet FAFABI BIOGAZ de FORT-DAUPHIN

IV. DISCUSSIONS ET SUGGESTIONS

- IV.1. Optimisation de la production de biogaz
- IV.2. Risques et mesures préventives liés à l'usage du biogaz domestique
- IV.3. Qualités et traitements des digestats
- IV.4. Points forts et contraintes de la technologie

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLES DES MATIERES

RESUME - FAMINTINANA –ABSTRACT

LISTE DES ABREVIATIONS

AGR	: Activité Génératrice de Revenu
ESSA	: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
FAFAFI	: FAnentananaFAmbolenaFIompiana
Hab	: Habitant
HAP	:HydrocarburesAromatiques Polycycliques
ID	: Initiative Développement
kPa	: kiloPascal
mBar	: milliBar
NMS	: Société Missionnaire Norvégienne (NorwegianMissionary Society)
NORAD	: Agencede Coopération Norvégiennepourle Développement
PCD	: Plan Communal de Développement
pH	: potentiel Hydrogène
PVC	: Polychlorure de vinyle
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
SWOT	:Forces Faiblesses Opportunités Menaces (StrengthsWeaknessesOpportunitiesThreats)

GLOSSAIRES

Biogaz : gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène.

Digestat: résidu de la digestion anaérobie se présentant en sortie du digesteur sous la forme d'un produit humide : liquide, pâteux ou solide.

Digesteur : nom donné au réacteur où se déroule la fermentation des déchets à forte teneur en matière organique. Il est composé d'une cuve étanche au gaz et isolée thermiquement.

Fosse de stockage du digestat : cuve à l'intérieur de laquelle le digestat est stocké temporairement avant son utilisation ultérieure.

Inoculum : matière première concentrée en microorganismes méthanogènes préparée pour enrichir un milieu à fermenter.

Méthanisation : dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène.

Substrat : matière organique destinée à la fermentation.

Temps de rétention : Temps de séjour de la matière organique dans le digesteur.

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 : <i>Processus de la méthanisation</i>	4
Figure n° 2 : <i>Digesteur à cloche flottante</i>	10
Figure n° 3 : <i>Digesteur à dôme fixe</i>	11
Figure n° 4 : <i>Digesteur Borda</i>	12
Figure n° 5 : <i>Carte indiquant les communes concernées par l'étude</i>	14
Figure n° 6 : <i>Digesteur (vue de profil)</i>	23
Figure n° 7 : <i>Digesteur (vue de haut)</i>	24

LISTE DES PHOTOS

Photo n° 1 : <i>Apports bénéficiaires</i>	15
Photo n° 2 : <i>Moules confectionnés et kits biogaz</i>	16
Photo n° 3 : <i>Orifices de sortie de gaz des kits</i>	17
Photo n° 4 : <i>Manomètre et Journal biogaz</i>	18
Photo n° 5 : <i>Déroulement des travaux de construction</i>	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1 : Différents groupes de bactéries de la méthanogenèse	5
Tableau n° 2 : Teneurs en constituants majeurs du biogaz (en % ou en ppm).....	7
Tableau n° 3 : Communes rurales concernées par l'étude.....	13
Tableau n° 4 : Consommation en gaz et performances des kits biogaz	25
Tableau n° 5 : Performance d'utilisation du biogaz par les familles.....	26
Tableau n° 6 : Evolution de la situation économique moyenne des familles bénéficiaires.....	32
Tableau n° 7 : Analyse SWOT du projet FAFIFI BIOGAZ.....	35

INTRODUCTION

Le domaine agricole se caractérise par des émissions importantes de méthane, un gaz à effet de serre à forte durée et pouvoir de réchauffement. Son émission provient des éructations et des pets des ruminants du fait de leur digestion et également du fumier et des lisiers composés d'excréments animaux (www.ecologie.gouv.fr, 2014).

Par ailleurs, chaque jour, 200km² de forêts disparaissent dans le monde pour satisfaire nos besoins agricoles, industriels et domestiques. Pour des pays du Sud, le bois ou le charbon de bois constituent la source d'énergie la moins coûteuse et/ou la plus accessible. D'après l'OMS en 2011, environ 2 millions de personnes meurent chaque année à cause des émanations de fumées des cuisinières. Des gouvernements ou des organismes ont alors financés des projets d'installation de digesteurs à biogaz familiaux un peu partout dans le monde (www.id-ong.org/er, 2014).

Le projet BIOGAZ est né de la coopération entre la NMS Chine (Société Missionnaire Norvégienne) et l'association bénévole AMITY FOUNDATION dans le cadre du programme de la protection de l'environnement surtout face à la situation alarmante de pénurie de bois de chauffe dans les zones rurales chinoises à partir des années 1980. En 2006, l'Etat chinois fit un grand pas dans le projet en instaurant le « Plan National de Construction Biogaz » ayant mené à la construction de 2000 biodigesteurs dans l'année.

En constatant la dégradation de l'environnement et la sérieuse menace qui pèse sur les forêts de la Grande Ile, la NMS a décidé de collaborer avec la NMS Madagascar par le biais de l'Eglise Luthérienne Malagasy. Le but est d'apporter à notre pays le même succès récolté par la NMS dans son programme de protection de l'environnement en coopération avec AMITY FOUNDATION. Ce projet Biogaz pour Madagascar est principalement financé par NORAD (Agence de Coopération Norvégienne pour le Développement) tandis que tout le savoir-faire et les équipements émanent de Chine. Trois Chef-Districts ont été alors choisis en vue de l'application du projet Biogaz 2012-2014: Antsirabe, Fianarantsoa et Taolagnaro. Le prestataire s'avère être l'ONG FAFABI, une branche du département Développement de l'Eglise Luthérienne Malagasy. La présente étude s'est opérée au niveau des installations biogaz exécutées par FAFABI Taolagnaro.

Introduction

D'une part, l'élevage de bœufs occupe une place importante dans la vie des paysans malagasy et généralement, le parc se situe à proximité de la maison. D'autre part, les familles rurales dépendent des ressources forestières pour leur besoin quotidien alors que celles-ci sont de plus en plus menacées de raréfaction. Les fumiers se trouvent donc sous-exploités puisque ce sont de la matière organique pouvant être valorisée en biogaz grâce à un biodigester familial. Cette valorisation a été rendue possible par l'exécution du projet FAFABI Biogaz. Comment s'effectue alors la production de biogaz familial et quels sont les impacts du présent projet sur les ménages bénéficiaires?

Cette étude a déterminé comme principal objet de dégager l'importance de ce projet d'investissement dans l'implantation de digesteurs à biogaz familiaux. Il a été émis en amont des investigations que la fermentation anaérobie de bouses bovines mélangées à l'eau permet une production de biogaz et que cette production de biogaz dépend de la qualité et de la quantité de déjections ensuite, que les familles bénéficiaires du projet trouvent leurs conditions de vie améliorées, et enfin, que les digestats peuvent augmenter le rendement agricole en tant que fertilisants.

Cet ouvrage rapporte alors d'emblée une partie étude bibliographique concernant le biogaz et ses principes suivie d'une partie matériels et méthodes s'étalant sur les matériels utilisés et la méthodologie appliquée dans l'atteinte des objectifs de recherche. Ensuite, la partie résultats va aborder d'une manière ordonnée les fruits des recherches sur les digesteurs domestiques ainsi que les impacts du projet. Enfin, avant de conclure, une partie discussions et suggestions évoquera toutes les analyses et les suggestions d'amélioration vis-à-vis des résultats découlant de l'étude.

PARTIE I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Le biogaz est une source d'énergie renouvelable. Il est produit de façon naturelle, lors de la dégradation anaérobie de matières fermentescibles. L'homme utilise depuis longtemps le biogaz. Désireux d'avoir cette source d'énergie plus disponible, il a cherché à produire du biogaz en provoquant la méthanisation de biomasse dans des bioréacteurs ou digesteurs.

1. Méthanisation

La méthanisation ou biométhanisation, appelée encore fermentation méthanique ou digestion anaérobie, est un processus anaérobie stricte de conversion d'un substrat carboné en acides gras volatils, acides organiques, alcools, gaz carbonique et hydrogène puis finalement en méthane (OLLIVIER, 1987). Ceci sous l'action d'un ensemble extrêmement complexe d'espèces bactériennes qui, dans des conditions d'environnement bien précises forment des associations stables. La méthanisation peut également être définie comme étant la minéralisation d'un substrat complexe, contenant généralement des carbohydrates, des lipides, des protéines, des composés azotés non protéiques, des sels et matériaux non fermentescibles, pour aboutir à la formation de gaz (CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3), de corps microbiens, de déchets stabilisés et déshydratés, et d'eau (HAMDI, 1991).

1.1. Description du processus de la méthanisation

La méthanisation se déroule en quatre grandes étapes : une réaction d'hydrolyse des substrats en premier lieu, puis une réaction d'acidogénèse, suivie d'une réaction d'acétogénèse, enfin la réaction de méthanogénèse. Ces quatre phases du processus sont indissociables et forment la digestion anaérobie de la matière organique, comme décrite dans la Figure n°1.

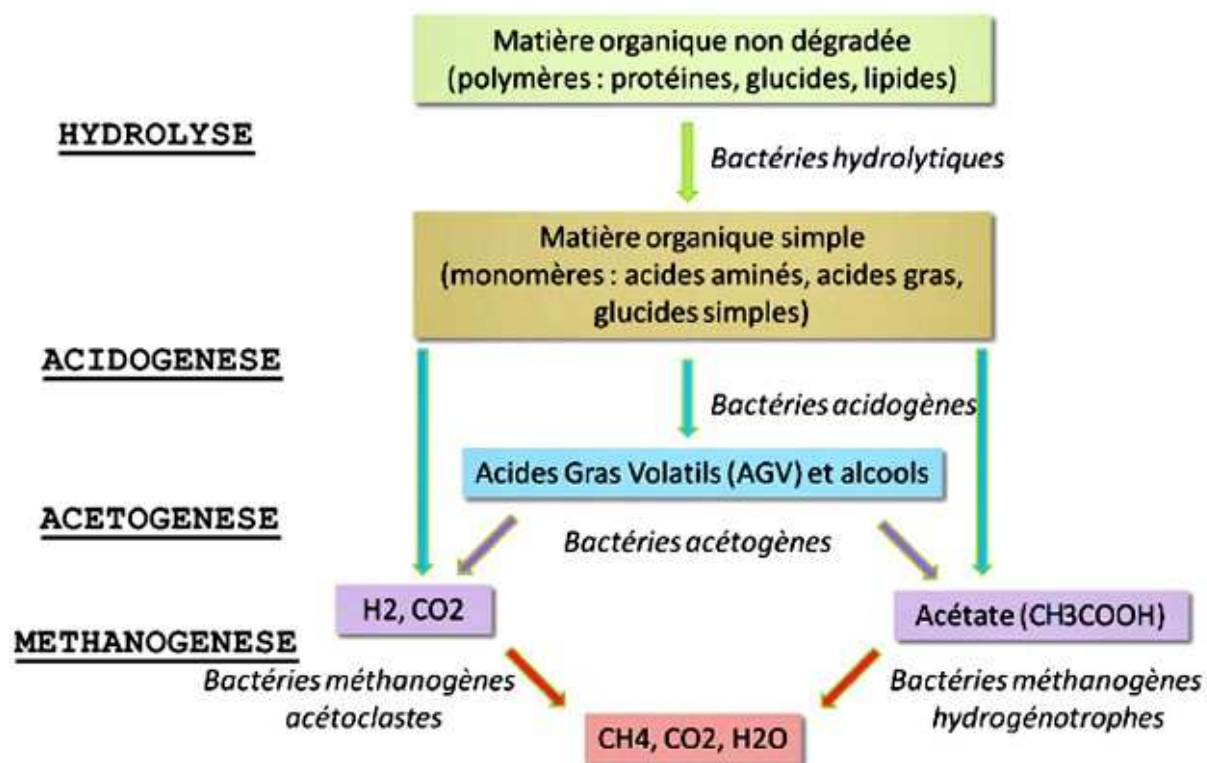


Figure n° 1 : *Processus de la méthanisation*

Source : DELFOSSE, 2011

1.1.1. *Hydrolyse*

L'hydrolyse est la dépolymérisation par hydrolyse des longues chaînes de polysides, lipides, protides, et scission en sucres simples, acides gras, peptides et acides aminés (RAMAMPIHERIKA, 1997).

1.1.2. *Acidogenèse*

L'acidogenèse est une première fermentation des produits issus de l'hydrolyse, avec une production d'une large gamme de molécules organiques (acide acétique, dihydrogène, dioxyde de carbone, des composés monocarbonés, des acides gras plus complexes que l'acide acétique) (DELFOSSE, 2011).

1.1.3. *Acétogenèse*

L'acétogenèse ou formation d'acétate est une étape indispensable à la conversion complète d'un substrat complexe. Elle intervient après l'hydrolyse et la fermentation des polymères

Partie I. Etude bibliographique

(lactate, éthanol, propionate, butyrate, valérate, acides gras à longue chaîne, composés aromatiques), et transforme les métabolites issus de celles-ci en précurseurs directs du méthane (acétate et un mélange gazeux $H_2 + CO_2$) (MANOELY, 2011).

1.1.4. Méthanogenèse

La méthanogenèse constitue la dernière étape de dégradation anaérobie de la matière organique. Les microorganismes qui réalisent cette étape sont des archaebactéries. Il existe deux groupes de bactéries méthanogènes, les hydrogénotrophes (qui utilisent H_2 et CO_2) et les acétoclastes (qui utilisent l'acide acétique). Dans les deux cas, elles vont réduire leur substrat en méthane. La composition moyenne du biogaz ainsi produit est un mélange de CH_4 (environ 60%) et de CO_2 (environ 40%) avec des traces de H_2S , de NH_3 et de H_2 (DELFOSSÉ, 2011).

1.2. Microbiologie de la digestion anaérobie

La dégradation de la matière organique en méthane repose sur une interaction stable et complexe de différents groupes de bactéries. Ces dernières sont réparties en quatre groupes trophiques bien distincts décrits dans le Tableau n°1 (OLLIVIER, 1987).

Tableau n° 1 : Différents groupes de bactéries de la méthanogenèse

	Groupe I	Groupe II	
Types	hydrolytiques	acidogènes	acéto
Caractéristiques	anaérobies facultatives	anaérobies	anaé
Quelques genres	<i>Lactobacillus</i> , <i>Propionibacterium</i> <i>Sphingomonas</i> et <i>Megasphaera</i>	<i>Clostridium</i> <i>Ruminococcus</i> et <i>Paenibacillus</i>	<i>Desul</i> <i>Amin</i>

Source: DELFOSSÉ, 2011

1.3. Résultats de la digestion

La méthanisation a pour principal résultat le biogaz. Parallèlement, il y a également production de résidus organiques solides appelés digestats qui sont riches en éléments fertilisants et en azote ammoniacal (MANOELY, 2011), les rendant intéressants pour

l'agriculture. Les digestats ont effectivement des effets positifs sur la qualité aussi bien chimique et microbienne des propriétés du sol (MIGNON, 2009).

2. Biogaz

Le biogaz peut être défini comme étant un mélange de méthane (CH₄), d'anhydride carbonique (CO₂) et d'autres types de gaz en proportion variable (POULLEAU, 2002). Il est issu de la fermentation anaérobique de la matière organique.

2.1. Paramètres physico-chimiques

2.1.1. Température

La production de méthane est exploitable à partir de 15°C et elle augmente rapidement à 20°C (TOU *et al.*, 2001). La méthanisation peut se développer dans trois plages thermiques distinctes : psychrophile (inférieure à 20°C), mésophile (20-45°C, optimum 35°C) et thermophile (45-60°C). La fermentation méthanique ne se développe plus ni en-dessous de 10°C, ni au dessus de 65°C (RAMAMPIHERIKA, 1997).

2.1.2. pH

Il faut veiller à maintenir le pH dans une zone voisine de 7. Le pH optimal se situe entre 6,5 et 8,0. Si pour une raison indéterminée, le pH tombe au-dessous de 6,6, une inhibition significative de la méthanogénèse intervient (TOU *et al.*, 2001).

2.1.3. Anaérobiose

Si la phase préalable à la méthanogénèse peut se dérouler en présence d'air, la phase méthanogène ne peut se développer qu'en absence d'oxygène (TOU *et al.*, 2001).

2.1.4. Humidité

Comme pour toute activité biologique, la présence d'eau est indispensable. L'humidité minimale est de 60 à 70%. Dans tous les cas, l'humidité des déchets doit être suffisante pour que l'hydrolyse, première étape de la méthanisation, puisse se dérouler normalement. Si au contraire l'humidité est insuffisante, l'acidification se fait trop vite au détriment de la méthanisation. De ce fait, le substrat organique doit être très dilué : 85 à 90% d'eau avec 10 à 15% de matière sèche (TOU *et al.*, 2001).

Partie I. Etude bibliographique

2.1.5. Facteurs nutritionnels

Les exigences nutritionnelles des bactéries méthanogènes permettent de les distinguer de l'ensemble des autres bactéries. Globalement, leurs milieux de culture doivent avoir des teneurs en C, N et P dans la proportion 100 - 5 - 1 ou 100 - 4 - 1. Ces bactéries consomment à peu près 30 fois plus de carbone que d'azote, si bien qu'un rapport C/N compris entre 25 et 30 est optimum, il est donc recommandé d'utiliser les déjections des animaux domestiques et de la ferme, ainsi que les excréments humains qui ont un bon rapport C/N (TOU *et al.*, 2001).

2.1.6. Agitation

Une bonne agitation permet d'éviter la production de croûtes et la décantation de particules denses, elle facilite en particulier la dégazéification des boues en accélérant la coalescence des bulles produites à la surface du floc (TOU *et al.*, 2001).

2.2. Composition chimique du biogaz

2.2.1. Constituants principaux

Les constituants majoritaires du biogaz sont CH₄, CO₂, H₂O, H₂, N₂, CO et H₂S. Les proportions respectives de ces composés sont données dans le Tableau n°2, résultats des recherches et analyses de POULLEAU (2002) sur cinq types de biogaz d'origines différentes.

Tableau n° 2 : Teneurs en constituants majeurs du biogaz (en % ou en ppm)

Constituants majeurs	Origines du biogaz ou substrats de la méthanisation				
	Rejets d'Industrie dePapeterie	Ordures Ménagères	Boues de Station d'Épuration	Centre de Tri et Compostage	Lisier de Porc
CH ₄	79	50,2	67,6	48,7	64,6
CO ₂	14,8	41,6	30,9	48,9	24,7
H ₂ O	13,9	15,2	13,3	14,4	13,7
H ₂	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,05	< 0,002
N ₂	3,08	1,12	0,5	0,41	5,63
CO (ppm)	12	5	22	10	28
H ₂ S (ppm)	720	160	18	280	1510

Source : POULLEAU, 2002

2.2.2. Constituants annexes

Les constituants annexes sont formés par des composés en proportions plus faibles tels que les composés organiques volatils, les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), les composés halogénés, soufrés et les métaux lourds qui peuvent avoir des effets toxiques et corrosifs en particulier pour les installations de production.

2.3. Utilisations et valorisations du biogaz

Le biogaz peut être utilisé comme source d'énergie pour des usages familiaux, agricoles ou même industriels. Il peut être utilisé soit directement comme combustible, soit comme source d'autres types d'énergie, mécanique ou électrique selon les besoins (MANOELY, 2011).

2.3.1. Cuisson

L'utilisation du biogaz comme combustible pour la cuisson requiert des brûleurs spécialement conçus à cet effet, ou bien des brûleurs fonctionnant au propane et au butane mais adaptés, en jouant sur le diamètre du gicleur et sur l'entrée d'air.

2.3.2. Eclairage

L'utilisation du biogaz pour l'éclairage nécessite des lampes à manchon avec une lumière douce. Le gaz qui brûle au bout d'un diffuseur sur lequel est appliqué un manchon, produit la chaleur nécessaire pour porter ce dernier à incandescence, et le faire rayonner.

2.3.3. Motorisation

Le biogaz peut servir de carburant pour alimenter un moteur à poste fixe ou mobile. L'énergie mécanique produite par la combustion du biogaz dans un moteur peut être utilisée directement pour assurer la production d'énergie motrice ou pour faire tourner un générateur pour la production d'électricité. Le biogaz peut alimenter aussi bien les moteurs à compression (Diesel) qu'à allumage. Ce dernier est modifié, par l'utilisation d'un carburateur à gaz, pour fonctionner au biogaz.

3. Digesteurs

Les digesteurs sont des installations techniques et matérielles fournissant des conditions physico-chimiques, hydrodynamiques et écologiques favorables au développement des agents microbiens responsables de la digestion anaérobie de la matière organique et à l'action de leurs enzymes, permettant ainsi de produire du biogaz (MANOELY, 2011).

Les digesteurs peuvent être de type expérimental de laboratoire ou digesteur d'exploitation selon leur dimension, mais aussi à chargement discontinu, semi-continu et/ou continu selon leur style de conception. Il existe plusieurs types d'installations de digesteurs, selon le type et l'abondance des substrats, mais les plus rencontrés sont les digesteurs à cloche flottante, à dôme fixe et Borda (MANOELY, 2011).

3.1. Digesteurs à cloche flottante

C'est un modèle de digesteur dont le réservoir de stockage de gaz est une cloche se situant à la partie supérieure et qui flotte grâce à l'anneau d'eau d'étanchéité (Figure n°2). La chambre de digestion est en dessous, la construction est simple et ne nécessite pas de main d'œuvre spécialisée. Le contrôle de la digestion est facile, la pression de gaz stable, l'alimentation en matière organique et la sortie des résidus de la fermentation ne requiert pas de manutention. L'unique inconvénient de ce type de digesteurs réside dans le coût élevé du réservoir de gaz.

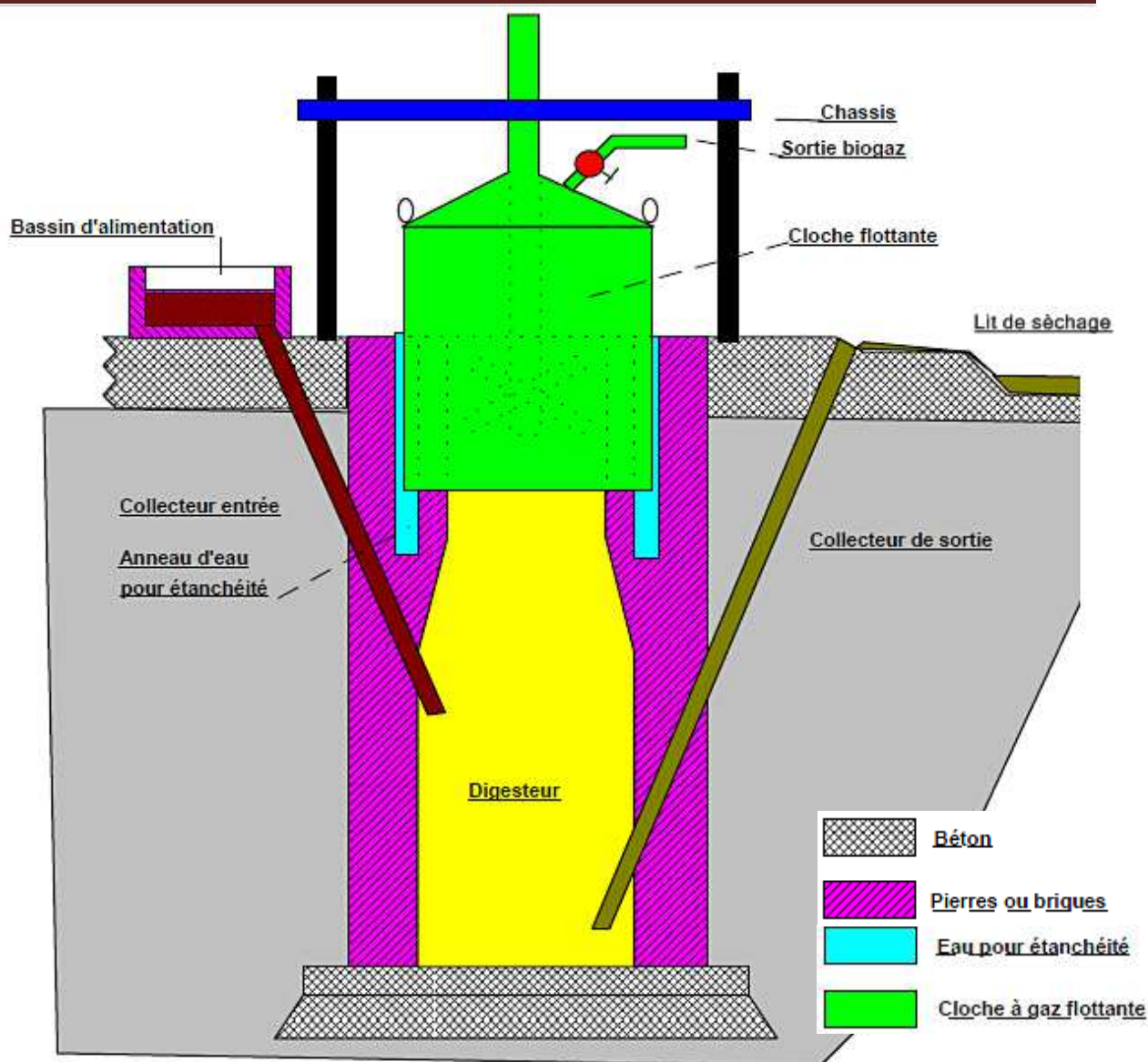


Figure n° 2 : Digesteur à cloche flottante

Source : CAFIPOC, 1996

3.2. Digesteurs à dôme fixe

Pour les digesteurs à dôme fixe (Figure n°3), le gaz est emmagasiné dans la partie supérieure hémisphérique de la chambre de digestion. Le dôme doit être hermétique au gaz, ainsi il peut être revêtu d'un enduit de mortier et d'un enduit de silicate de sodium. L'un des principaux problèmes des digesteurs à dôme fixe est la fuite de gaz. Par contre, la simplicité est son principal avantage qui fait essentiellement appel à des matériaux de construction généralement disponibles localement même dans les pays les plus démunis. Un autre inconvénient réside dans la nécessité d'alimenter manuellement le biodigesteur en matière organique fraîche de même pour le transfert des boues fermentées.

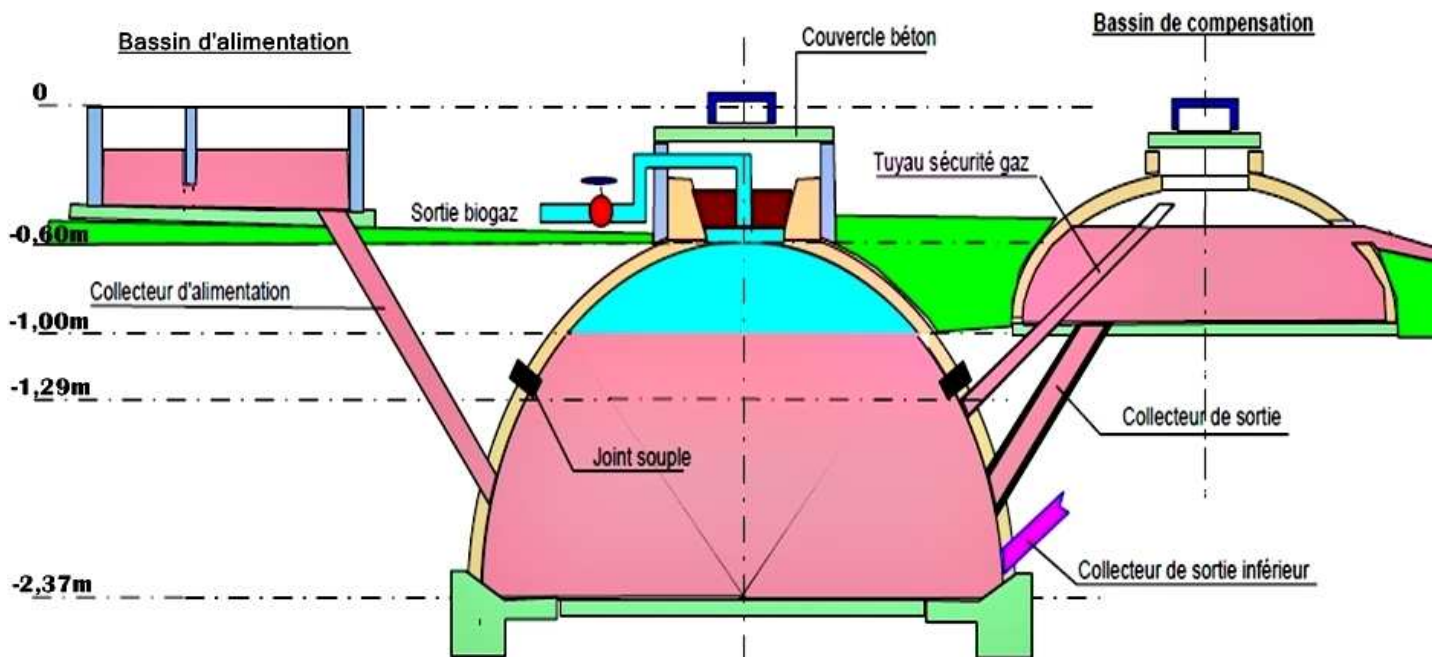


Figure n° 3 : *Digesteur à dôme fixe*

Source : CAFIPOC, 1996

3.3. *Digesteurs Borda*

Il s'agit d'un digesteur combinant les avantages des digesteurs indiens cylindriques à cloche flottante et des digesteurs à dôme fixe (Figure n°4). La chambre de digestion est sphérique avec une partie cylindrique au sommet du dôme renfermant un réservoir de stockage de gaz flottant.

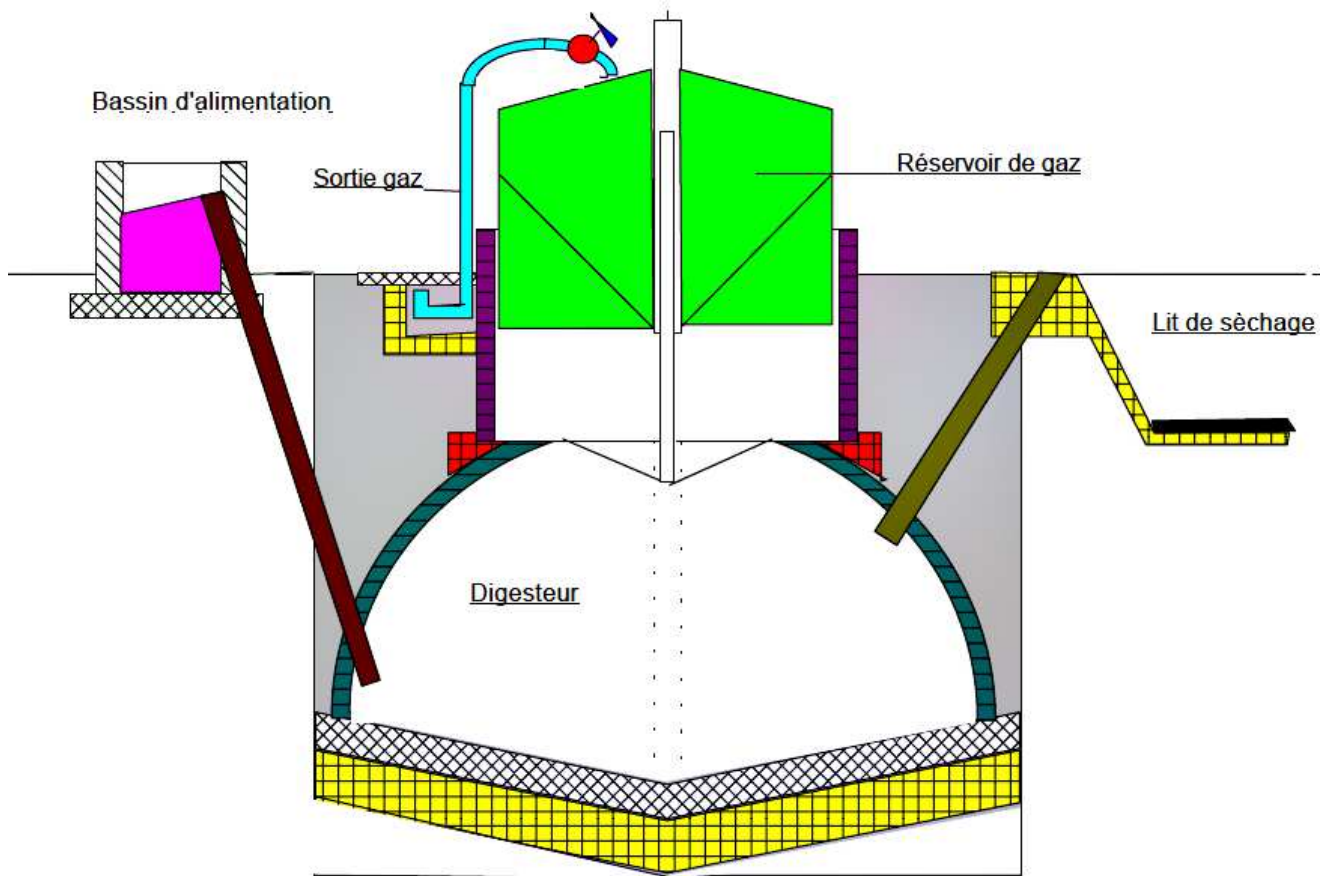


Figure n° 4 : *Digesteur Borda*

Source : CAFIPOC, 1996

PARTIE II. MATERIELS ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude

La présente étude a été effectuée auprès de ménages bénéficiaires du projet FAFABI Biogaz dans le District de Taolagnaro, Région Anôsy. Ces ménages se répartissent dans cinq communes différentes. Les communes concernées sont la Commune Urbaine de TOLAGNARO et quatre Communes Rurales qui sont SOANIERANA, MANAMBARO, ANKARAMENA et AMPASY NAHAMPOANA. La Figure n°5 montre une carte indiquant clairement la localisation de ces communes au niveau du District de Fort-Dauphin.

La commune rurale la plus proche du District de TAOLAGNARO s'avère être celle d'AMPASY NAHAMPOAHANA avec 7km de distance vers l'Est, suivi de SONIERANA distant de 12km en regagnant la RN13, puis au tour de MANAMBARO avec ses 25km de distance et enfin la Commune Rurale d'ANKARAMENA éloignée de 30km. Ses communes ont chacune leurs caractéristiques géophysiques, démographiques et économiques que le Tableau n°3 présente succinctement.

Tableau n° 3 : Communes rurales concernées par l'étude

COMMUNES RURALES	AMPASY NAHA/NA	SONIERANA	MANAMBARO	ANKARAMENA
Superficies (km ²)	87	80	195	64
Populations (hab)	5600	5432	20863	12666
Fokontany	3	6	11	12
Cheptel bovin	1254	710	2536	4013
Production rizicole (tonne/an)	980	1685	800	1428
Source d'électricité	Néant	Néant	Néant	Néant
Source d'eau	Puits, rivière	Puits, rivière	JIRAMA, puits, rivière	Puits, rivière

Source : PCD, 2005

Partie II. Matériels et méthodes



Figure n° 5 : Carte indiquant les communes concernées par l'étude

Source :PCD, 2005

2. Matériels

2.1. Matériaux, matériels et main d'œuvre

Pour la construction d'une unité de production biogaz de 10m³, les matériaux suivants ont été rassemblés par la famille bénéficiaire :

- 1500briques
- 3,5m³ de gravillonnettes
- 1m³ de sable fin
- 3,5m³ de sable de rivière



Photo n° 1 : Apports bénéficiaires

Source : Cliché Auteur, 2014

Outre ces matériaux de construction, le foyer bénéficiaire a du fournir une main d'œuvre de 04personnes en permanence et de 06autres pendant la réalisation du béton. Cette main d'œuvre a servi d'assistance au maçon. La famille devait disposer d'outils de travail tels que des bêches, des pelles et des seaux. La famille s'est également chargée d'héberger, de nourrir et de rémunérer le maçon mais dans le cas de deux maçons, le salaire du second a été réglé par le projet. Les maçons ont été formés pour être techniciens biogaz.

Les autres matériaux et matériels de construction ont été à la charge du projet : 32sacs de ciments, 04barres de fer 8, un tuyau PVC 200, 1kg de fil recuit, 10m de gaine plastique, 05pinceaux, 03sachets de sécalite, 10lames de scie, 05bidons, 02cuvettes, un fût, des cordes ficelles, des planches, 05croches, 05piles et des attaches de 18 et de 8. Tous ces matériaux et matériels ont été exigés pour la construction d'un digesteur atteignant 10m³.

Partie II. Matériels et méthodes

2.2. Moules et kits biogaz

Un ensemble de moules confectionnés et des kits biogaz se sont ajoutés aux apports que le projet ont pris en charge pour la construction et l'installation de chaque unité de production biogaz. Ces moules ont été utilisés dans la construction en béton de tous les digesteurs. Les kits biogaz octroyés par chaque installation ont été composés d'un rouleau de tuyau de 50m, d'une pipe, d'un filtreur, d'un manomètre, d'un réchaud à gaz, d'un cuiseur à riz, de quatre lampes à manchon ainsi que des accessoires nécessaires à l'installation de l'ensemble des kits (vannes ou robinets, coudes, dérivations en « T », fils à gaz, connecteurs de tuyaux et de fils, attaches, etc.). La Photo n°2 ci-dessous présente les moules et les kits indispensables pour les installations biogaz.



Photo n° 2 : Moules confectionnés et kits biogaz

Source : Cliché Auteur, 2014

Les kits biogaz ont été fabriqués en Chine. Le réchaud, le cuiseur à riz et les lampes ont été munis d'orifices de sortie par lesquels est brûlé le gaz. Ces orifices ont été disposés différemment pour chacun de ces appareils. Pour le réchaud, chaque feu a été doté de deux cercles d'orifices. Le cuiseur quant à lui, a été pourvu d'un cercle d'orifices de sortie de gaz se trouvant à l'intérieur. Pour les lampes, des petits cercles d'orifices ont été placés au niveau du diffuseur. Sur la partie inférieure de ce dernier a été accroché le manchon. Ces dispositions sont illustrées par la Photo n°3 ci-après.

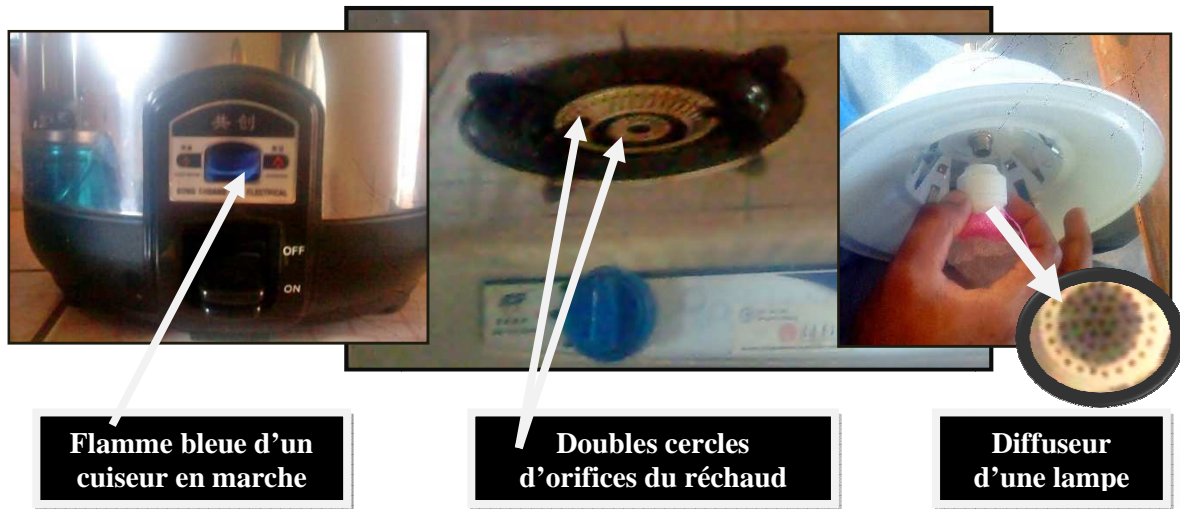


Photo n° 3 : Orifices de sortie de gaz des kits

Source : Cliché Auteur, 2015

2.3. Approvisionnements en fumier

Pour la majorité des 18 sites de production de biogaz domestique, le parc s'est situé à proximité de l'habitation mais les distances ont varié d'un site à l'autre (distances réelles) :

- Pour 05/18, le parc est situé à moins de 25m de la maison
- Pour 04/18, celui-ci a été aux environs de 50m autour de la maison
- Pour 04/18, il s'est trouvé dans les 100m autour du foyer
- Pour 03/18, il est situé à plus de 500m de l'habitation.

Pour les 02 sites restants, l'approvisionnement s'est effectué par collecte auprès d'éleveurs dans les Fokontany environnants. Le nombre de bœufs par famille a pu aller de 02 têtes à plus d'une trentaine.

2.4. Equipements de terrain

Les équipements de terrains qui ont été utilisés sont : un carnet de note, un appareil photo et des outils de travail tels que marteau, tournevis, ciseau, scotch et des petits accessoires de kits biogaz (fil transparent, vanne, manchons pour lampe, attaches, coudes, connecteurs de tuyau etc.).

Partie II. Matériels et méthodes

2.5. Outils de suivis

Le manomètre des kits biogaz et le Journal biogaz (Photo n°4) de chaque site ont servi d'outils de suivis de la production biogaz et des performances des kits. Pour les suivis des familles, des fiches d'enquêtes pour chaque famille bénéficiaire ont été élaborées.



Date	Ora	P²	F	J	AC	
9:00	4	1	x	x		Taboana
9:30	3	1	x	x		
10:00	3	x	x	1		Kafu
10:30	2,5	x	x	1		
14:00	3,5	x	x	1		Rano
14:30	3	x	x	1		
18:00	3,5	x	x	1		
21:00	00	x	5	x		
27.02	10:30	3	x	x	1	Rano
	11:00	2,5	x	x	1	
	15:30	5,5	1	x	x	Akoho mamahana
	16:45	3,5	1	x	x	
	19:00	4	x	5	x	
	21:00	1,5	x	5	x	
28.02	7:00	6	x	x	1	Rano
	7:30	5,5	x	x	1	
	8:00	5,5	x	x	1	Kafu
	8:30	5	x	x	1	
	9:00	5	x	x	1	Kano
	9:30	4,5	x	x	1	
	10:00	4,5	x	x	1	Vany

Photo n° 4 : Manomètre et Journal biogaz

Source : Cliché Auteur, 2015

3. Méthodes

3.1. Travaux sur terrain

L'étude s'est déroulée durant les trois derniers mois du projet FAFABI Biogaz (Octobre Novembre et Décembre 2014) durant lesquels ont été effectuées 10 dernières constructions. Elle s'est prolongée jusqu'au début du mois de Mars 2015. Les travaux sur terrain ont été composés de 5 étapes avec des calendriers distincts d'une famille à une autre:

- Phases préliminaires (15-20jours)
- Travaux de construction (04-08jours)
- Suivis du chargement (15-40jours)
- Scellement du digesteur et l'installation (02-03jours)
- Suivis après installation (45jours et plus)

Partie II. Matériels et méthodes

Etape 1 : Phases préliminaires

Cette étape a consisté en la planification des activités à accomplir et la préparation des bénéficiaires. Les familles intéressées par le projet sont entrées en contact avec le technicien. Ce dernier leur a expliqué en quoi consistait le projet en mettant l'accent sur les conditions requises, les apports bénéficiaires ainsi que tous les travaux y afférents. Une fois que la famille a donné son approbation et que les conditions préalables ont été remplies, le piquetage de l'emplacement du digesteur est effectué. La famille commençait à creuser et un délai leur est donné pour réunir tous les apports bénéficiaires.

Les conditions préalables que la famille a du remplir ont été : la possession de bœufs (au moins 02têtes) sinon de porcs (04-05têtes), un emplacement convenable du digesteur (près de l'habitation, exposé au soleil toute l'année) et une source d'eau à proximité ainsi que la main d'œuvre. Cette première étape s'est terminée par une dernière visite de l'excavation et de son ajustement si nécessaire puis une vérification des apports bénéficiaires.

Etape 2 : Travaux de construction

Tous les digesteurs ont été construits d'un procédé unique issu du système chinois mentionné dans *The management and maintenance of Rural Household Biogas System* (SUILIAN, 2012) avec quelques adaptations et améliorations pour Madagascar.

Les travaux de construction illustrés par la Photo n°5 se sont déroulés comme suit:

- Elévation du rejet **(1)**
- Installation des moules **(2)**
- Mise en béton du digesteur **(3)**
- Décoffrage **(4)**
- Confection des couvercles pour : digesteur, rejet et alimentation **(5)**
- Enduit externe et interne du digesteur **(6)**
- Confection de l'alimentation **(7)**
- Finition des enduits du digesteur et du rejet **(8)**
- Mise en place des couvercles **(9)**

Partie II. Matériels et méthodes



Photo n° 5 : Déroulement des travaux de construction

Source : Cliché Auteur, 2014

Etape 3 : Suivis du chargement

Il s'agissait ici d'initier la famille bénéficiaire au chargement du digesteur. Ce dernier devait être rempli de 4000 litres d'eau (200 bidons de 20 litres). Cette même quantité d'eau a été recueillie et utilisée à chaque mélange eau + fumier avec deux volumes d'eau pour un volume de fumier. Le mélange a été ensuite versé à l'alimentation. Et l'opération a été répétée jusqu'à ce que la quantité de fumier déversée atteigne environ 3 tonnes (100 bidons de 20 litres). Les suivis du chargement ont été effectués 2 à 3 fois par semaine par site.

Etape 4 : Scellement du digesteur et installation

Cette étape a été entamée quand le chargement du digesteur s'avérait en cours de finition. Le scellement du digesteur est une étape primordiale. Il nécessitait de l'argile mélangée à une petite quantité de ciment. L'argile était à recueillir la veille du scellement ou deux jours avant. Fraîchement obtenue, celle-ci devait être constamment trempée d'eau.

Partie II. Matériels et méthodes

Au moment du scellement, il a été impératif de bien dégager les terres et les débris qui se mêlaient à l'argile avant de la mélanger au ciment. Le couvercle du digesteur a été ensuite imprégné de ce mélange sur la surface qui va se trouver dans le digesteur ainsi que sur toute la surface latérale. Cette imprégnation consistait à prendre l'argile par poignées de main, à lancer ses poignées sur le couvercle et à ajuster l'épaisseur de la couche d'argile. Puis, le couvercle est soulevé et soigneusement déposé en orientant la pipe (sortie du gaz) vers la cuisine. Il fallait ensuite rabaisser le couvercle. Deux personnes munies d'un grand pilon (« akalo ») chacune se tenaient au-dessus du dôme. Elles rabaisaient le couvercle en lui donnant simultanément des coups. L'argile sur la surface latérale se trouvait ainsi pressée et débordait vers le haut. (*Annexe VII*)

Le scellement a été achevé par l'imprégnation d'argile sur la partie supérieure du couvercle après avoir connecté le tuyau et la pipe. A la fin, le dessus du couvercle a été rempli d'eau pour éviter le dessèchement de l'argile et pour servir de témoin d'une quelconque fuite de gaz. (*Annexe VII*)

Le travail a été poursuivi sans plus attendre à l'installation des kits. En premier lieu, juste à deux mètres du dôme a été placé le décanteur (filtreur d'eau). Ensuite, l'installation a été continuée par la mise en place du manomètre. Puis, le réchaud, le cuiseur à riz, la lampe de la cuisine ainsi que les lampes des autres pièces de la maison ont été installés. Notons que chaque kit a son système d'allumage: intégré pour le réchaud, de même pour le cuiseur mais nécessitant une pile et pour les lampes, il s'agit d'un interrupteur fonctionnant à l'aide d'une pile et émettant du courant lorsqu'il est maintenu appuyé.

Etape 5 : Suivis après installation

Effectués 2 à 3 fois par semaine en attendant la production de gaz, ces suivis ont eu pour première nature d'apprendre l'emploi du biogaz aux familles bénéficiaires. Il a été important de mettre l'accent sur les mesures de sécurité et de rassurer les usagers dans l'utilisation du biogaz dans leur vie quotidienne. Lorsque le système a été fonctionnel, des suivis sur l'utilisation du biogaz et sur le chargement du digesteur ont été effectués. Les familles ont été peu à peu formées à ne plus dépendre du technicien mais dans le cas d'un problème difficile à résoudre, elles peuvent toujours contacter le technicien pour y remédier. Dans cette étape sont situés les suivis de l'évolution des conditions de vie de la famille par le biais d'enquêtes.

Partie II. Matériels et méthodes

Afin de concrétiser ces suivis, il a été distribué à chaque famille bénéficiaire dont le biogaz est opérationnel un cahier d'enregistrement de l'emploi du biogaz appelé Journal Biogaz (Photo n°4). Outre les pointages d'usage du biogaz et d'alimentation du digesteur, toutes remarques et observations constatées par la famille ainsi que les alternatives prises à l'encontre d'éventuels problèmes ont été insérées dans ce journal.

3.2. Méthodes d'enquêtes et d'observations

Les enquêtes étaient des moyens pour collecter des informations de base concernant les familles bénéficiaires. Il s'agissait de discussions ouvertes avec des questions préétablis par l'enquêteur. Les enquêtes ont débuté depuis l'entretien avec les familles lors des phases préliminaires. A ce stade, les informations recueillies concernaient les familles, leurs activités, leurs dépenses en combustibles et en moyens d'éclairage. Après les travaux de constructions, les informations sur les coûts relatifs aux apports bénéficiaires ont été obtenues. Les informations sur la situation des familles employant le biogaz ont été récoltées vers la fin des suivis après installations. Ces informations ont permis à l'identification des impacts du projet.

Des observations directes (par l'enquêteur seul) et indirectes (rapportées par la famille ou le journal biogaz) ont été procédées lors des suivis. Les informations qui en découlaient concernaient la production de biogaz et son utilisation (manomètre et journal biogaz) ainsi que l'état du substrat dans le digesteur en observant le rejet et en se référant aux pratiques de chargement.

3.3. Traitement et analyse des données

Les données ont été insérées dans des feuilles de Microsoft EXCELL 2007 sur lesquelles ont été effectués les calculs. La rédaction s'est opérée sur Microsoft WORD 2007.

Dans un premier temps, les données sur chaque famille bénéficiaire ont été divisées en deux : d'une part, leur vie d'avant dépourvue de cette technologie et d'autre part, leur vie quotidienne avec le biogaz. Puis ces données ont été par la suite confrontées par rapport aux autres familles. Comme méthode statistique, la statistique descriptive élémentaire moyenne a beaucoup servi dans le traitement de données des familles bénéficiaires ainsi que dans l'évaluation de la performance des digesteurs. Cette performance a été évaluée en se référant aux valeurs des pressions quotidiennes de gaz pour chaque digesteur en tenant compte des pratiques de chargements du digesteur et des observations au rejet.

PARTIE III.RESULTATS

A son terme en fin 2014, le projet FAFABI Biogaz a implanté au total dix-huit (18) biodigesteurs chez dix-huit (18) familles bénéficiaires aux alentours du District de Fort-Dauphin répartis comme suit : dix (10) dans la Commune Rurale de Manambaro, quatre (04) dans celle de Soanierana, deux (02) à Ampasy Nahampoana, un (01) à Ankaramena et un (01) dans la ville de Fort-Dauphin même. En début de Mars dernier, quinze (15) biodigesteurs étaient fonctionnels tandis que deux (02) ont été en attente de production de gaz et le dernier en cours de rechargement.

1. Caractéristiques du biodigesteur familial

Le biodigesteur (Figures n°6 et n°7) a été présenté comme étant un édifice implanté dans le sol constitué du digesteur proprement dit et de ses composants qui sont l'alimentation (entrée des matières organiques) et le rejet (chambre de sortie).

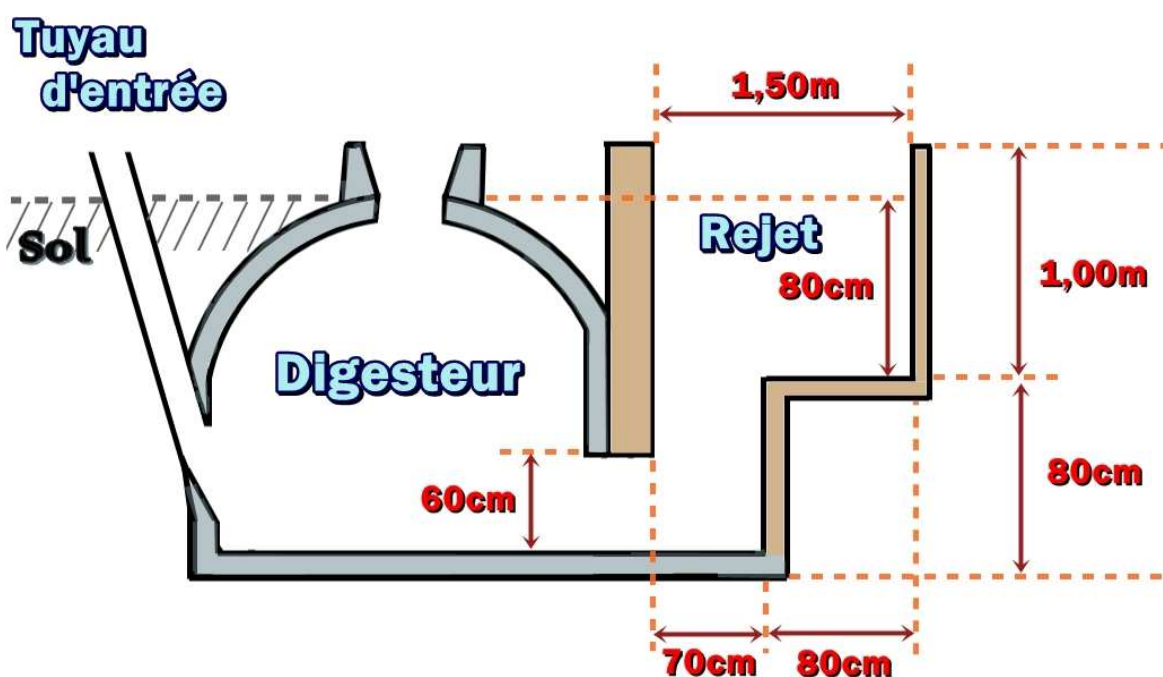


Figure n° 6 : Digesteur (vue de profil)

Source : Auteur, 2015

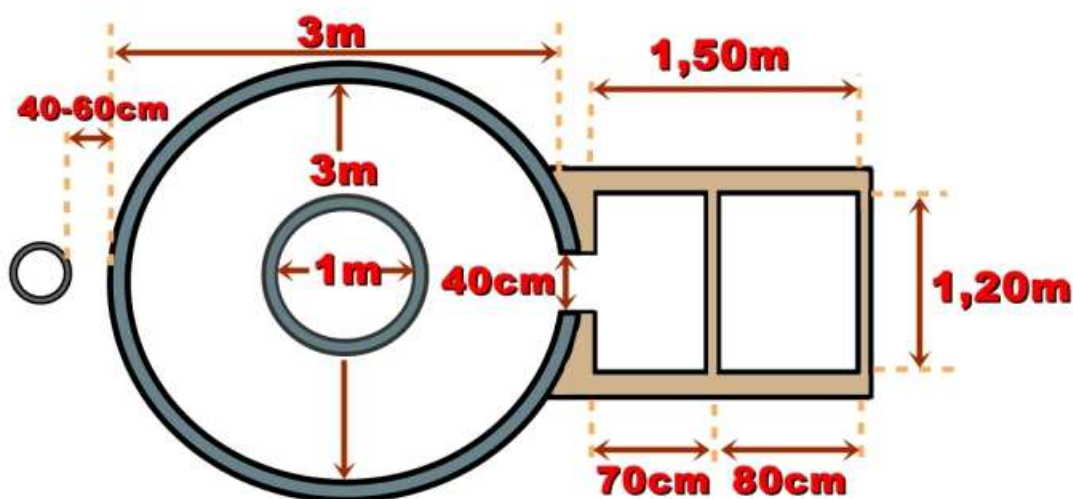


Figure n° 7 : Digesteur (vue de haut)

Source : Auteur, 2015

Il a été observé que le digesteur est un compartiment de forme cylindrique terminée en dôme au niveau supérieur. Le rejet quant à lui a été présenté comme une chambre rectangulaire à deux niveaux : la moitié antérieure est maintenue au même niveau que le digesteur tandis que la partie postérieure a été surélevée. Le volume total du biodigesteur a atteint 10m^3 . Toutes ces mesures ont été très importantes et plus particulièrement la hauteur du tuyau d'entrée en contact avec le digesteur et la hauteur de la petite fenêtre reliant le digesteur et le rejet. Ces deux hauteurs ont été ajustées pour être identiques car de là a débuté l'étanchéité du digesteur lors du remplissage (chargement après construction): aucune pénétration d'air de part et d'autre du digesteur. Cette étanchéité au niveau du digesteur a été surtout obtenue lors du scellement. (*Annexe VII*)

Ainsi, les caractéristiques relatives aux digesteurs implantés par le projet FAFIFI Biogaz de Fort-Dauphin ont pu se résumer comme suit :

- **Type de digesteur** : familial ou domestique à dôme fixe
- **Nature du substrat** : bouse bovine
- **Capacité du digesteur** : 10m^3
- **Mode de digestion** : en continu
- **Température** : mésophile

2. Production de biogaz et optimisation

2.1. Production de biogaz et performances des kits

Environ 5 à 10 jours après le scellement du digesteur ont été comptés pour que la pression du gaz ait été suffisante afin d'effectuer les premiers essais (Pression >2kPa). Cette pression adéquate a aussi été indiquée par une élévation du niveau d'eau au rejet à plus de 25cm par rapport à son niveau au dernier chargement. Cette augmentation de niveau a été générée par la pression de gaz exercée sur le mélange eau + substrat dans le digesteur. Puis, lorsque le biogaz a été consommé, le niveau est retourné à l'initial puis a augmenté à nouveau lorsque la pression s'est élevée.

Toutes les familles ayant employé du biogaz au quotidien ont obtenu en général une pression moyenne de 4kPa en début de journée. Celle-ci pouvait aller jusqu'à 6kPa pour certaines familles. Il importe de souligner que si le biogaz n'a pas été employé pendant quelques heures, la pression n'a cessé d'augmenter. Il a été constaté qu'en moyenne, dans la journée, la pression augmentait d'une unité (1kPa) toutes les 3 heures et au maximum, une unité toutes les 2 heures. L'arrêt d'usage prolongé présentait donc un risque considérable compte tenu de la quantité du substrat dans le digesteur et du mode de digestion en continu.

Le Tableau n°4 suivant présente le temps pris par chaque kit biogaz pour consommer une unité de pression, leurs performances ainsi que leurs avantages et éventuels inconvénients.

Tableau n° 4 : Consommation en gaz et performances des kits biogaz

Kits biogaz	Temps de consommation d'1kPa	Performances	Avantages	Inconvénients
Une lampe	2heures	Jusqu'à 25Watts des lampes fluorescentes	Luminosité réglable (veilleuse jusqu'au matin)	-
Le cuiseur à riz	1heure	Riz : 20min. Eau : 12min.	Extinction automatique	Pas de « ranon'ampango »
Un feu du réchaud	12minutes	Riz : 25min. Poisson sauce : 15min. Lait : 7min.	Feu réglable, ustensiles habituels	Consommation élevée

Partie III. Résultats

Il a été montré par le Tableau n°4 qu'une lampe consommait deux fois moins que le cuiseur qui à son tour dépensait beaucoup moins que le réchaud. Pour épuiser une pression d'une unité, il a été effectivement observé que ces appareils prenaient chacun des durées bien différentes. Ces différences ont pu être expliquées par le débit de gaz qui s'enflammait ainsi que par le nombre d'orifices de sortie du gaz (Photo n°3) au niveau de chacun de ces kits. L'usage des lampes a toujours été recommandé en diminuant l'ouverture de leur vanne. Un débit élevé de gaz ne faisait qu'apparaître des flammes ce qui empêchait le manchon de s'illuminer convenablement. Vis-à-vis du réchaud, à part le nombre d'orifices, le cuiseur à riz a tiré son avantage du fait que ses flammes n'ont pas été exposées à l'air libre.

2.2. Utilisation du biogaz au sein des familles bénéficiaires

Le Tableau n°5 ci-dessous indique la performance d'utilisation du biogaz par les familles bénéficiaires.

Tableau n° 5 : Performance d'utilisation du biogaz par les familles

	Fréquences d'utilisation	Familles en %
Lumière biogaz	2 à 4heures/soir	100
Cuisson au biogaz	2fois/jour	70
	1fois/jour	30

D'après le Tableau n°5, toutes les familles sans exception ont bénéficié de la lumière de biogaz chaque soir pendant 2 à 4heures. Pour la cuisson, 70% des familles ont utilisé le biogaz deux fois par jour, le matin et le soir en général, et 30% une fois seulement. Le cuiseur à riz a été très usité pour faire bouillir de l'eau et très peu pour cuire du riz. Pour la plupart, le réchaud n'a été sollicité que pour les cuissons qui ne duraient pas plus de 30minutes.

Les bénéficiaires allumaient très rarement les 4lampes simultanément le soir sauf ceux dont la famille était élargie comme quoi les lampes ont été réparties sous 3toits différents. Cette dernière catégorie de bénéficiaires a regroupé les familles (30%) qui n'employaient le biogaz qu'une fois par jour pour la cuisson. Ces familles ont été conscientes que si la cuisson se faisait au-delà d'une fois, elles n'auraient pas assez de biogaz pour s'éclairer le soir.

Le cuiseur à riz n'a pas été très employé pour sa vraie raison d'être pour deux motifs. D'une part, à cause de cette tradition malagasy (« ranon'ampango ») qui s'avère difficile de

Partie III. Résultats

s'en détacher puis d'autre part en raison de sa capacité qui ne pouvait contenir que la part de 6 personnes (5 gobelets) alors que la taille de la famille dépassait cet effectif. La famille cuisinait ainsi du riz au réchaud ou au bois de chauffe ou encore au charbon. Pourtant, si le souci était surtout situé dans la deuxième raison, la famille n'avait qu'à cuisiner du riz deux fois successivement avec le cuiseur au lieu de le faire au réchaud pour économiser plus de biogaz et subvenir à ses besoins.

2.3. Optimisation

2.3.1. Besoins quantitatifs et qualitatifs en bouse bovine du digesteur et température du mélange au chargement

Lorsque le système a été opérationnel, le besoin quotidien du digesteur est de 30 à 40kg de bouses bovines. Pour le mélange eau et substrat, le volume d'eau avoisinait le double de celui du substrat. Cet apport quotidien a beaucoup affecté la production de biogaz s'il a été insuffisant. Une famille a déjà vécu cette expérience. Elle n'avait pas alimenté le digesteur pendant presque deux semaines faute d'organisation mal établie (deux familles pour un digesteur) et de paresse. A cela s'est accompagnée une mauvaise préparation de la bouse bovine en plus de sa quantité non suffisante. Cette famille s'est plainte car elle ne pouvait plus avoir de la lumière plus de deux heures bien qu'elle n'avait plus cuisiné au biogaz.

Chez une autre famille, il a été remarqué que la pression du gaz atteignait difficilement 3 - 4kPa. Le problème résidait dans la qualité du fumier d'une part et dans leur préparation au chargement d'autre part. Le fumier provenait bel et bien du parc mais il manquait de fraîcheur. Entassé près du digesteur, il n'a pas été à l'abri du soleil et de la pluie. Cela a du détériorer la qualité du fumier. Ensuite, le chef de famille préparait le mélange très tôt le matin et l'a laissé dans une grande cuvette une heure ou deux avant d'alimenter le digesteur. Les pertes n'ont fait qu'augmenter avec ce genre de préparation.

En relation avec la méthode d'alimentation, chez une autre famille il a été remarqué qu'en ayant varié les heures du chargement, la production de biogaz a été plus rapide et optimale pour les chargements effectués vers midi. En effet, la température est un des paramètres clés de la production de biogaz. Contrairement à la famille précédente qui dérangeait constamment l'ambiance du digesteur en y versant le mélange froid eau+fumier, cette dernière famille a trouvé l'expérience très fructueuse et a toujours alimenté son digesteur lorsque le soleil se trouvait autour du zénith. Il a donc été bénéfique de laisser reposer au soleil

Partie III. Résultats

l'eau qui servira au mélange eau + fumier dès 10heures. Toutefois, lorsque le climat ne permettait pas cette pratique, les familles ont été dans l'obligation de faire bouillir de l'eau (au cuiseur) afin de rendre plus tiède le mélange juste avant de le verser.

2.3.2. Fréquence de chargement

En ayant observé régulièrement au cours de 3 à 4 semaines le rejet de chaque digesteur fonctionnel de plus d'un mois, deux types d'évolutions ont été découverts. Le premier type (type A) a été formé par un rejet dont le digestat liquide apparaissait plus sombre avec une couche de mousse à la surface et dont le digestat solide a été déchargé d'odeur de fumier. Le second type (type B) a regroupé les rejets dont l'apparence a été de couleur claire verdâtre ou brune avec du digestat solide pâteux qui se rapprochait du fumier frais.

Cette différence a été causée par la fréquence de chargement. Il a été rencontré dans le type A, l'ensemble des familles bénéficiaires qui ont alimenté leur digesteur deux à trois fois par semaine voire une fois pour certaine tandis que le type B a été constitué par les familles dont les digesteurs ont été alimentés journalièrement. Le type B a alors montré une durée de rétention de matière organique plus réduite ayant entraîné la sortie accélérée de substrats partiellement fermentés.

Ainsi, de cette expérience, la fréquence de chargement a été corrigée pour le type B et maintenue avec des précisions pour le type A. Il a donc été concluant que les chargements du digesteur sont à décaler de deux à trois jours voire même quatre tout en apportant les besoins des jours suivants jusqu'au prochain chargement. Si par exemple le bénéficiaire alimente le digesteur lundi et qu'il décide que le prochain chargement serait jeudi alors il doit verser $30 \times 3 = 90\text{kg}$ de bouse fraîche lundi et $30 \times 4 = 120\text{kg}$ jeudi.

Les bénéficiaires ont été libres de choisir comment planifier leur fréquence de chargement en respectant le principe du décalage. Certaines familles ont fixé les deux jours de chargement dans la semaine (comme dans l'exemple) et d'autres ont maintenu un décalage constant de trois ou quatre jours. Pour ne pas manquer de bouse fraîche jusqu'au prochain chargement, surtout dans le cas d'un cheptel de petite taille, la famille pouvait collecter du fumier frais et le conserver à l'abri du soleil et de l'humidité pendant les deux ou trois jours qui ont précédé le chargement suivant.

Partie III. Résultats

Il importe également de mentionner que l'utilisation de l'eau de la Jirama a été proscrite pour le chargement. Les bénéficiaires ont utilisé de l'eau de puits ou de rivières pour le mélange eau+substrat. Effectivement, l'eau de la Jirama ne permettait pas la production de biogaz sans doute à cause de sa teneur en Chlore inhibant le développement des microbes méthanogènes.

2.3.3. Amélioration du mélange eau + substrat

Il a été aussi observé sur terrain que les digesteurs alimentés avec un mélange d'eau du rejet (ou digestat liquide, pour un système opérationnel depuis plus d'un mois) et de bouse bovine ont été plus productifs que ceux chargés avec un mélange eau (de puits, rivière, de pluie). La raison résidait probablement dans le fait que le milieu de fermentation (digesteur) a été moins assujéti de modifications quand l'eau du rejet ou le digestat liquide a été employé au mélange.

A partir de cette pratique innovante, il a été essentiel de garder un œil sur la proportion en eau du rejet car au bout d'un mois la proportion d'eau au rejet commençait à diminuer. Il fallait alors augmenter la composition en eau du mélange eau+substrat lorsque le tarissement se faisait sentir. Au chargement donc, pour un volume de substrat, il fallait apporter un volume d'eau (de puits ou rivière) de plus ajouté aux deux volumes d'eau habituels pour le mélange et ce jusqu'à ce que le rejet reprenne sa composition initiale en eau.

Bref, grâce à ces expérimentations ainsi que par le biais des problèmes rencontrés, l'optimisation de la production de biogaz des digesteurs familiaux a été possible. Les paramètres sur lesquels reposait cette optimisation ont donc été :

- ❖ La quantité du substrat apportée : répondant aux besoins du digesteur (30-40kg/jour)
- ❖ La qualité et la préparation de la bouse au chargement : bouse fraîche, à verser directement après un bon mélange avec l'eau
- ❖ La température du mélange au chargement: en laissant l'eau reposer au soleil pendant deux heures environ et en chargeant vers midi sinon en chauffant de l'eau pour rendre le mélange tiède
- ❖ La fréquence du chargement : à décaler de trois - quatre jours pour une durée de rétention suffisante
- ❖ L'utilisation de l'eau au rejet dans le mélange du chargement

3. Impacts du projet biogaz sur les conditions de vie des familles bénéficiaires

3.1. Impacts sociaux

3.1.1. *Biogaz, source de prestige et de fierté*

Les familles bénéficiaires ont été très fières d'avoir investi dans le projet Biogaz en dépit des moqueries des voisins pour certaines au début des travaux de construction. Certaines personnes en voulaient même à quelques-unes de ces familles bénéficiaires en disant que c'est de l'argent jeté par la fenêtre. D'autres étaient contrariées en les ayant vues charger le digesteur et manipuler la bouse que ce qu'elles font allait à l'encontre des tabous. Cependant, après que les bénéficiaires aient surmonté tout cela et que le biogaz a été fonctionnel, ces personnes ont été ébahies face à cette technologie aux mains de ceux-ci. Les gens ont été attirés vers les foyers bénéficiaires de biogaz et les ont par la suite félicités.

3.1.2. *Gain de temps*

Pour chercher du bois, les familles parcouraient même jusqu'à 10km pour en trouver alors qu'il va falloir en apporter encore d'ici pas longtemps mais avec le biogaz, la charge de travail plus particulièrement celle des femmes et des enfants a diminué. Et même pour les familles qui auparavant dépendaient du charbon, les cuissons ont été plus rapides avec le biogaz : plus besoin de perdre du temps et de l'énergie à allumer du feu très tôt le matin car il n'a suffi que d'un petit geste pour faire cuire le repas au biogaz. En somme, les familles ont gagné au minimum trente minutes et au maximum jusqu'à deux heures par jour grâce au biogaz.

3.1.3. *Cuisine plus propre*

Quelques familles ont réarrangé leur cuisine lors de l'installation, d'autres en ont même aménagé une nouvelle. La cuisine avec le biogaz est dépourvue de fumées nocives contrairement à l'ancienne cuisine. Le support du réchaud a été fabriqué en dur lors de la construction du digesteur ou juste avant l'installation des kits. Il ressemblait plutôt à une petite étagère qu'à une table et les bénéficiaires y rangeaient leurs ustensiles de cuisines. La cuisine a été rendue plus agréable à voir et plus propre grâce au biogaz.

3.1.4. Vie de famille plus confortable

Grâce à la lumière du biogaz, les parents pouvaient poursuivre plus aisément leurs occupations le soir que ce soit de la couture ou de l'artisanat. Les enfants pouvaient étudier davantage leurs leçons ou faire leurs devoirs le soir. Les nourrissons ont pu se procurer d'une veilleuse toute la nuit. Pour les familles qui ont eu un emploi du temps très chargé comme les parents et les enfants qui rentrent à midi et qui repartent à leurs occupations avant 14 heures, elles ne craignaient plus d'être en retard pour rejoindre le travail ou l'école l'après midi à cause de la facilité et de la rapidité de la cuisine au biogaz. La vie était devenue moins stressante pour ces familles.

3.1.5. Amélioration des conditions sanitaires

Comme les fumées nocives n'existaient plus ou étaient minimisées, la qualité de l'air dans la maison a été améliorée. Ainsi les risques de maladies pulmonaires et d'irritations des yeux ont été réduits. En outre, les familles bénéficiaires pouvaient à tout temps faire bouillir de l'eau au cuiseur à riz sans pour autant dépenser beaucoup de biogaz. Alors, tout problème sanitaire lié à l'eau non potable s'avérait depuis le cadet de leur souci au quotidien.

3.2. Impacts économiques

3.2.1. Evolution de la situation économique des familles bénéficiaires

Le Tableau n°6 ci-après présente d'une manière globale l'évolution de la situation économique en moyenne des familles bénéficiaires du projet.

Partie III. Résultats

Tableau n° 6 : Evolution de la situation économique moyenne des familles bénéficiaires

Rubriques	Coûts annuels			
	Année 0	Année 1	Année 5	Année 10
<i>Dépenses énergétiques ménagères</i>	413 796	153 596	153 596	153 596
Dépenses en éclairage	142 200	22 000	22 000	22 000
Dépenses en combustibles	271 596	131 596	131 596	131 596
<i>Investissements au projet Biogaz</i>	2 399 500	0	0	0
Apports du projet	1 170 500	0	0	0
Apports de la famille bénéficiaire	609 000	0	0	0
<i>Entretiens biogaz</i>	0	0	35 000	185 000
Remplacement des tuyaux	0	0	35 000	35 000
Entretien du digesteur	0	0	0	150 000
Montants épargnés cumulés	0	260 200	1 266 000	2 347 000

Il est observé dans le Tableau n°6, en Année 0, les dépenses moyennes en éclairage et en combustibles des familles sans le projet biogaz ainsi que les coûts liés à la construction d'une unité de production biogaz dont 25,38% ont été à la charge de la famille. En Année 1, avec l'utilisation du biogaz, il a été constaté une diminution des dépenses ménagères en énergie ayant permis d'économiser la somme de 260 200 Ariary. Cette économie sur les besoins énergétiques a été cumulée au cours d'une décennie. Elle a été évaluée à 1 266 000 Ariary en Année 5 et 2 347 000 Ariary en Année 10. Des entretiens biogaz nécessaires tous les 5 et 10 ans ont été soustraits de ces montants. Il peut être déduit de ce tableau que la somme investie par la famille dans l'installation du système biogaz peut être récupérée durant la première moitié de la troisième année. Toutefois, il a été mis en évidence que les charges relatives à l'installation d'une unité de production biogaz ont été très lourdes que ce soit pour la famille ou pour le projet.

3.2.2. Augmentation des activités génératrices de revenu

Les familles bénéficiaires se sont rendu compte qu'elles gagnaient du temps grâce à l'efficacité et la rapidité des cuissons au biogaz et particulièrement les femmes. De ce fait, elles ont valorisé ce gain de temps, en plus des économies sur l'éclairage et sur l'achat de combustibles, en s'ouvrant à d'autres activités qui pouvaient augmenter leur revenu familial. Ainsi, les femmes des familles bénéficiaires se sont lancées dans l'expansion de leurs parcelles de cultures (maraîchères, riziculture) ou dans l'artisanat ou encore dans des projets

d'élevage. Les femmes ont alors joué un grand rôle dans l'amélioration des conditions de vie de leur famille par la présence et l'usage du biogaz au quotidien.

3.3. Impacts agricoles

3.3.1. Augmentation de la production agricole grâce aux digestats

La première famille bénéficiaire du projet biogaz a déjà employé les digestats solides et liquides sur des cultures maraîchères, c'était des *brassiasinensis* ou « petsay ». La récolte a été très satisfaisante selon elle et d'autres personnes témoins puisque le rendement atteignait presque le double des rendements que la famille obtenait auparavant avec du fumier à parc. Il se trouvait donc que ces matières issues de la méthanisation sont dotées d'une grande capacité fertilisante. Elles ont été déchargées de toutes impuretés et sont riches en éléments rapidement assimilable par les plantes.

3.3.2. Utilisation du digestat liquide en tant que produit phytosanitaire

Il est possible de conférer un pouvoir phytosanitaire au digestat liquide. Il suffit de le conserver à l'abri de l'air et de la lumière pendant deux semaines en y macérant des feuilles d'*Azadirachtaindica* ou « voandelaka ». Après ce délai, les tiges et les feuilles des plantes peuvent être arrosées de ce mélange fermenté qui doit être dilué à 1/10 avec de l'eau. Ce produit se débarrasse des insectes nuisibles aux cultures et contribue alors à l'amélioration qualitative et quantitative du rendement. Cette pratique est encore en cours de recherche et mérite d'être expérimentée car un ou deux bénéficiaires ont en fait l'essai récemment et ont constaté des résultats positifs.

3.3.3. Utilisation du digestat liquide en tant que complément minéral pour le porc

Le digestat liquide peut être effectivement distribué au porc après une conservation de 15 jours à l'abri de l'air et de la lumière. L'animal doit d'abord avoir un poids vif de 50kg. La distribution se fait à un dosage progressif et s'effectue juste avant l'alimentation du porc.

Récemment, une famille de la commune Manambaro élevant des porcs a pu constater les résultats de cette utilisation du digestat liquide. Elle a affirmé que le poids à l'abatage du porc a été supérieur et atteint rapidement par rapport aux résultats d'élevage antérieurs. Il a été déduit que les besoins en apport minéral de l'animal ont été complétés ce qui lui a conféré

plus de vitalité et a accéléré sa croissance. Cette application du digestat liquide doit alors être étudiée de près pour permettre une amélioration de l'élevage porcin familial.

3.4. Impacts écologiques

3.4.1. Diminution des pollutions

Non seulement les combustibles mais également les matières organiques décomposées à l'air libre ont été des sources de pollutions. Par la production de biogaz, la pollution de l'air, de l'eau et du sol ont pu être atténuées. Les fumées émanant des cuisines ont été réduites. Les fumiers à parcs ont été valorisés par les digesteurs pour en extraire du méthane puis il en résulte un sous-produit plus hygiénique que cet engrais traditionnel. L'ensemble de toutes ces actions a donc contribué à la diminution des pollutions et notamment à la réduction d'émissions de méthane qui est un puissant gaz à effet de serre.

3.4.2. Lutte contre la déforestation

D'une part, les résultats ont montré que la consommation en combustibles des familles bénéficiaires de biogaz a diminué de moitié. Ce qui a donc impliqué une diminution de la pression sur les forêts due à la régression des demandes en bois et en charbon. D'autre part, le gain de temps obtenu par les bénéficiaires par l'utilisation quotidienne du biogaz leur a permis de reboiser leur terre, surtout en arbres fruitiers, et de les entretenir. Il est alors indéniable que l'appropriation de cette technologie par les paysans a renforcé la lutte contre la déforestation.

4. Analyse SWOT du projet FAFABI BIOGAZ de Fort-Dauphin

L'analyse SWOT du projet est présentée par le Tableau n°7 ci-après.

Partie III. Résultats

Tableau n° 7 : Analyse SWOT du projet FAFAFI BIOGAZ

ORIGINE INTERNE	
FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> -Mise en valeur des déchets organiques d'origine végétale et animale -Diffusion du projet en des communes rurales dépourvues d'électricité et à environnement en voie de dégradation -18 bénéficiaires formés, satisfaits des résultats et du transfert de compétence -Maîtrise de la technique -Présence des 04 techniciens formés localement et du technicien formé de Chine 	<ul style="list-style-type: none"> -Manque d'implication de la commune dans le projet -Faible communication au niveau de la communauté et vis-à-vis des médias locaux -Absence de lancement officiel au niveau Régional -Manque de participation des services publics de protection de l'environnement et l'énergie renouvelable
ORIGINE EXTERNE	
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> -Climat de la région très favorable au projet -Elevage bovin très répandu dans la région -Disponibilité des matériaux locaux de construction -Participation de deux Maires et du Chef de Région en tant que bénéficiaires -Frein psychologique des paysans ruraux brisé peu à peu -Présence de projets et de futurs partenaires potentiels dans la région 	<ul style="list-style-type: none"> -Distance entre le fournisseur des matériaux locaux et le site d'emplacement du digesteur -Changement des conditions du projet relatives aux apports dans l'avenir : augmentation des apports bénéficiaires

PARTIE IV. DISCUSSIONS ET SUGGESTIONS

1. Optimisation de la production de biogaz

Les résultats de cette étude ont montré que les paramètres entrant dans l'optimisation de la production de biogaz sont en premier lieu, la quantité du substrat apportée répondant aux besoins du digesteur, suivi de la qualité et de la préparation de la bouse au chargement, ensuite, la température du mélange au chargement, puis la fréquence du chargement à décaler de trois - quatre jours pour une durée de rétention suffisante et enfin l'utilisation de l'eau au rejet dans le mélange du chargement.

Les paramètres tels que la température, la quantité et la qualité de la bouse bovine sont effectivement mentionnés dans *The management and maintenance of Rural Household Biogas System* (SUILIAN,2012) comme ayant une influence directe sur la productivité. En outre, ce document a ajouté l'importance de l'inoculum et de l'agitation sur cette productivité.

Au début de fermentation, il importe d'ajouter une certaine quantité de matière première riche en microorganisme anaérobique telle que le liquide dans le digesteur qui a été utilisé depuis longtemps ou de la boue active afin d'accélérer la fermentation de biogaz. Cette matière première est appelée inoculum (SUILIAN,2012). Par ailleurs, il a été montré dans une étude effectuée par M'SADAK *et al*(2012) que l'effet combiné considérable de la température et de l'agitation sur la productivité du biogaz bovin est plus remarquable que l'effet de l'ajout de l'inoculum, de point de vue rapidité et quantité de production. A cet égard, signalons que l'agitation permet de dégager les bulles de gaz à partir des couches profondes, de maintenir l'homogénéité de la température à différents niveaux et d'éviter la consolidation de la croûte à la surface du digesteur. Elle favorise l'approvisionnement des bactéries en substances nutritives et leur transport au substrat frais, nouvellement introduit.

Les résultats de la présente étude ont donc été en accord avec ceux des recherches déjà effectuées sur l'optimisation de la production de biogaz qui visaient tous à mettre en place des conditions physico-chimiques optimales dans le milieu de fermentation. L'ajout d'inoculum et l'agitation ont donc été des paramètres à compléter dans des travaux d'installation d'unité de production biogaz ultérieurs.

2. Risques et mesures préventives liés à l'usage du biogaz domestique

2.1. Face au méthane

La sécurité des familles bénéficiaires a été un des points très importants à considérer dans les installations biogaz. Une formation réunissant des représentants de chaque famille bénéficiaire a même été effectuée pour la maîtrise de cette technologie. Cette maîtrise a été renforcée aux cours des suivis en vue d'un transfert de compétence.

Les usagers du biogaz ont donc été conscients des mesures de sécurité qu'ils devaient respecter telles que la vérification systématique de la fermeture des vannes et des kits à l'arrêt, l'interdiction d'allumer du feu près du dôme du digesteur et l'ouverture immédiate des portes et fenêtres tout en fermant la vanne principale (au compteur) en cas de fuite dans la maison avant d'en chercher la cause. Cette dernière mesure peut être confirmée par MARCHAND en 2012, mentionnant que le méthane est léger contrairement aux gaz commerciaux : en cas de fuite, le biogaz s'échappe rapidement dans l'atmosphère sans stagner dans l'habitation.

La sécurité des bénéficiaires a débutée depuis les installations des kits. De ce fait, l'emplacement du réchaud par rapport au mur doit être espacé de 30cm. L'étanchéité et la bonne disposition de toutes les installations ont contribué ainsi à la sécurité des usagers.

2.2. Face aux excréments

Les bouses bovines collectées par les bénéficiaires de leur parc ne sont pas à l'abri de la présence de germes pathogènes. Des mesures de précaution doivent être entreprises face à ces excréments.

D'après POURCHER (2015), les microorganismes pathogènes que l'on peut retrouver dans les effluents destinés à la méthanisation sont les bactéries, les protozoaires, les helminthes et les virus. Toutefois, VALLET (1994) a mentionné que beaucoup d'agents infectieux ne survivent que difficilement dans les effluents d'élevage. En fait, la survie de la plupart des agents infectieux dans les effluents varie en fonction des caractéristiques physico-chimiques de ces derniers et des processus biologiques propres à chaque type d'agent: stades sporulés (bacilles, clostridies...) ou végétatifs (entérobactéries dans certaines conditions). Des bactéries (*Escherichia Coli*, *Salmonella*, *Klebsiella*...) parviennent dans certaines conditions à se multiplier dans des effluents d'élevage. Les virus ne se développent pas dans le milieu

Partie IV. Discussions et suggestions

extérieur, quel que soit leur support physique (ils sont dépendants des cellules animales vivantes), mais ils se conservent bien dans la matière organique.

Il ne peut donc être ignoré que les excréments bovins peuvent renfermer des agents pathogènes même si les risques à la santé humaine ne sont pas tout à fait évidents. L'emploi des gants et des bêches dans la manipulation des excréments serait donc un signe de prudence. L'hygiène des mains et des matériels à chaque manipulation ne doit pas être oubliée.

3. Qualités et traitements des digestats

3.1. Valeur agronomique du digestat

Les résultats de cette étude ont montré le potentiel agronomique des digestats. Ces derniers tirent leur qualité du processus de biométhanisation. D'après MIGNON en 2009, une fois le lisier de bovin digéré, le digestat contient moins de matière sèche convertie en méthane et en CO₂ d'où une diminution de la quantité de carbone, mais la teneur en azote est augmentée de 20% puisque pendant le processus de biométhanisation, une partie l'azote organique lié aux protéines est réduit par désamination en ammonium dissout. Par conséquent l'azote est mieux absorbé et plus rapidement par les plantes. Cet auteur a également ajouté qu'une conséquence directe de la meilleure absorption de l'azote par les plantes est la diminution de la pollution de l'eau par eutrophisation suite au lessivage. Les plantes sont moins « salies » avec le digestat qu'avec le fumier classique car les matières digérées s'écoulent mieux, pénètrent plus rapidement et sentent moins. Ainsi, les plantes fertilisées par le digestat sont plus appréciées par le bétail.

Par ailleurs, une étude effectuée par M'SADAK et BARAKET en 2012 a montré une appréciation à 88% de satisfaction de la maturité du méthacompost bovin et pouvant être employé comme substrat de culture en pépinière hors sol. Pour les caractérisations agronomiques, leur étude a montré d'une part que l'emploi hors sol du mélange 60% Tourbe avec 40% Méthacompost bovin comme substrat de croissance pour le piment, s'avère très encourageante et d'autre part, que le jus de process bovin a un pouvoir fertilisant très intéressant dilué à 75% d'eau.

3.2. Précautions pour le stockage du digestat

Le stockage des digestats nécessite quelques précautions. Ces précautions sont surtout en relation avec la volatilisation plus marquée de l'ammoniac par rapport à l'ammonium.

Partie IV. Discussions et suggestions

C'est pourquoi MIGNON en 2009 a mentionné dans son rapport qu'il est vivement recommandé de couvrir les cuves de stockage d'une croûte naturelle, d'une bâche en plastique flottante ou encore d'un couvercle en béton. Les émissions d'ammoniac sont donc diminuées (environ 20%) grâce au recouvrement des cuves de stockage. Il est d'ailleurs conseillé de pomper le digestat par le bas pour éviter de le remuer, de remuer le digestat juste avant de l'épandre et de placer la cuve de stockage à l'ombre et à l'abri du vent.

Il est donc important de toujours garder les rejets ou chambres de sortie des digesteurs familiaux sous couvercles. En outre, les couvercles empêchent les pluies et d'autres éléments de l'extérieur de pénétrer dans ce compartiment.

3.3. Précautions à l'épandage

Toujours du fait que l'ammoniac soit volatile, des précautions sont vivement recommandées lors de l'épandage. L'emploi de matériel et de techniques les mieux adaptés est donc conseillé dans le but d'une incorporation rapide du digestat dans le sol.

MIGNON (2009) a rapporté que si le digestat est incorporé (charrue) au plus 6 heures après l'épandage, la volatilisation de l'ammoniac peut être réduite de 50%. Cet auteur a aussi ajouté que l'épandage se fera lorsque la météo est favorable c'est-à-dire par temps frais et nuageux car les temps ensoleillés, secs ou venteux augmentent considérablement les pertes d'azote et diminuent donc son efficacité.

3.4. Importance de la séparation de phase et de post traitement

La séparation de phase du digestat brut est une étape primordiale dans son utilisation. Elle peut être effectuée à l'aide d'une presse à vis ou d'une centrifugation ou encore presse à vis + tamis + centrifugation pour un taux de matière sèche optimal.

Sur ce point, DABERT (2014) a stipulé que plus le taux de matière sèche est élevé dans le digestat brut, meilleure est la capture dans la phase solide. Le Phosphore, le Calcium, le Zinc et la plupart des éléments traces métalliques se concentrent dans le solide tandis que l'azote ammoniacal, le Potassium et le Magnésium restent dans le liquide.

Le post traitement du digestat consiste en une production de compost à partir du digestat frais. Une étude effectuée par KUPPER & FUCHS en 2007 montre l'importance de

Partie IV. Discussions et suggestions

cette opération car d'après leur recherche, le digestat frais est phytotoxique. Cependant, ce comportement disparaît après quelques semaines de post traitement par compostage.

Le point le plus important est la conduite de l'humidité. Si le digestat frais s'assèche, l'azote minéral, présent sous forme d'ammonium, est perdu sous forme gazeuse (ammoniac). Pour éviter ceci, il est indispensable d'avoir une humidité suffisante de son produit. L'apport de coproduits aux digestats (broyat, compost jeune, terre) permet d'améliorer la qualité du compost produit. On peut ainsi conseiller de mélanger par exemple 30 à 50% de digestat à du compost jeune ou à un mélange de broyat frais et de restes de criblages.

4. Points forts et contraintes de la technologie

4.1. Points forts de la technologie

D'après les résultats constatés de cette étude, ce qui a constitué les points forts de cette technologie a été qu'elle pouvait être aux mains des paysans les plus défavorisés dans des endroits enclavés comme étant une alternative à l'exploitation des ressources forestières pour du combustible. MARCHAND (2012) a également affirmé que la production sur site isolé d'énergie est un problème technique pour l'homme et que le biogaz offre une réponse simple et indépendante des facteurs climatiques aléatoires tels l'intensité de la force du vent et la durée d'ensoleillement.

En outre, les impacts sociaux, économiques, agronomiques et environnementaux du biogaz domestique sont positivement significatifs au niveau d'une communauté ou d'une région surtout quand celui-ci est diffusé à un très grand nombre de foyers. L'impact majeur de cette technologie est la diminution de la consommation des bénéficiaires en bois ou en charbon donc la réduction d'émissions de gaz à effet de serre. De part son projet biogaz en Chine, ID a rapporté que chaque biodigesteur permet de réduire ces émissions de 2 à 4 tonnes équivalentes de CO₂ par an (www.id-ong.org/er, 2014).

Les réductions d'émissions obtenues sont ensuite vendues sur le marché volontaire de la finance carbone après avoir été validées par le Gold Standard, organisme de vérification des crédits carbone échangés sur le marché volontaire. Grâce aux revenus de la vente des réductions d'émissions, ID peut assurer un suivi de qualité à long terme de son projet biogaz allant jusqu'à 21 ans (www.id-ong.org/er, 2014). Ces ventes de crédits carbonés ont donc

Partie IV. Discussions et suggestions

générés des revenus permettant de réinvestir dans de nouveaux projets et de favoriser l'expansion de cette merveille technologique aux mains des paysans les plus défavorisés.

Un des points forts du biogaz domestique s'avère la valorisation des déchets et effluents agricoles. Comme le milieu rural est une zone de production du secteur agricole, alors il possède en lui-même un grand gisement de matière organique valorisable en énergie sans compter que les activités agricoles sont les premiers responsables d'émissions de méthane. En effet, selon DESSUS (2008), le domaine agricole contribue pour 38% des émissions de méthane, sans compter les déchets ménagers, pour l'essentiel issus de ce secteur. Le reste provient surtout des fuites de gaz du système énergétique (grisou, gaz naturel), qui est du biogaz formé voilà des millions d'années.

Enfin, le biogaz domestique permet une indépendance du consommateur pour son combustible de cuisine : l'utilisateur échappe au circuit commercial qui tend à le rendre dépendant des fournisseurs d'énergie traditionnels (MARCHAND, 2012).

4.2. Limites ou contraintes

Le principal inconvénient de cette technologie réside dans les coûts d'investissement trop lourds pour des ménages ruraux. Les dépenses sur les matériaux de constructions constituent une charge très considérable surtout pour les constructions en dur pour une installation pérenne. Les résultats de cette étude ont été engendrés par l'appui financier du projet à 74,62% des coûts totaux. La recherche d'une ouverture macroéconomique serait alors une alternative. C'est pourquoi le secteur privé tient un rôle important dans la diffusion des digesteurs domestiques mais encore une intervention de l'Etat serait un facteur dynamisant la vulgarisation de cette technologie.

En effet, selon BATES en 2007, la promotion et la diffusion par l'Etat peut faciliter la diffusion et la mise en place de cette technologie peut être une solution gagnant-gagnant étant donné qu'elle fournit une énergie propre et réduit les problèmes associés aux déchets. Cet auteur a aussi mentionné que les investissements du secteur privé financeront la durabilité à long terme. Le microcrédit peut être utilisé pour atténuer ce problème de frais de mise en place. Les montages à crédit, ou des subventions bien ciblées, permettront à un plus grand nombre de personnes d'accéder aux technologies au biogaz, stimulant ainsi le marché.

Partie IV. Discussions et suggestions

Outre cet obstacle financier, le facteur social peut aussi être un blocage dans la diffusion de cette technologie. En effet, le milieu rural est très exigeant dans le respect des us et coutumes surtout en ce qui concerne les tabous. Voilà pourquoi MARCHAND (2012) a clairement souligné que le frein psychologique est important, les déchets organiques jouissent globalement d'une forte image négative qui suscite surtout le dégoût et non l'intérêt. On préfère pousser la question sous le tapis afin de ne pas avoir à s'en préoccuper mais c'est de l'or sur lequel nous nous asseyons car c'est une source d'hydrocarbures renouvelable dont le gisement augmente avec notre croissance démographique.

Un rapport d'un programme biogaz en Haïti a même souligné qu'il est recommandé de considérer davantage les facteurs sociaux que les facteurs techniques. Il s'avère que le contexte social a été le principal facteur de dysfonctionnement du biodigesteur dans le cadre de leur expérimentation causé surtout par l'absence de gestion et les tabous liés à la manipulation des excréments (DINEPA, 2011).

Par ailleurs, BATES (2007) a également fait mention dans son document que la manipulation des déchets d'origine animale et humaine est une question culturelle sensible et même l'utilisation du gaz issu de ces déchets pourra s'avérer inadmissible dans certaines sociétés. Il a aussi ajouté que l'utilisation des déchets d'origine humaine semble être mieux considérée lorsqu'elle est associée à une institution comme une école ou un hôpital plutôt qu'à une maison individuelle et que l'engagement des ONG est à même de garantir le fait que les technologies soient bien adaptées et qu'elles soient bien accueillies par la communauté ciblée. Cet auteur a également souligné que malgré l'existence de subventions pour les frais d'installation, ceux qui consommeront le gaz devront avoir un certain degré de participation financière à la construction ; sinon, ils risquent de ne pas avoir un sens de la propriété suffisant pour bien assurer l'entretien de l'installation.

Conclusion

CONCLUSION

En somme, le présent ouvrage nous a conduits à comprendre l'utilisation de bouses bovines pour la production de biogaz via des digesteurs familiaux. Ces digesteurs ont été implantés chez 18 familles dans le District de Fort-Dauphin. De type dôme fixe, ils ont chacun une capacité de 10m³ et sont chargés en mode continu. Le biogaz produit est utilisé pour la cuisson une à deux fois par jour à l'aide du réchaud et du cuiseur à riz ainsi que pour l'éclairage pendant 2 à 4 heures/jour grâce à des lampes à manchon. La production de biogaz a pu être optimisée après avoir déterminé les paramètres tels que la quantité de bouses bovines à apporter, la qualité de la bouse bovine, la température du mélange eau et substrat au chargement, la fréquence de chargement et l'utilisation du liquide du rejet dans le mélange. Il a été déduit que 30 à 40kg de bouses bovines fraîches répondent aux besoins quotidiens du digesteur et que le chargement s'effectue tous les trois à quatre jours, vers midi tout en préservant une température plus ou moins élevée du mélange avec emploi du digestat liquide au mélange.

L'étude a également permis de situer les différents impacts du projet biogaz sur les ménages. Au niveau social, le biogaz procure une source de prestige et de fierté pour les familles bénéficiaires, et grâce à son usage, les femmes bénéficiaires épargnent jusqu'à deux heures par jour de corvées ménagères et retrouvent leur cuisine plus propre. La famille vit alors plus confortablement et trouve sa condition sanitaire s'améliorer. Du point de vue économique, la construction et l'installation du système biogaz requièrent un lourd investissement mais grâce au projet, les familles bénéficiaires ne participent qu'à 25,38% des dépenses, apport qui s'avère toutefois encore très coûteux pour des ménages ruraux. Les ménages bénéficiant du biogaz voient diminuer de 260.200 Ariary par an leurs dépenses sur l'achat de moyens d'éclairage et de combustibles destinés aux cuissons. Ils valorisent également leur gain de temps en d'autres activités génératrices de revenu améliorant ainsi leur condition de vie. Sur l'aspect agricole, il a été constaté que l'utilisation des digestats solides et liquides sur des cultures maraîchères augmentait considérablement les rendements de cultures. Et quant aux impacts écologiques, il y a d'une part la diminution des pollutions de l'eau, de l'air et du sol puis d'autre part, le renforcement de la lutte contre la déforestation. En outre, dans cette étude, il a été remarqué que les digestats pouvaient avoir d'autres finalités en sus de la fertilisation et plus particulièrement le digestat liquide, en tant que produit phytosanitaire et en tant que complément minéral pour le porc. Par ailleurs, une analyse SWOT du projet

Conclusion

Biogaz a permis de dégager les forces et faiblesses du projet ainsi que les opportunités et les menaces qui lui entourent.

De part ses résultats, il peut être déduit que les hypothèses établies ont toutes été vérifiées en particuliers sur l'obtention de biogaz par la fermentation anaérobie de bouses bovines et sur l'amélioration des conditions de vie des familles qui emploient le biogaz au quotidien puis sur l'augmentation des rendements agricoles par l'utilisation des digestats. L'étude a permis de compléter les paramètres d'optimisation préétablis par la température du mélange eau et substrat au chargement, la fréquence de chargement et par l'utilisation du liquide du rejet dans le mélange. Ainsi, les objectifs de recherches ont été atteints et des perspectives de recherches sur les utilisations de digestats ont été soulevées.

Les résultats de la présente étude se sont montrés en accord avec ceux des recherches déjà effectuées. Pour l'optimisation de la production de biogaz, l'ajout d'inoculum et l'agitation sont des paramètres à considérer dans des travaux d'installation d'unité de production biogaz ultérieurs. Il a été également souligné que l'étanchéité et la bonne disposition de toutes les installations biogaz contribuent à la sécurité des usagers. Face au lourd investissement pour l'implantation de chaque unité, la recherche de solutions à moindre coût s'avère une nécessité sine qua non et une vision macroéconomique serait une alternative. Le secteur privé tient un rôle important dans la diffusion des digesteurs domestiques et l'intervention de l'Etat pourrait être un facteur dynamisant la vulgarisation de cette technologie. Notre pays pourrait ainsi dans un avenir très proche bénéficier de revenus grâce aux ventes de crédits carbone favorisant l'expansion de cette merveille technologique aux mains des paysans malagasy les plus défavorisés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BATES, L., 2007. Le biogaz. Practical Action. The Schumacher Centre Bourton-on-Dunsmore Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ Royaume-Uni. 8p.

CAFIPOC. 1996. Traitement des effluents de porcheries en zone caraïbe. Rapport CIRAD-EMVT n° 96059. 77p.

DABERT, P., 2014. Composition des digestats de méthanisation. Irstea - UR GERE Rennes. 17p.

DELFOSSÉ, P., 2011. Microbiologie de la digestion anaérobie. Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann. 20p.

DESSUS, B., 2008. Le méthane d'origine agricole, cible à privilégier dans la lutte contre le changement climatique. La Revue Durable n°29. 6p.

DINEPA (Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement), 2011. Construction d'un biodigester biogaz. Programme Biogaz Haïti – Stratégie 2010-2012. 5p.

HAMDI, M., 1991. Nouvelle conception d'un procédé de dépollution biologique des margines, effluents liquides de l'extraction de l'huile d'olive. Thèse de Doctorat. Mention Sciences. Biologie cellulaire – Microbiologie. Université de Provence Aix-Marseille. pp. 30-45.

INSTAT/DSM/EPM, 2010. Enquête périodique auprès des ménages 2010 Rapport principal

KUPPER T., & FUCHS, J., 2007. Compost et digestat en Suisse. Étude n° 1 : Micropolluants organiques dans le compost et le digestat; Etude n° 2 : Influences des composts et des digestats sur l'environnement, la fertilité des sols et la santé des plantes. Connaissance de l'environnement N°0743. Office fédéral de l'environnement, Berne. 124 p.

M'SADAK, Y., M'BAREK, A., B., ZOGHLAMI, R., I., & BARAKET, S., 2012. Caractérisation quantitative et qualitative de la productivité énergétique de digesteurs pilotes de déjections animales. Revue de Génie Industriel ISSN 1313-8871, pp. 46-55.

Références bibliographiques

M'SADAK, Y., & BARAKET, S. 2012. Intérêts Environnemental et Agronomique de la Biométhanisation Rurale Bovine dans le Contexte Tunisien. Rencontres Recherches Ruminants, pp.161.

MANOELY, H., 2010. Etude de faisabilité technico-économique de production de biogaz et de fertilisants organiques par méthanisation de fientes de cailles. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome. Département Industries Agro-Alimentaires. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Université d'Antananarivo. 122p.

MARCHAND, H., 2012. Le biogaz domestique : accès à l'énergie et écologie. Revue de Sortir du Nucléaire n°55, pp. 44-47.

MIGNON, C., 2009. Biométhanisation : utilisation du digestat comme fertilisant en agriculture. VALBIOM. 15p.

OLLIVIER, B., 1987. Fermentation méthanique par des cultures mixtes définies de bactéries thermophiles. Thèse de Doctorat. Mention Sciences. Biologie cellulaire – Microbiologie. Université de Provence Aix-Marseille. pp. 4-15.

PLAN COMMUNAL DE DEVELOPPEMENT 2005: SOANIERANA, AMPASY NAHAMPOANA, MANAMBARO et ANKARAMENA.

POURCHER, A., 2015. Impact de la digestion anaérobie sur les pathogènes - Revue bibliographique. Journées Recherche et Industrie biogaz méthanisation. Rennes. 31p.

POULLEAU, J., 2002. Caractérisation des biogaz, bibliographie, mesures sur site. Rapport final. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS). 31p.

RAMAMPIHERIKA , K., D., 1997. Biométhanisation appliquée à la valorisation agro-énergétique et chimique des déchets : développement lié à la protection de l'environnement côtier et marin. Thèse de Doctorat de troisième cycle en Biotechnologie Marine. Institut Halieutique et de Sciences Marines. Université de Toliara. 100p.

SUILIAN, L., 2012. The management and maintenance of Rural Household Biogas System. Ecological Energy Bureau of Baojing County. 77p.

Références bibliographiques

TOU, I., IGOUD, S., et TOUZI, A., 2001. Production de biométhane à partir des déjections animales. Revue Energies Renouvelables : Production et Valorisation – Biomasse. pp. 103-108.

VALLET, A., 1994. Les risques de transmission de maladies infectieuses ou parasitaires par les effluents d'élevage de ruminants. Institut de l'Elevage, 149, rue de Bercy, F-75595 Paris cedex 12. pp. 431-442.

WEBOGRAPHIE

www.ecologie.gouv.fr, consulté le 07/11/14

www.id-ong.org/er, consulté le 07/11/14

ANNEXES

Liste des Annexes

Annexe I - Cadre logique du projet FAFAFI Biogaz de Taolagnaro	II
Annexe II - ONG FAFAFI	III
Annexe III - ID ou Initiative Développement	VIII
Annexe IV - NORAD ou Agence de Coopération Norvégienne pour le Développement	XI
Annexe V - AMITY FOUNDATION	XII
Annexe VI - Présentation des familles bénéficiaires	XIII
Annexe VII - Scellement et installations en quelques clichés	XIX
Annexe VIII - Biogaz au quotidien en quelques clichés	XX
Annexe IX - Cadre logique du projet de mémoire	XXI
Annexe X - Chronogramme des activités	XXII

Annexes

Annexe I - Cadre logique du projet FAFAFI Biogaz de Taolagnaro

Résumé descriptif	Indicateurs Objectivement Variables	Moyens de vérification	Hypothèses
BUT Contribuer à la protection de l'environnement	Réduction du taux de déforestation en fin 2015	Rapport du MEEMF*	Le pays connaît une stabilité politique
OBJECTIF Promouvoir l'utilisation du biogaz familial comme source d'énergie en milieu rural	80% des sites biogaz installés sont fonctionnels à la fin du projet	Rapport d'évaluation finale du projet	L'environnement socio-économique rural est favorable
OUTPUTS -Les digesteurs familiaux ont été construits et installés -L'utilisation du biogaz a réduit les consommations en bois/charbon des bénéficiaires -Les conditions de vie des familles ont été améliorées	-18 biodigesteurs construits au total en fin 2014 -Quantité de bois/charbon utilisée réduite à plus de 50% -Augmentation du revenu	Rapport d'enquêtes Rapports périodiques	
ACTIVITES -Sensibilisation sur la protection de l'environnement -Formation de techniciens biogaz locaux -Recherche de bénéficiaires -Constructions et installations des digesteurs -Accompagnement des familles bénéficiaires -Formation des bénéficiaires sur le biogaz -Transfert de compétence aux familles -Formation des femmes bénéficiaires en des activités génératrices de revenu (AGR)	-Conscientisation sur la protection de l'environnement (formations) -Nombre de formations effectuées et de participants -Nombre de techniciens formés -18 digesteurs fonctionnels en 2015 -18 familles indépendantes du technicien en 2015 -Nombre de femmes engagées dans de nouvelles/autres AGR	Rapports d'activités Rapports de formation Fiches de présence Rapports de suivis	-Les recrues locaux au poste de techniciens biogaz sont motivés -Les familles intéressées sont motivées par le projet -Les matériaux de construction sont disponibles localement -Les formateurs sont disponibles localement -Les bénéficiaires sont réceptifs aux formations et aux accompagnements
*Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie, de la Mer et des Forêts			Le financement du projet et les kits biogaz sont disponibles à temps

Source : FAFAFI, 2012

Annexe II - ONG FAFAFI



FAnentananaFAmbolenaFIompiana ou FAFAFI Manantantely

Projet de développement rural et de gestion rationnelle des ressources naturelles

« Mivavaka–Miasa » Synode Régional de Tolagnaro - Eglise Luthérienne Malagasy

L'évangélisation que l'Eglise Luthérienne Malagasy (ELM) mène est de deux aspects :

- La prédication de la Parole de Dieu qui conduit les individus à la découverte du salut de Jésus Christ
- Le témoignage par les actes de l'amour de Jésus Christ en contribuant à l'amélioration de la condition de vie de ses prochains.

Pour concrétiser ce deuxième aspect, l'ELM a créé un Département de développement qui est subdivisé en trois services : les Services de la Scolarisation, de la Santé et du Développement rural. La FAFAFI qui est fonctionnelle depuis 1989 est le niveau opérationnel du service de développement rural dans les deux synodes de l'Androy et de l'Anôsy englobant six sous-préfectures du sud. L'objectif global de FAFAFI est d'appuyer les paysans pour promouvoir un développement durable basé sur l'utilisation rationnelle des ressources et potentialités locales et visant les sécurisations alimentaire et socio-économique.

DENOMINATION & COORDONNES

Dénomination de l'ONG : FanentananaFambolenaFiompiana ou FaFaFiManantantely

Adresse: BP 161, Bazarikely-Tolagnaro (614), Tél. 92 212 77, e-mail: fafafitale@gmail.com

Premier Responsable : Mr TIARO Gabriel, Tél. 033 12 415 27

Responsable administratif et financier : Mr LIVERA Bevazaha, Tél. 033 12 516 77

ZONES POTENTIELLES D'INTERVENTIONS

Toute l'étendue de l'ex-Préfecture de Fort-Dauphin, c'est-à-dire les Régions Androy et Anôsy.

DOMAINES D'INTERVENTIONS

Les domaines concernés par ses activités sont :

- Agriculture : riziculture améliorée, cultures sur tanety dont les plantes à tubercules, cultures maraîchères, lutte intégrée (biologique et chimique) contre les insectes
- Agro-écologie et Gestion des ressources naturelles : agroforesterie, assolement et rotation, compostage et fumier artificiel, Reboisement
- Elevage : apiculture, pisciculture, amélioration de race porcine, élevage aviaire, diffusion de culture de cactus inerme, soins vétérinaire et traditionnel des animaux (curatif et prophylactique)
- Animation et mobilisation de la communauté en vue d'une activité communautaire

STRATEGIES D'INTERVENTIONS

1. DIVERS ASPECTS SUR LES APPROCHES ADOPTEES

1.1. APPROCHE GENRE

- Prioriser les paysans pauvres actifs
- Favoriser une « approche ménage globalisée »
- Développer une stratégie d'intégration féminine
- Eviter le favoritisme de l'appartenance religieuse

1.2. VULGARISATION ET APPROCHE PARTICIPATIVE

- Vulgarisation : Les moyens et les riches qui ont leurs exploitations plus ou moins orientées ont besoin d'appui pour l'amélioration des techniques de production bien définis : Développer avec eux un système d'appui basé sur l'approche filière.
- L'approche participative ponctuelle : Les pauvres doivent être appuyés pour analyser leur véritable situation et définir par la suite comment s'y prendre et par où commencer. Le projet doit ainsi beaucoup plus investir en terme de temps d'abord, puis après, en terme de moyens afin de toucher le réel besoin de cette catégorie de bénéficiaires.
- Sensibilisation thématique : Le constat est que la sauvegarde de l'environnement ne figure pas souvent dans la priorité des paysans. Or, sans interventions majeures dès maintenant dans ce domaine, celui-ci pourra être dans une situation critique voire irréversible tant dans l'Anôsy que dans l'Androy. Il est ainsi nécessaire de systématiquement prendre en compte l'aspect environnemental de toutes les

Annexes

innovations à aborder, d'un. Et de deux, toute action de développement doit s'accompagner de sensibilisation et de concrétisation de restauration environnementale.

1.3. APPROCHE GROUPEMENT

Dans nos interventions, le groupement n'est pas un objectif en soi : c'est plutôt un moyen pour atteindre les objectifs. En effet, la création d'un groupement doit émaner de l'aspiration des bénéficiaires eux-mêmes et quand c'est jugé opportun, sous l'appui des techniciens animateurs. L'intervention au niveau d'un groupement met en valeur les MAFA (MAsoivohon'nyFAMPANDROSOANA) auxquels doivent être affiliés ceux-ci pour la conduite de l'apprentissage.

2. METHODOLOGIE D'INTERVENTION

2.1. MISE EN VALEUR DES PARTENAIRES RELAIS

- Paysan pilote évoluant en MAFA (MAsoivohon'nyFAMPANDROSOANA = Ambassadeur de développement) selon les critères :
 - ouverture vis-à-vis d'une innovation donnée et aptitude d'en maîtriser la reproduction par ses propres pratiques, (appropriation de l'innovation)
 - disponibilité et volonté d'aider les voisins qui veulent pratiquer (sa propagation)
- Paysan copieur : C'est celui qui prend une self résolution de pratiquer à sa propre manière ce qui l'intéresse de l'innovation constatée sans bénéficier aucune assistance. A étudier avec intérêt car autopromotion absolue.

2.2. CHOIX DE SITES D'INTERVENTION

La délimitation de zone d'intervention future peut ne pas se contenter de limite territoriale d'un district/commune mais plutôt de la physionomie socio-économique (terroir).

2.3. EVANGELISATION EN TANT QUE STRATEGIE D'INTERVENTION

Annexes

L'évangélisation figure parmi l'importante mission de FAFABI. L'évangélisation que l'Eglise Luthérienne Malagasy (ELM) mène est de deux aspects. (i) La prédication de la Parole de Dieu qui conduit les individus à la découverte du salut de Jésus Christ. (ii) Le témoignage par les actes de l'amour de Jésus Christ en contribuant à l'amélioration de la condition de vie de ses prochains. C'est une « évangélisation par les actes » dont la concrétisation est de :

- agir par amour pour manifester l'Amour de Jésus envers tous les humains, sans exception et
- mener les activités avec droiture et justice.

FINANCEMENT STRUCTUREL

Les activités de l'Eglise Luthérienne réalisées à travers FAFABI étaient au début financées par la Fédération Luthérienne Mondiale.

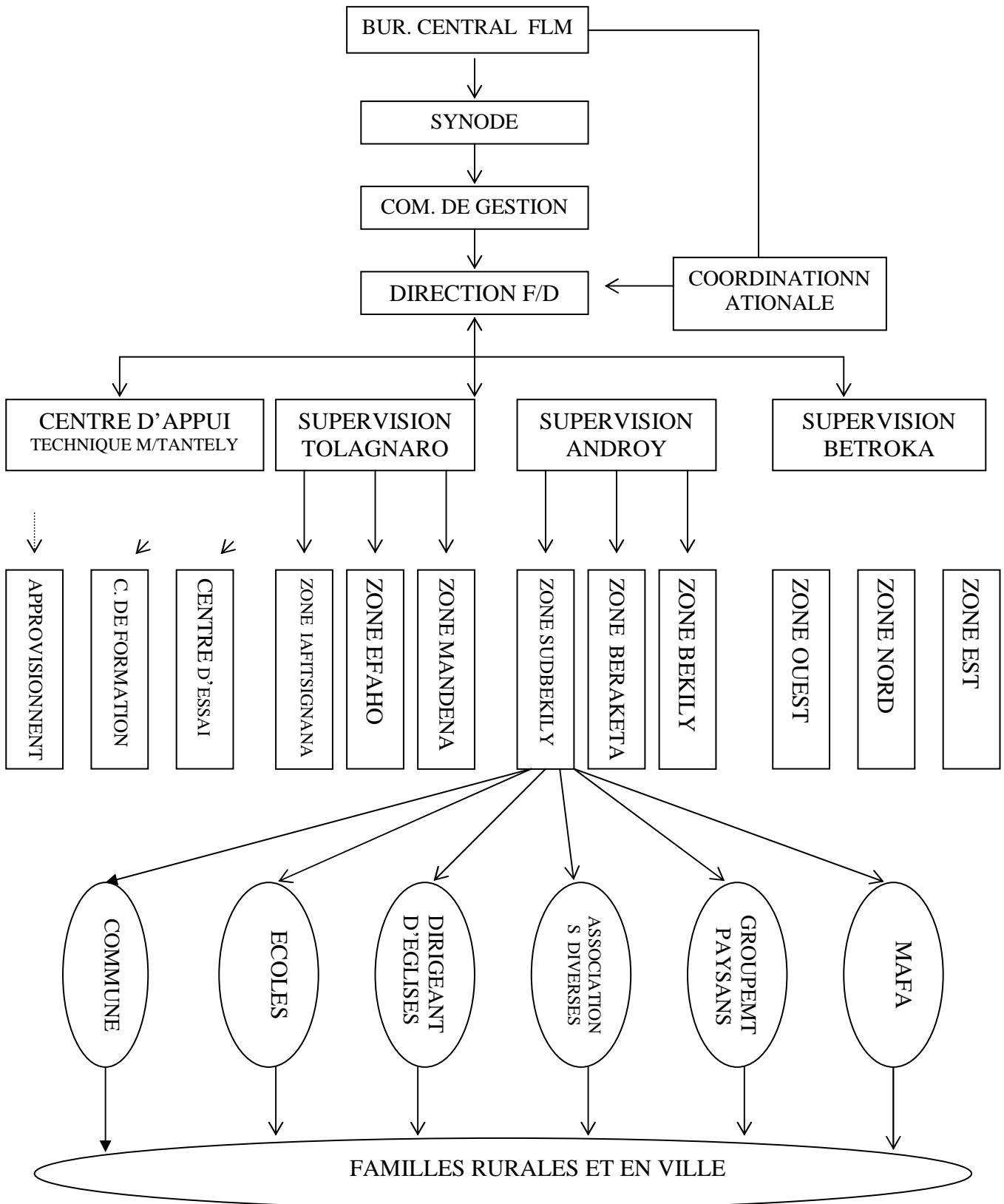
Depuis 2002, celle-ci a encouragé notre ouverture de collaboration avec divers autres partenaires financiers et techniques.

Notre organisation a toujours activement participé à toute forme d'échange et collaboration entre entités de développement opérant dans la région du sud.

ORGANIGRAMME

Annexes

STRUCTURE D'ORGANISATION DE TRAVAIL DE FAFAFI MANANTANTELY



Annexe III - ID ou Initiative Développement

Depuis 1994, avec ses 20 programmes répartis dans 7 pays de part le monde, ID accompagne des communautés défavorisées des pays du Sud selon deux axes : Assurer une réponse durable aux besoins de base et donner les moyens d’agir à des structures locales. Les domaines d’expertises sont : Développement local, Santé, Éducation, Agriculture, Eau & assainissement et Énergie & environnement.

Le Pôle Energies Renouvelables d’ID développe des projets énergétiques et environnementaux (biogaz, cuiseurs économes, distillation améliorée, reforestation) en Chine, aux Comores, au Congo Brazzaville, en Haïti et au Tchad, ayant pour objectif d’améliorer l’environnement et les conditions de vie des bénéficiaires. L’appropriation durable des projets par les bénéficiaires est le leitmotiv de ces actions.

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET CHINE-BIOGAZ

Les provinces du Yunnan et du Guizhou sont caractérisées par une forte pauvreté et un environnement dégradé. Le bois et le charbon y représentent la principale source d’énergie. Dès 2005, Initiative Développement met en place des projets de biodigesteurs familiaux permettant de produire du gaz à partir d’excréments animaux et humains pour la cuisson et l’éclairage.



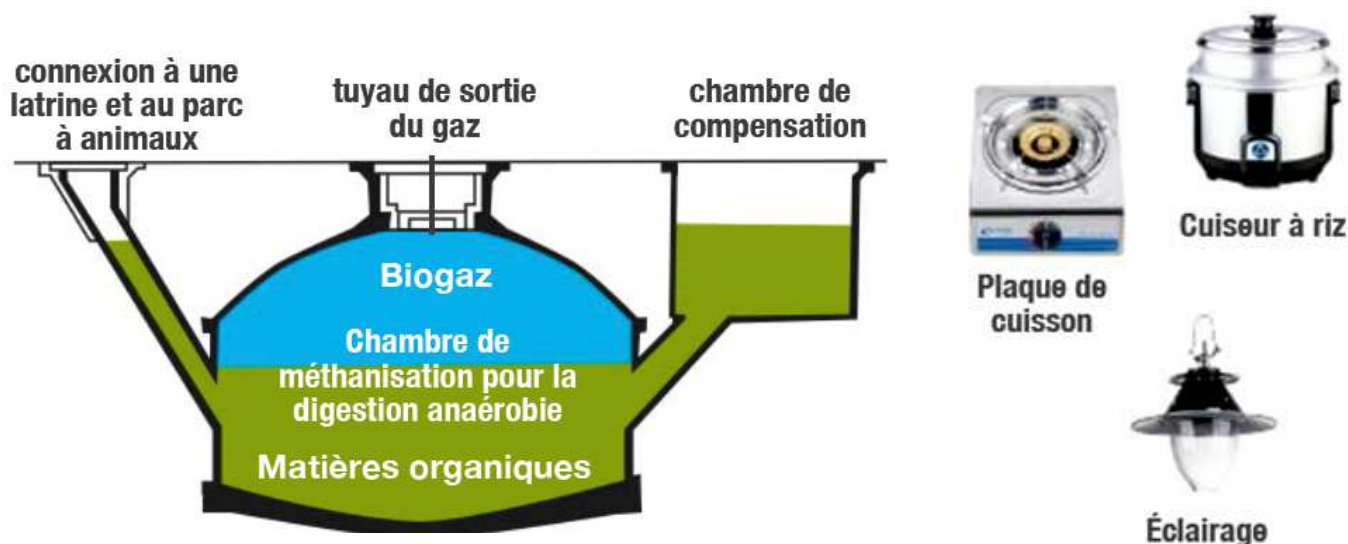
L’utilisation d’un biodigesteur permet d’économiser l’équivalent de 5kg de bois ou 8kg de charbon fossile par jour tout en améliorant l’assainissement par la construction de latrines reliées au réservoir. ID renforce son action par les formations dispensées aux bénéficiaires sur l’utilisation et l’entretien des réservoirs à biogaz. ID est la deuxième organisation au monde à avoir délivré des crédits carbone « Biogaz ». Grâce aux revenus générés par la vente des crédits carbone, ID peut assurer un suivi de qualité à long terme de ce projet. Simplifier l’accès à l’énergie pour s’éclairer ou cuisiner améliore directement le quotidien et les conditions de vie des communautés rurales défavorisées. Le besoin de maintenance et de formation constitue d’autre part un levier fort pour la création d’emplois.

- ❖ *2 750 BIO-DIGESTEURS DIFFUSÉS DEPUIS 2007*
- ❖ *Familles rurales défavorisées du sud-ouest de la Chine (13 750 bénéficiaires directs)*
- ❖ *Ce projet a été récompensé en 2011 par un Energy Globe Award*

Annexes

DIGESTEUR ET PRODCUTION DE BIOGAZ

Le biogaz est formé par la fermentation de matières organiques (humaines, animales ou végétales), en milieu anaérobie (absence d'oxygène). La méthanisation dans le digesteur génère du biogaz qui est collecté pour alimenter un cuiseur à gaz ou une lampe.



Présentation du digesteur et des kits

Source : www.id-ong.org/er

CONTRIBUTION D'ID ET DES COMMUNAUTES

ID fournit les matériaux (sable, ciment, acier) et le système d'exploitation (tuyaux, cuiseurs, lampes). ID subventionne également des cuiseurs à riz fonctionnant au biogaz. Les bénéficiaires apportent la main d'œuvre pour creuser la fosse et pour construire le réservoir. Ils sont épaulés par les techniciens d'ID. Il faut compter 2 à 3 semaines de chantier.

FORMATION ET SUIVI

ID dispense à chaque bénéficiaire une formation sur l'utilisation et l'entretien du réservoir, sur l'hygiène et l'environnement et assure régulièrement un suivi des installations pendant au moins 7 ans.

BÉNÉFICE SOCIAL

- Énergie propre et facile à utiliser : 4 à 6 heures de biogaz par jour pour la cuisine et l'éclairage
- Gain de temps et d'argent : 1h de moins par jour à cuisiner grâce au biogaz, réduction de la corvée de bois (30 minutes de moins par jour pour ramasser du bois) ou du budget annuel

Annexes

d'un ménage grâce aux économies sur l'achat de charbon fossile (500RMB ou 60€ en moyenne par foyer grâce au biogaz, environ 1/10 du revenu annuel du foyer)

- Engrais naturel gratuit : Grande capacité fertilisante des matières issues de la méthanisation.
- Meilleure hygiène : Construction de latrines reliées au réservoir
- Amélioration de la qualité de l'air : Diminution des fumées nocives dans les maisons

BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL

Lutte contre la déforestation : 5kg de bois ou 8kg de charbon fossile économisés par jour

Lutte contre les émissions de gaz à effet de serre : 3,5tonnes équivalentes de CO₂ peuvent être économisées par an et par réservoir à biogaz familial



Mr et Mme Liu : « Grâce au biogaz, les enfants peuvent désormais prendre un repas chaud avant d'aller à l'école. Avant, c'était impossible car il fallait une heure pour allumer le poêle à charbon. Le charbon est très cher: 25Yuans (3€) pour 5jours. Aujourd'hui nous faisons des économies. »

Source : www.id-ong.org

Zhao Shunguo : « Le biogaz nous permet vraiment de faire des économies et les latrines nous sensibilisent à l'hygiène. Je vais bientôt aménager ma porcherie pour produire plus de biogaz ! »



Source : www.id-ong.org

Annexes

Annexe IV - NORAD ou Agence de Coopération Norvégienne pour le Développement

Enoncé

L'objectif de la coopération norvégienne pour le développement NORAD est de contribuer à l'amélioration des conditions économiques, sociales et politiques des populations des pays en voie de développement, en cherchant plus particulièrement à ce que l'aide au développement bénéficie aux populations les plus démunies.

Les activités de NORAD sont basées sur les cinq principaux objectifs de la coopération norvégienne au développement qui accorde la priorité au développement de l'éducation, plus particulièrement en Afrique.

Types d'aide offerte	Financement direct; Assistance technique; Liens institutionnels; Aide matérielle (p.ex., livres, équipements, etc.); Etudes / recherches.
Voies de prestation	L'aide est offerte uniquement à travers des partenariats avec les institutions des pays donateurs et via des accords de coopération avec les ministères nationaux.
Types d'institutions recevables	Universités; Collèges techniques; Instituts et centres de recherches.
Priorités thématiques de l'aide	NORAD n'a pas de thème prioritaire particulier.
Bénéficiaires cibles	Les femmes; Les enseignants / le personnel académique; Les chercheurs.
Restrictions géographiques	L'aide est limitée au pays d'Afrique subsaharienne, plus particulièrement aux pays anglophones et à l'Asie du Sud.
Document de politique de référence publique	NORAD dispose d'un document de référence à l'usage du public intitulé " <i>Stratégie de renforcement de la recherche et de l'enseignement supérieur dans le contexte des relations norvégiennes avec les pays en voie de développement</i> " publié par le Ministère Norvégien des Affaires Etrangères en juin 1999.
Procédures générales de Demande d'aide	Les demandes peuvent être déposées auprès des ambassades norvégiennes dans le cadre de la coopération entre Etats, et auprès du Conseil Universitaire Norvégien à Bergen dans le cadre des liens universitaires.

Annexe V - AMITY FOUNDATION

AmityFoundation est une organisation indépendante et bénévole créée en 1985 à l'initiative de chrétiens établis en République populaire de Chine, avec pour principal objectif d'aider les régions pauvres du pays à se développer. Son siège est à Nanjing et une branche de l'organisation se trouve à Hong Kong. L'organisation est également connue pour son imprimerie, l'Amity Printing Company, le plus grand producteur de bibles en Chine.

De la foi aux actions sociales

L'une des forces motrices à l'origine de l'AmityFoundation a été le désir des chinois chrétiens qui, comme d'autres groupes religieux ont subi des persécutions notamment au cours de la Révolution culturelle, de contribuer à la reconstruction et au développement de la société. Dès le début, l'organisation a contribué au développement de l'éducation, des services sociaux, de la santé et du développement rural des provinces côtières de la Chine à l'est, ainsi que dans les régions de l'Ouest où vivent les minorités. De nos jours, l'organisation ne se considère pas comme confessionnelle, mais plutôt comme une organisation engagée qui travaille autant avec des chrétiens que des membres d'autres communautés religieuses et athées. D'autres organisations partenaires ont salué le travail et l'activité de l'AmityFoundation.

Activités

- Les opérations de secours
- Travail social soutenu et dirigé par l'église
- Enseignement médical dans les régions les plus pauvres de la Chine
- Sensibilisation au SIDA/VIH et formation sur la prévention
- Éducation à la campagne et pour les enfants des travailleurs migrants
- Enseignement spécialisé (par exemple, travail avec des enfants sourds ou handicapés)
- Prise en soin des orphelins
- Protection de l'environnement
- Développement intégré (par exemple, offre des soins de santé de base, la scolarisation, l'énergie propre, la formation professionnelle agricole et la microfinance à des communautés villageoises)

Annexe VI - Présentation des familles bénéficiaires

1. FAMILLE de : Mme RAZAFISOA Marie Christine

- LOCALITE: EMANDISO, Commune AMPASY
- TAILLE DE LA FAMILLE et SEXE (M/F):16 dont 06 (M) et 10 (F)
- NOMBRE DE BOEUFS: 12têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: moins de 25m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture, culture maraîchère, apiculture, poules pondeuses
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 12/11/12 et 15/12/12
- DATE DE SCELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 15/03/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système Biogaz bien opérationnel depuis 10/07/14

2. FAMILLE de : Mr FIANARA

- LOCALITE: ANOSY BE, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE et SEXE (M/F):13 dont 08 (M) et 05 (F)
- NOMBRE DE BOEUFS: 10têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: moins de 25m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture, culture maraîchère
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 11/03/13 et 22/03/13
- DATE DE SCELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 17/07/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système Biogaz bien opérationnel depuis le 22/07/14

3. FAMILLE de : Mme NIRISOA Espérée

- LOCALITE: BELAMONTY, Commune FORT-DAUPHIN
- TAILLE DE LA FAMILLE: 7 dont 04 (M) et 03 (F)
- NOMBRE DE BOEUFS: (approvisionnement extérieur)
- ACTIVITES AGRICOLES:Elevage porcin
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 15/12/13 et 10/01/13
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel, remis sur pied depuis le 18/11/14

4. FAMILLE de : Mr RAINISOA Jean Donald

- LOCALITE: ANALABENDRA, Commune AMPASY
- TAILLE DE LA FAMILLE et SEXE (M/F):08 dont 04 (M) et 04 (F)
- NOMBRE DE BOEUFS: (approvisionnement extérieur)
- ACTIVITES AGRICOLES : élevage de porcs
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 13/08/14 et 21/08/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 28/02/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015 : En attente de la pression adéquate après scellement

5. FAMILLE de : Mr LAMBO Jellet

- LOCALITE: ANOSY BE, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE et SEXE (M/F):19 dont 13 (M) et 06 (F)
- NOMBRE DE BOEUFS: 18têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: moins de 25m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture, culture de patate douce, élevage de volailles
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 26/08/14 et 05/09/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 09/10/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système biogaz opérationnel depuis le 28/10/14

6. FAMILLE de : Mr RAZANASOA Robertin

- LOCALITE: ANOSY BE, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE et SEXE (M/F):12 dont 05 (M) et 07 (F)
- NOMBRE DE BOEUFS: 15têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: moins de 25m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture, culture de manioc et de patate douce
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 12/09/14 et 16/09/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 31/10/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Rechargement en cours de finition

7. FAMILLE de : Mme RAZANAMAMPIONONA Dolly

- LOCALITE: FAHATSIAROVANA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE et SEXE (M/F): 07 dont 02 (M) et 05 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 2têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 100m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture, culture maraîchère, porciculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 20/09/14 et 24/09/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 15/10/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel, remis sur pied le 04/02/15

8. FAMILLE de : Mr RANDRIAMAHEFA Clovis Romain

- LOCALITE: ANTETEZANA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE: 07 dont 03 (M) et 04 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 15têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: moins de 50m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture, élevage akohogasy
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 23/09/14 et 26/09/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 17/10/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel, remis sur pied le 11/01/15

9. FAMILLE de : Mr MANERA Hery Emilien

- LOCALITE: AMBANITSENA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE: 10 dont 03 (M) et 07 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 30têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: plus de 500m
- ACTIVITES AGRICOLES: Riziculture et culture maraîchère
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 13/10/14 et 17/10/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 30/10/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système bien opérationnel depuis le 10/11/14

10. FAMILLE de : Mr RAKOTOFIRINGA Dieu-Donné

- LOCALITE: MAROMITSIOKY, Commune SONIERANA
- TAILLE DE LA FAMILLE: 06 dont 04 (M) et 02 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 08têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 50m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture, culture de manioc, élevage poules pondeuses, porciculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 11/11/14 et 17/11/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 06/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 10/01/15

11. FAMILLE de : Dr BE José RANDRIANIRINA

- LOCALITE: FAHATSIAROVANA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE: 15 dont 07 (M) et 08 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 13têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 100m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture, porciculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 21/11/14 et 27/11/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 17/12/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 09/01/15

12. FAMILLE de : Mr IJO GASTON

- LOCALITE: EBOBAKY, Commune SONIERANA
- TAILLE DE LA FAMILLE: 21 dont 15 (M) et 06 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 07têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: moins de 25m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture et culture de manioc
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 28/11/14 et 04/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 07/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 12/01/15

13. FAMILLE de : Mr VOTSIRA JEAN

- LOCALITE: ANDRAMAKA, Commune SOANIERANA
- TAILLE DE LA FAMILLE: 08 dont 05 (M) et 03 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 07têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 50m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture, cultures maraichères, porciculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 05/12/14 et 10/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 10/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 11/01/15

14. FAMILLE de : Mr ROLLAND

- LOCALITE: AMBANITSENA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE: 15 dont 07 (M) et 08 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 13têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 500m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 10/12/14 et 15/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 23/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 04/02/14

15. FAMILLE de : Mr GILBERT PARFAIT

- LOCALITE: SOAMANONGA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE: 12 dont 08 (M) et 04 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 05porcs
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 100m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture, porciculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 16/12/14 et 19/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 29/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 11/02/14

16. FAMILLE de : Mr RAHITA MARTHAL

- LOCALITE: AMBANITSENA, Commune MANAMBARO
- TAILLE DE LA FAMILLE: 08 dont 05 (M) et 03 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 08têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 100m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 18/12/14 et 24/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 26/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 04/02/14

17. FAMILLE de : Mr MONJA VENANCE

- LOCALITE: ANALAHOVA, Commune SOANIERANA
- TAILLE DE LA FAMILLE: 09 dont 05 (M) et 04 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 32têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: plus de 500m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture, culture de maniocs, cultures maraichères
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 21/12/14 et 24/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 28/01/15
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Système opérationnel depuis le 06/02/14

18. FAMILLE de : Mr BRECHAR

- LOCALITE: Commune ANKARAMENA
- TAILLE DE LA FAMILLE: 04 dont 02 (M) et 02 (F)
- NOMBRE DE BOEUFs: 40têtes
- DISTANCE ENTRE MAISON ET PARC: environ 50m
- ACTIVITES AGRICOLES:Riziculture, culture de maïs
- DATES DE DEBUT ET FIN DE CONSTRUCTION: 27/12/14 et 30/12/14
- DATE DE SCHELLEMENT ET DEBUT INSTALLATION: 11/02/14
- SITUATION AU 1^{er} MARS 2015: Attente de la montée de gaz

Annexes

Annexe VII- Scellement et installations en quelques clichés



1 Couverture du digesteur imprégné d'argile

2 Mise en place du couvercle

3 Rabaissement du couvercle

4 Couvercle rabaissé

5 Imprégnation d'argile

6 Tuyau connecté à la sortie (pipe)

7 Remplissage d'eau

8 Mise en place du filtreur (décanteur)

9 Installations intérieures

Annexes

Annexe VIII - Biogaz au quotidien en quelques clichés



Annexes

Annexe IX - Cadre logique du projet de mémoire

Résumé descriptif	Indicateurs Objectivement Variables	Moyens de vérification	Hypothèses
<u>BUT</u> Contribuer à la recherche sur les projets biogaz	Utilisation comme support pour des projets biogaz ultérieurs	Rapports d'étude projets	Le projet FAFAFI Biogaz 2012-2014 poursuit son cours jusqu'à terme
<u>OBJECTIF</u> Dégager l'importance d'un projet d'investissement dans l'implantation de digesteurs à biogaz familiaux	Appui financier du projet jusqu'aux ¾ des coûts totaux	Rapport d'évaluation finale du projet	L'environnement socio-économique rural demeure toujours favorable au projet
<u>OUTPUTS</u> -Les digesteurs familiaux ont été construits et installés -La production de biogaz a été optimisée -Le projet biogaz a permis d'améliorer les conditions de vie des familles	-18 biodigesteurs construits au total en fin 2014 -Performance d'utilisation du biogaz -Augmentation du revenu	Rapport final du projet Journaux Biogaz et manomètres Rapport d'enquêtes Résultats du mémoire	-La fermentation anaérobique de bouses bovines+eau permet de produire du biogaz -La production de biogaz dépend de la qualité de déjections et de sa quantité -Les familles bénéficiaires du projet trouvent leurs conditions de vie améliorées
<u>ACTIVITES</u> -Etudes bibliographiques -Imprégnation au projet FAFAFI Biogaz -Elaboration de protocole de recherche -Suivis des digesteurs installés -Installation et suivis des unités biogaz restantes -Optimisation de la production de biogaz -Accompagnement des familles bénéficiaires -Enquêtes sur les familles bénéficiaires -Rédaction de rapports mensuels -Expérimentation sur les digestats -Collectes, analyse et traitement de données -Rédaction du mémoire -Soutenance	-Nombre de documents consultés ayant une pertinence avec le sujet -Appréhension du contexte du projet -Nombre de descentes sur terrain -18 digesteurs fonctionnels en 2015 -Obtention de fiches de données sur les familles bénéficiaires -18 familles indépendantes du technicien en 2015 -Obtention de résultats d'expérimentation des digestats -Fixation de date de soutenance	Références bibliographiques du mémoire Rapports d'activités Rapports de suivis Résultats du mémoire	-L'ONG FAFAFI a ouvert ses portes pour le stage mémoire -Les familles intéressées sont motivées par le projet -Le moyen de déplacement et les équipements sont disponibles le stage durant -Les matériaux de construction sont disponibles localement -Les bénéficiaires sont réceptifs aux formations et aux accompagnements
			Le financement du projet et les kits biogaz sont disponibles à temps

Références bibliographiques

Annexe X - Chronogramme des activités

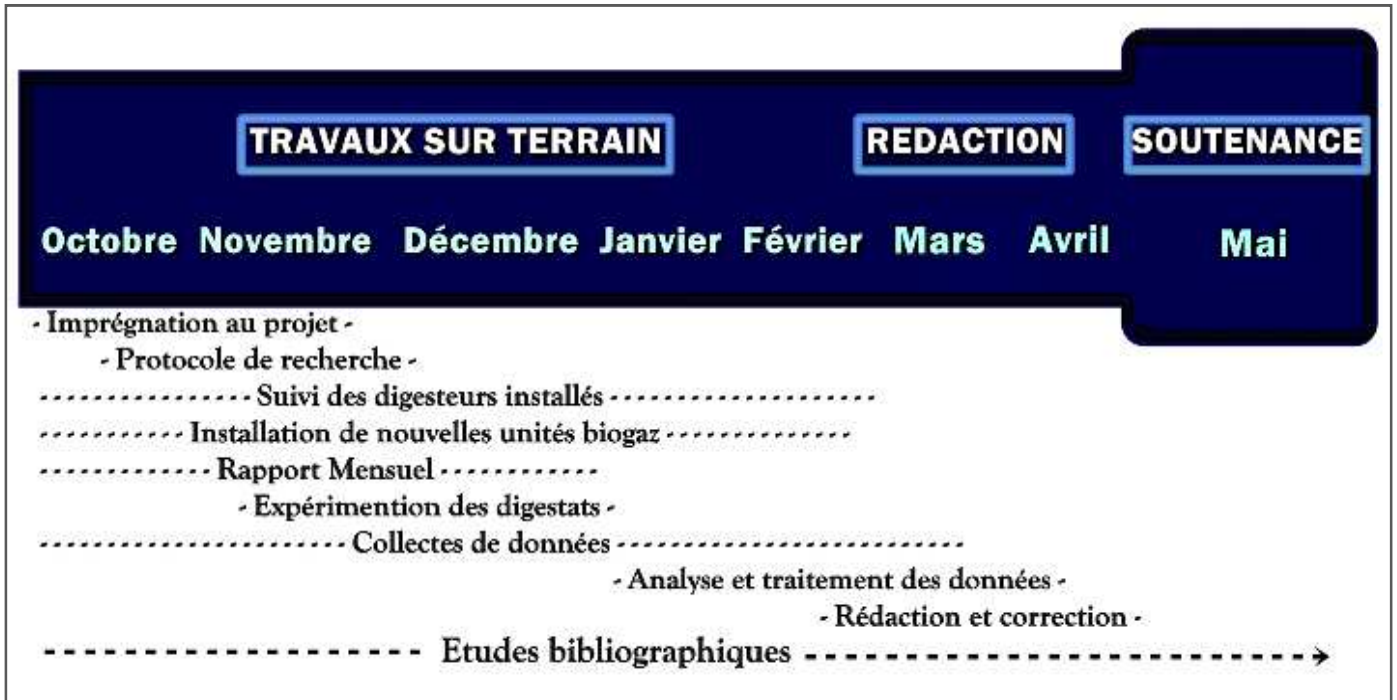


TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	iii
GLOSSAIRES.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES PHOTOS.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Méthanisation	3
1.1. Description du processus de la méthanisation.....	3
1.2. Microbiologie de la digestion anaérobie	5
1.3. Résultats de la digestion	5
2. Biogaz.....	6
2.1. Paramètres physico-chimiques	6
2.2. Composition chimique du biogaz	7
2.3. Utilisations et valorisations du biogaz.....	8
3. Digesteurs	9
3.1. Digesteurs à cloche flottante.....	9

Table des matières

3.2.	Digesteurs à dôme fixe	10
3.3.	Digesteurs Borda	11
PARTIE II. MATERIELS ET METHODES		13
1.	Présentation de la zone d'étude	13
2.	Matériels	15
2.1.	Matériaux, matériels et main d'œuvre	15
2.2.	Moules et kits biogaz	16
2.3.	Approvisionnements en fumier	17
2.4.	Equipements de terrain	17
2.5.	Outils de suivis	18
3.	Méthodes.....	18
3.1.	Travaux sur terrain.....	18
3.2.	Méthodes d'enquêtes et d'observations.....	22
3.3.	Traitement et analyse des données	22
PARTIE III. RESULTATS.....		23
1.	Caractéristiques du biodigesteur familial	23
2.	Production de biogaz et optimisation	25
2.1.	Production de biogaz et performances des kits	25
2.2.	Utilisation du biogaz au sein des familles bénéficiaires.....	26
2.3.	Optimisation	27

Table des matières

3.	Impacts du projet biogaz sur les conditions de vie des familles bénéficiaires	30
3.1.	Impacts sociaux	30
3.2.	Impacts économiques	31
3.3.	Impacts agricoles	33
3.4.	Impacts écologiques	34
4.	Analyse SWOT du projet FAFABI BIOGAZ de Fort-Dauphin	34
PARTIE IV. DISCUSSIONS ET SUGGESTIONS		36
1.	Optimisation de la production de biogaz	36
2.	Risques et mesures préventives liés à l'usage du biogaz domestique	37
2.1.	Face au méthane	37
2.2.	Face aux excréments.....	37
3.	Qualités et traitements des digestats	38
3.1.	Valeur agronomique du digestat.....	38
3.2.	Précautions pour le stockage du digestat	38
3.3.	Précautions à l'épandage	39
3.4.	Importance de la séparation de phase et de post traitement	39
4.	Points forts et contraintes de la technologie	40
4.1.	Points forts de la technologie.....	40
4.2.	Limites ou contraintes	41
CONCLUSION.....		43

Table des matières

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	45
ANNEXES.....	I
TABLE DES MATIERES.....	XXIII



Thème : « Production de biogaz et impact du projet de diffusion de digesteurs dans la région Anôsy »

Résumé

La présente étude s'est opérée sur 18 familles bénéficiaires de digesteurs dans le cadre du projet FAFABI Biogaz 2012-2014 dans le District de Fort-Dauphin. Les digesteurs ont été construits à l'aide de matériaux et des matériels fournis par les familles et le projet. Des suivis systématiques ont été effectués jusqu'à l'usage quotidien du biogaz. Celui-ci est utilisé pour la cuisson 1 à 2 fois/jour ainsi que pour l'éclairage pendant 2 à 4 heures/jour. Il a été déduit que 30 à 40kg de bouses bovines fraîches répondaient aux besoins quotidiens du digesteur avec un chargement tous les 3 à 4 jours. L'étude a relevé des impacts social, économique, agricole et écologique de ce projet biogaz tels que la diminution des temps de corvées ménagères, des économies sur les dépenses en éclairage et en combustibles, l'augmentation du rendement de culture par les digestats et la réduction de pollutions de l'eau, de l'air et du sol. Les résultats obtenus se sont montrés en accord avec ceux des recherches déjà effectuées. L'ajout d'inoculum et l'agitation sont des paramètres à considérer pour les travaux d'implantation de digesteurs ultérieurs. Du fait de l'investissement très élevé de cette technologie, la recherche de solutions à moindre coût s'avère plus que nécessaire.

Mots clés : Digesteurs domestiques, FAFABI Biogaz, digestat, Fort-Dauphin

Famintinana

Ity asa fikarohanaity dia notanterahinateoanivon'ny fianakavianampahazotombontsoamiisa 18 mombailayetik'asa FAFABI Biogaz 2012-2014 aoanatin'ny Distrikan'i Taolagnaro. Ny akorasy ny fitaovanananganana ireo tobim-pamokarana dia nisy avy tamin'ireo fianakavianary nisy avy tamin'ny tetik'asa. Notanterahinako any fanarahamasora i kitra ambara-pampiasanabiogazy amin'ny andavan'andro.

Ampiasaina amin'ny fandrahoanasaka foindray na indroaisan'andro ary hazahoanafahazavanamandritrany 2 hatramin'ny 4 ora isan'androny biogazy. Zezik'omby lena 30 - 40kg noho izany no takian'ny tobim-pamokaranaisan'andro ary famahanana elanelanina 3 - 4 andro.

Nivoakatamin'ny fikarohanako ireo fiantraikan'ny tetik'asabiogazy na ara-tsosialy, na ara-ekonomika, na ara-agronomikasy ara-ekolojikatony fihenana ny fotoanalanany amin'ny fikarakarana an-dakozia, ny fihenana ny fandanianamombany jirosynsariabao na ny kitay, aoihany ko any fitomboan'ny voka-pambolena amin'ny alalan'ny faikan'ny biogazy ary ny fihenana ny fandotoanarano, rivotra ary ny tany. Nifanarakatamin'ireo voka-pikarohanahafaefavitany vokatrazotamin'ity asa ity. Amin'ny andian'asa ho avy any aoriana dia omenatoerana ny fampiasana "inoculum" sy fampifangaro haroanany ao antin'ny tobim-pamokarana. Nohony havesaran'ny teti-bola ilaina amin'ity teknolojia ity dia tokony ho laharam-pahamehana ny fitadiavam-bahaolanahampihenana ny sarany.

Tenymanan-danja: Tombim-pamokarana ho an'ny fianakaviana, FAFABI Biogaz, faikan'ny biogazy, Taolagnaro

Abstract

This project took place in 18 beneficiary families of digesters in the FAFABI Biogas project 2012-2014 in the District of Fort-Dauphin. Digesters were built using materials and equipment provided by families and the project. Systematic monitoring was carried out from construction to daily use of biogas. It is used for cooking 1 to 2 times a day and for lighting 2 to 4 hours a day. We figured out that 30 to 40kg of wet bovine excrements met the daily needs of the digester and that the feeding had to be done every 3 or 4 days. The study showed some social impact, economical impact, agricultural and ecological impacts as well to the owner of the biogas project, like the decrease of the time's housework, savings on lightening and charcoal or wood expenses, increase of crop yield by using digestates and reduce the pollution of water, air and soil. The results we got were as expected from the research already made. Adding inoculums and stirring are parameters needed to be considered in ulterior installation works. In fact the very high investment of this technology, the research of solutions low cost has become so necessary.

Key words: Household digesters, FAFABI Biogaz, digestates, Fort-Dauphin