

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES, ET ACRONYMES

INTRODUCTION GENERALE	7
PARTIE I : ETUDE GENERALE SUR LE BIOGAZ	9
INTRODUCTION PARTIELLE	10
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA BIOMASSE ET LES DIFFERENTS	
PROCESSUS DE VALORISATION ENERGETIQUE	11
Section I- LA BIOMASSE	11
Section II-LES DIFFERENTS PROCESSUS DE VALORISATION DE LA	
BIOMASSE	12
Section III- LA FERMENTATION	13
CHAPITRE II : LE BIOGAZ ET SON PROCESSUS DE PRODUCTION	14
Section I- LE BIOGAZ	14
Section II-LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DU BIOGAZ	15
Section III-LES DIVERSES UTILISATIONS DU BIOGAZ	16
Section IV-LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE PRODUCTION DU BIOGAZ	
.....	16
SectionV-CONDITIONS D'OPERATION DE LA FERMENTATION DU BIOGAZ	
.....	23
Section VI- HISTORIQUE ET SITUATION DU BIOGAZ A MADAGASCAR	28
CHAPITRE III : LES AVANTAGES ET LES CONTRAINTES DE L'UTILISATION DU	
BIOGAZ	31
Section I-POLITIQUE DE L'INTRODUCTION DU BIOGAZ A MADAGASCAR	
SELON LE PROJET : TCP/MAG PAR LA METHODE DU CADRE LOGIQUE	31

Section II-POLITIQUE DE L'INTRODUCTION DU BIOGAZ PAR LE PROJET DU MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES (MEM)	41
Section III- LES DIVERS AVANTAGES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ	42
Section IV- LES CONTRAINTES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ	48
PARTIE II: LE BIOGAZ ET LES SECTEURS ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DE MADAGASCAR	50
INTRODUCTION PARTIELLE	51
CHAPITRE I : L'ETUDE DE LA SITUATION ECONOMIQUE ACTUELLE DE MADAGASCAR	52
Section I-L'AGRICULTURE	52
Section II-L'ELEVAGE	60
Section III- LA PECHE	67
Section IV- L'ECOTOURISME	70
CHAPITRE II : LE BIOGAZ FACE AU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DE MADAGASCAR	72
Section I-ETAT DE LIEU ET LA PLACE DU BIOGAZ SUR LA POLITIQUE ENERGETIQUE DE MADAGASCAR	72
Section II -LE BIOGAZ ET L'AGRICULTURE	74
Section III-LE BIOGAZ ET L'ELEVAGE	77
CHAPITRE III : ROLES DU BIOGAZ SUR LA SITUATION ENVIRONNEMENTALE DE MADAGASCAR ET LES STRATEGIES ENVISAGEES	79
Section I- ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX	79
Section II- STRATEGIES ENVISAGEES POUR LA SYNERGIE DE LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ ET L'ECONOMIE NATIONALE	82
CONCLUSION	84
BIBLIOGRAPHIE	86
ANNEXES	89
LISTE DES TABLEAUX, FIGURES, ET GRAPHIQUES	97
TABLE DE MATIERES	99

REMERCIEMENTS

Ce présent ouvrage est le fruit de toutes nos années d'études. Il n'aurait pas été réalisé sans la contribution de nombreuses personnes à qui nous témoignons nos vives et sincères reconnaissances.

- ❖ Tout d'abord, nous voudrions remercier tous les enseignants de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de l'Université de Toamasina en particulier ceux du Département Economie, qui nous ont fournis leurs connaissances ;
- ❖ ensuite, nos remerciements vont à Monsieur **LEMIARY**, Enseignant chercheur à l'Université de Toamasina, notre encadreur enseignant qui, malgré ses diverses responsabilités, a manifesté un plaisir de nous corriger pour réaliser cet ouvrage ;
- ❖ puis, nous aimerions aussi remercier Monsieur **Achille Olivier RAVONINJATOVO**, Enseignant chercheur au Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT) à Antananarivo, notre encadreur professionnel qui nous a donné les meilleurs de lui tout au long de nos recherches ainsi que Madame **Fara RAKOTOARISON**, Directrice technique de la société Vohitra Environnement à Antananarivo pour nous avoir autorisé d'effectuer notre stage dans sa société;
- ❖ après cela, nous tenons également à remercier notre famille, en particulier notre Mère **ZARAMISY Céline** et notre sœur **Raphaeline DAUGER Volamanesy** et son époux **Jean François DAUGER**, qui nous ont donné leurs précieuses aides financière et morale. Dans le cas contraire, nous n'aurions pas pu arriver à ce niveau d'éducation. Que Dieu veille sur eux ;
- ❖ et enfin, comment pourrions-nous oublier de remercier tous les étudiants natifs de la province d'Antsiranana et les membres du Groupe Biblique Universitaire de Toamasina (GBU) pour nous avoir donné leurs soutiens durant notre passage dans cette université. Bref, tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce présent mémoire de maîtrise.

« Merci encore pour tout, et j'espère que vos peines seront récompensées un jour. »

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

CAF : Coût Assurance Fret

CAR : Comité Anti Répression

CIDST : Centre d'Information et Documentation Scientifique et Technique

CNRIT : Centre National de Recherches Industrielle et Technologique

FAO: Food and Agriculture Organization

FRP: Fiber Reinforced Plastic

GTZ: Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit

IAA : Industrie Agroalimentaire

IMI : Institut Malgache d'Innovation

INSTAT : Institut National de la Statistique

IOV : Indicateur Objectivement Vérifiable

MAEP : Ministère d'Agriculture, d'Élevage et de la Pêche

MDV : Moyens précis de Vérification

MEM : Ministère de l'Énergie et des Mines

MRSTD : Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PVC : Polyvinyl Chloride

PVD : Pays en Voie de Développement

RFA : République Fédérale Allemande

SAFF: South Australian Farmer's Federation

USAID: United States Agency for International Development

UTH : Unité de Travail Humain

W WF: World Wide Fund for nature

INTRODUCTION GENERALE

L'énergie est l'un des facteurs le plus important dans le développement d'un pays. Mais le prix du baril de pétrole s'accroît d'année en année depuis 2003 sur le marché international, et l'accroissement de ce prix pose un grand problème aux divers pays en particulier les pays en voie de développement.

Pour cette raison, la plupart de ces pays riches ont cherché une autre façon pour avoir d'énergie sans recourir à l'importation des produits pétroliers, c'est-à-dire, on utilise la bioénergie à partir de jatropha, canne à sucre (pour avoir de l'éthanol et qui servira ensuite de biocarburant), à partir des déchets aussi (pour avoir de méthane qui est le biométhane ou bien le biogaz). Et cette autre méthode engendre divers avantages économiques, sociaux,pour les pays qui l'utilisent en respectant les normes nécessaires.

Même notre pays a utilisé ce biogaz grâce à un projet ponctuel depuis 1984.

Et quels sont effets de l'introduction de biogaz pour les ménages, pour la société, pour l'économie malgache, pour l'agriculture, pour l'environnement....

C'est la raison pour laquelle nous avons choisi notre thème qui s'intitule :

« L'IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DU BIOGAZ (Cas de Madagascar) »

Pour mieux expliquer nous allons diviser notre travail en deux grandes parties :

- ❖ La première partie porte le titre de **ETUDE GENERALE SUR LE BIOGAZ** : dans cette partie nous allons essayer d'analyser quelques grands points comme *généralités sur la biomasse et les différents processus de valorisation énergétique*, ensuite *le biogaz et son processus de production*, et enfin *les avantages et les contraintes de l'utilisation du biogaz*.
- ❖ La dernière partie ayant comme titre **LE BIOGAZ ET LES SECTEURS ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DE MADAGASCAR** : quant à cette partie notre étude portera surtout en premier lieu sur *l'étude de la situation économique actuelle de Madagascar*, en second lieu *le biogaz face au développement économique de Madagascar*, et en dernier lieu *les rôles du biogaz sur la situation environnementale de Madagascar et les stratégies envisagées*.

PARTIE I

ETUDE GENERALE SUR LE BIOGAZ

INTRODUCTION PARTIELLE

Cette première partie se subdivise en trois chapitres différents. Le premier porte le titre **généralités sur la biomasse et les différents processus de valorisation énergétique** qui nous parle surtout tout ce qui concerne la biomasse et que le biogaz est une source d'énergie produite à partir de la biomasse. Quant au second, qui est **le biogaz et son processus de production**, il nous explique les caractères physico-chimiques du biogaz, les diverses utilisations du biogaz, et les différentes techniques de production du biogaz. Et enfin le dernier chapitre qui est **les avantages et contraintes de l'utilisation du biogaz**, nous révèle qu'il existe divers avantages que nous pouvons tirer à partir de biogaz comme le prestige social, la santé, la propreté, la libération des membres de la famille à d'autres tâches,Et ses contraintes se limitent surtout sur les techniques de production utilisées (pour la technologie de méthanisation : la température et la disponibilité en matière première .Quant au centre d'enfouissement technique, il attire beaucoup d'insectes comme des mouches, des rats.... . Il doit être placé loin de la ville, au moins à deux kilomètres hors de la ville, en tout il demande d'importants investissements).

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA BIOMASSE ET LES DIFFERENTS PROCESSUS DE VALORISATION ENERGETIQUE

Entamons notre travail par ce premier chapitre en élaborant une à une ses sections. Tout d'abord, nous allons expliquer tout ce qui concerne la biomasse, ensuite les différents processus de valorisation de biomasse, et enfin la fermentation.

Section I- LA BIOMASSE

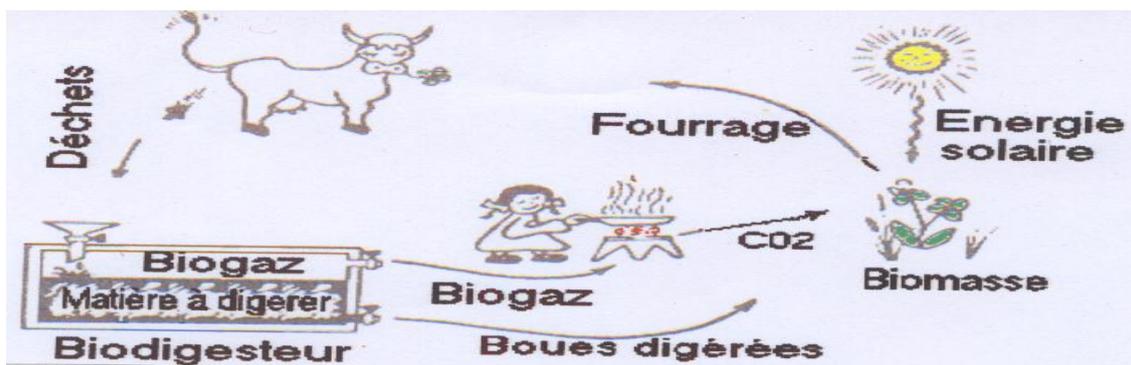
De sa définition classique : la biomasse est la masse, c'est-à-dire, le poids total de l'ensemble des organismes vivants dans un biotope¹ délimité à un moment donné.

Pour être plus spécifique, la définition de la Food and Agriculture Organization (FAO) l'a regroupé en trois catégories dont :

- la biomasse agricole : comprenant les sous-produits d'exploitations agricoles ; les sous-produits animaux ; les sous-produits des industries agroalimentaires ; les cultures énergétiques terrestres (canne à sucre, manioc,.....) et les déchets organiques ;
- la biomasse forestière : dont les résidus d'exploitations forestières et les plantations énergétiques (pin, eucalyptus,....) ;
- et la biomasse aquatique et algale : telle que la jacinthe d'eau et les algues sous marines...

Le biogaz est une source d'énergie produite à partir de la biomasse dont la production s'effectue à partir du cycle de carbone suivant :

Fig. N°1 : Cycle du carbone avec production du biogaz



Source : RANDRIAMBOLOLONA .Mémoire de doctorat Ingénieur. Approches méthodologiques et technologiques pour la diffusion et la vulgarisation de la technique du biogaz. Département Génie chimique, Filière Ingénierie de projets industriels. 2004 .Page 02. CNRIT.133 Pages

¹ Est un ensemble d'éléments caractérisant un milieu physico-chimique déterminé et uniforme qui herberge une flore et une faune spécifiques. www.google.fr/biotope-wikipedia.

Section II-LES DIFFERENTS PROCESSUS DE VALORISATION DE LA BIOMASSE :

Il existe trois processus de valorisation énergétique de la biomasse, tels que :

- ❖ la voie thermochimique ;
- ❖ la voie chimique ;
- ❖ et la voie biologique.

§1-La voie thermochimique

C'est la voie de la valorisation énergétique la plus utilisée jusqu'à maintenant à Madagascar car elle occupe plus de 78% de la source d'énergie. Cette transformation thermochimique correspond à une production de chaleur résultant de diverses réactions chimiques.

§2-La voie chimique

En fait, la voie de valorisation chimique de la biomasse passe par les quatre étapes suivantes :

- ❖ l'hydrolyse
- ❖ la liquéfaction
- ❖ la pyrolyse
- ❖ la gazéification

A-L'hydrolyse

C'est une décomposition de certains composés chimiques par l'eau.

B-La liquéfaction

C'est une action de liquéfier (faire passer un gaz, un solide à l'état liquide) un gaz en le refroidissant au-dessous de sa température critique.

C-La pyrolyse

C'est une décomposition chimique obtenue par chauffage, sans catalyseur.

D-La gazéification

C'est une transformation de produits carbonés en gaz combustibles.

§3-La voie biologique

Le processus de valorisation de la biomasse par voie biologique a pour objectif la production directe d'une nouvelle source d'énergie (méthane, éthanol...), sous l'action des microorganismes comme les bactéries, les levures, et les champignons...

Exemple : la fermentation

Section III- LA FERMENTATION

Elle est définie comme la dégradation de certaines substances organiques par des enzymes microbiennes accompagnées de dégagements gazeux. Cette dégradation peut être du genre : décomposition, d'oxydation, de réduction, ou d'hydrolyse,....

Selon les modes de vie des microorganismes décomposeurs, elle peut être :

- en présence de l'air ou fermentation aérobie
- ou à l'abri de l'air ou fermentation anaérobie

§1-La fermentation aérobie

Elle se déroule dans un milieu où la teneur en oxygène est suffisante pour la survie des microorganismes ;

Exemple : la fermentation du vin en vinaigre, la fermentation lactique, la fermentation de la bière....

§2-La fermentation anaérobie

A l'inverse de la fermentation aérobie, la fermentation anaérobie ne se développe qu'uniquement et strictement en absence de l'oxygène.

Exemple : le processus de production de biogaz.

En effet, le biogaz est obtenu par la fermentation anaérobie des substrats « biomasse » selon des conditions opératoires bien définies.

CHAPITRE II : LE BIOGAZ ET SON PROCESSUS DE PRODUCTION

C'était les généralités sur la biomasse et les différents processus de valorisation énergétique. Venons-en maintenant au deuxième chapitre de notre travail en élaborant les six sections différentes.

Section I- LE BIOGAZ

Le biogaz appelé gaz biologique (ou biométhane) est un gaz combustible généré par la fermentation anaérobie des substrats fermentescibles. C'est un mélange gazeux constitué essentiellement de :

- Méthane (de formule : CH₄) :50 à 65% ;
- Gaz carbonique (de formule : CO₂) :30 à 40% ;
- L'eau (de formule: H₂O) :2% ;
- et de divers gaz dont l'hydrogène sulfuré : Jusqu'à 3%.

§1-Historique du biométhane¹

Le biométhane, gaz issu de la décomposition, a été découvert par Shirley en 1667. Il est alors connu sous le nom de gaz des marais, en raison de sa présence en abondance dans le fond des eaux stagnantes.

En 1884, Ulysse GAYON², un élève de Louis Pasteur, présente ses travaux sur la fermentation, et conclut déjà que le gaz issu de la fermentation serait une source d'énergie utilisable pour le chauffage et l'éclairage.

Ce n'est que dans la première moitié du XX^{ème} siècle que sont mises aux points différentes techniques de fermentation. L'influence sur les fermentations des composants de la matière organique, de la faune microbienne, de la température ... est étudiée. Dans les années 1950 à 1960, les stations d'épurations ont permis de grandes avancées dans la recherche sur la méthanisation.

¹ www.biogaz.free.fr/index.html

² Dès 1927 et jusqu'aux années 1970, Ulysse GAYON « père de l'Oénologie moderne » travaille de pair pour comprendre les processus de fermentation et les maîtriser. www.google.fr / université Bordeaux 2-LFR d'Oenologie.

§2-Condition d'implantation d'une unité de production du biogaz

La technologie du biogaz doit être introduite immédiatement quand la situation d'une région présente les caractéristiques suivantes :

- ❖ pas de forêts ni de bois ;
- ❖ manque d'énergie facilement accessible et bon marché ;
- ❖ les sols sont pauvres et minés par l'érosion ;
- ❖ l'équilibre naturel est détruit par l'exploitation à outrance, c'est-à-dire que l'on tire plus du sol qu'on ne lui apporte. Plus d'arbres sont abattus qu'il n'en pousse naturellement ou qu'on ne peut en replanter ;
- ❖ la sous-alimentation et de nombreuses maladies sont répandues ;
- ❖ le chômage et l'exode rural sont prédominants ;
- ❖ lorsqu'il y a des déchets partout.....

Section II-LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DU BIOGAZ

On admet que le volume du biogaz contient : 2/3 de CH₄ et 1/3 de CO₂. Pour un biogaz de mélange : 60% de CH₄ et 40% de CO₂ par exemple :

- ❖ son Pouvoir Calorifique est de 5250 Kcal /m³ ;
- ❖ son intervalle d'inflammation est de 6 à 12% en volume dans l'air ;
- ❖ sa température d'inflammation est environ à 600°C ;
- ❖ sa pression critique est de 75 à 89 Bars ;
- ❖ et sa température critique est de : - 82,5°C.

De cette variation de composition, on a attribué la définition de :

- biogaz pauvre : le CH₄ est 50% et le CO₂ est 50% ;
- biogaz moyen : le CH₄ est 65% et le CO₂ est 35% ;
- biogaz riche : le CH₄ est 80% et le CO₂ est 20%.

Notons que lors de la combustion du méthane, il existe deux réactions mises en jeu



Section III-LES DIVERSES UTILISATIONS DU BIOGAZ :

Le biogaz, en tant que source d'énergie nouvelle et renouvelable peut être utilisé respectivement comme :

- énergie domestique utilisée pour la cuisson, le chauffage, l'éclairage...
- carburant des divers moteurs : pompes, groupes électrogènes, véhicules....
- pour la production d'énergie mécanique et électrique
- source de production de vapeur utilisée dans les chaudières (en application industrielle)
- source d'air chaud pour les séchoirs et d'air froid pour les appareils frigorifiques et les chambres froides.....

Section IV-LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE PRODUCTION DU BIOGAZ :

On distingue deux principales techniques de production de biogaz, à savoir :

- ❖ l'enfouissement technique : une technologie demandant beaucoup d'espace, de financement et doit être implantée un peu loin de la ville. Généralement, seules les entreprises (sociétés) qui ont la possibilité et les moyens d'appliquer l'appliquent .Ici à Madagascar (plus précisément à Antananarivo), seule la société Vohitra Environnement envisage l'exploitation de cette technologie.
- ❖ la méthanisation : c'est une méthode généralement utilisée dans les pays en voie de développement.

§1-L'enfouissement technique

Le centre d'enfouissement technique est l'une des méthodes d'exploitation de biogaz qui est très favorables pour les pays développés.

Le biogaz est produit par un processus de la fermentation anaérobie des matières organiques animales ou végétales, qui se déroule en trois étapes (hydrolyse, acidogénèse et méthanogénèse) sous l'action de certaines bactéries. Ce processus est naturel et l'on peut l'observer par exemple dans les marais ("gaz de marais ").Il se déroule spontanément dans les centres d'enfouissement des déchets municipaux, mais on peut le provoquer artificiellement dans des enceintes appelées "digesteurs" où l'on introduit à la fois les déchets organiques solides ou liquides et les cultures bactériennes. Cette technique de méthanisation volontaire peut s'appliquer* aux ordures ménagères brutes ou à leur fraction fermentescible, aux boues de stations d'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles,*

aux déchets organiques industriels (industrie agroalimentaire (IAA), cuirs et peaux, chimie, parachimie,...), ainsi qu'aux déchets de l'agriculture et de l'élevage (fientes, lisier, fumier,...).

Cette méthode demande beaucoup d'investissements, parce qu'il faut au moins sept ha de terrain pour avoir une rentabilité plus vite, des camions pour transporter des déchets, des ouvriers, des spécialistes en biogaz,.....

Pour construire un centre d'enfouissement technique de cent quarante mètres de longueur et de trente mètres de largeur, la société Vohitra Environnement dépensait environ quarante quatre millions d'Ariary, et ce centre fonctionne depuis le mois de Juin 2006. En Février 2007, elle n'a pas encore obtenu de biogaz car elle vient de couvrir la première couche.

Le processus de production de biogaz à partir d'un centre d'enfouissement technique s'énonce comme suit :

A-Le choix et la localisation du site

La zone à exploiter doit être loin de la ville ou bien dans la ville mais elle doit être à plus de deux cents mètres de la limite de propriété du site pour que les animaux nuisibles (comme les rats, mouches, moustiques,) ne puissent pas aller jusqu'à la maison des gens qui habitent près du centre d'exploitation.

B- Les casiers (les alvéoles)

Tout d'abord, on doit creuser la zone à exploiter d'au moins vingt mètres de profondeur pour stocker les déchets.

Ensuite, elle doit être subdivisée en casiers pour mieux faire, délimitée par une digue périmétrique stable, étanche et dont la géométrie permet d'éviter les transferts et débordements des lixiviats d'un casier à un autre.

Le fond du casier doit être muni d'une géomembrane, surmontée d'une couche de drainage. Ce complexe d'étanchéité drainage fait partie des sécurités actives mises en place par l'exploitant pour assurer l'indépendance hydraulique du casier, le drainage et la collecte des lixiviats et éviter la sollicitation de la barrière de sécurité passive.

C-Le drainage et l'élimination des eaux pluviales

Pour limiter l'apport d'eau sur les déchets (afin de limiter la production de lixiviats), des fossés captent et détournent les eaux pluviales. Des bassins étanches permettent le stockage de ces eaux avant leur rejet en milieu naturel.

D-Le drainage et le traitement des lixiviats

Les lixiviats collectés par le système d'étanchéité drainage sont évacués des casiers et acheminés vers des bassins de stockage. Les lixiviats sont traités par une installation interne ou acheminés vers une station d'épuration extérieure apte à leur traitement, afin de satisfaire les normes de qualité de rejet dans le milieu naturel.

E-le drainage et le traitement de biogaz

Le biogaz produit dans les casiers contenant déchets est extrait par des systèmes de drains et/ou de puits mis en dépression par un système d'extraction, puis évacué par des collecteurs jusqu'à un dispositif de destruction par combustion (torchère) ou de valorisation.

L'exploitant doit contrôler périodiquement la composition du biogaz et les émissions gazeuses et particulièrement du traitement.

F-La couverture de la partie comblée

Dès qu'un casier est comblé, une couverture finale est mise en place sur les déchets. Elle comporte d'une couche de terre au moins cinquante centimètres de hauteur, et de film plastique pour en finir. Il s'agit d'une barrière de sécurité active dont la principale fonction est d'isoler la masse des déchets de l'environnement extérieur en réduisant d'une part les infiltrations d'eau pluviale et en contrôlant d'autre part les phénomènes de migration de gaz. Une fois que la couverture est mise en place, on continue le processus (c'est-à-dire de mettre une autre couche des déchets juste en haut de la couverture, et on la couvre de nouveau après au moins six mois) jusqu'à ce que le centre d'enfouissement technique devient une sorte de petite montagne.

G-Autres contraintes d'aménagement

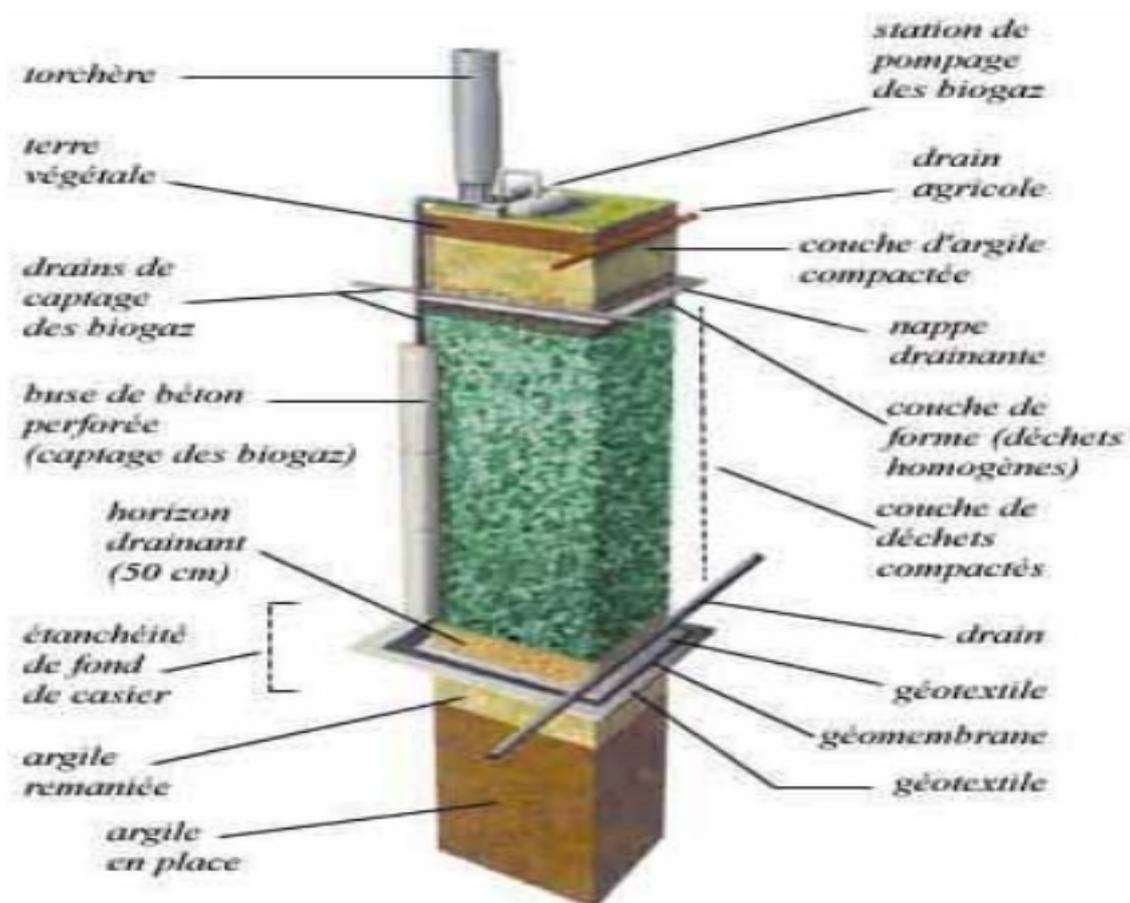
- ❖ La clôture du site ;
- ❖ Les voiries ;
- ❖ L'intégration paysagère du site ;
- ❖ Les dispositifs pour les contrôles à l'admission des déchets : aspect visuel, tonnage, radioactivité ;
- ❖ Les moyens de lutte contre les envols de déchets ;
- ❖ Les moyens de lutte contre l'incendie ;

- ❖ Les prescriptions communes à l'ensemble des installations classées concernant la limitation du bruit et des vibrations ;
- ❖ Le stockage des carburants.

H-Suivi post-exploitation

Pour toute partie couverte, un programme de suivi post-exploitation doit être prévu pour une période d'au moins trente ans après la fermeture du site. Ce programme comprend la surveillance, l'entretien des installations (clôture, piézomètres, couverture, drains, installations de traitement des lixiviats et du biogaz,...), ainsi que la poursuite d'un suivi analytique des rejets et des effets sur les milieux récepteurs.

Fig. N°2 : Coupe dans une cellule d'enfouissement de classe II



Source : WWW.univ-ubs.fr/ecologie/decharge.html

On dit centre d'enfouissement technique de classe II, quand on y reçoit des déchets domestiques ou industriels banals et de classe I, quand on y reçoit des déchets industriels dangereux.

Fig. N° 3: centre d'enfouissement technique à Norvège avec quarante deux ha de terrain exploité



Source: Waste Management World, International Solid Waste Association (Novembre-Décembre 2002)

§2-La méthanisation

La technologie de méthanisation peut s'effectuer de deux manières : en absence de l'air, c'est la méthanisation anaérobie et en présence de l'air, c'est la méthanisation aérobie.

A- La méthanisation anaérobie

C'est un processus de production de biogaz qui s'effectue sans l'intervention de l'air. C'est la technologie que le Centre National de Recherches Industrielle et Technologie (CNRIT) a développé pour toutes ses réalisations.

Divers modèles de digesteur ont été développés à travers le monde entier. Il se distingue du choix de la technologie à appliquer, du contexte, du type de matières premières disponibles à digérer, du climat, de la disponibilité financière, et.....

a) Le digesteur à dôme fixe (ou type chinois)

C'est un modèle à vocation familiale apprécié en Chine. Il est formé d'une partie inférieure cylindrique et d'une partie supérieure sous forme de voûte sphérique ou hémisphérique pour le stockage du gaz. En béton ou en brique cuite induite (donc, elle a une durée de vie assez longue, de coût modéré et de problème de corrosion remédié..), son installation est souterraine.

Sa productivité est de l'ordre de 0,1 à 0,2 m³ du biogaz par mètre cube du digesteur par jour.

b) Le digesteur à cloche flottante (ou type indien)

C'est un modèle très répandu en Inde, et à vocation familiale ou communautaire. Celui-ci est composé d'une partie cylindrique en brique ou en béton, placé verticalement et enterré. Au-dessus flotte un gazomètre métallique ou en d'autres matériaux (fibre de verre, plastique renforcé de fibre de verre, ferrociment...) pour stocker le gaz. Le mouvement ascendant descendant de la cloche témoigne de l'existence du gaz dans la cloche permettant ainsi le mélange du substrat.

L'avantage de son utilisation est que c'est une technique facile par rapport au précédent : une simple gestion du gaz par repérage de la hauteur de la cloche ; une pression moyenne quasi-constante ; une maintenance et un déchargement faciles à manier ; une étanchéité, donc une productivité meilleure.

c) Le digesteur à Plug-flow

Pour surmonter les problèmes de digesteur à haute pression (type chinois), le digesteur Plug-flow est un digesteur à basse pression du fait de sa conception : un diamètre de la fosse normalement large et assez profonde, couverte d'une membrane en plastique ou en caoutchouc et quelque fois munie à la partie supérieure d'un ballon souple en bâche plastifiée pour récupérer et stocker le gaz. Parfois très volumineux (jusqu'à millier de mètres cube), et alimenté de façon continue ou semi continue, il digère des substrats liquides à teneur en matière sèche élevée comme les substrats pailleux, les ordures ménagères, les déchets urbains....Une ouverture hydraulique d'entrée et de sortie assez grande est construite sous le réacteur.

d) Le digesteur hybride

C'est un modèle qui combine les avantages des installations à dôme fixe et à cloche flottante. Le digesteur est à dôme fixe mais chapeauté d'un gazomètre séparé cylindrique en ferrociment ou en matières synthétiques.

Ses avantages sont que : la surface du dôme est exposée au gaz, donc la pression est réduite ; une obtention de pression plus ou moins constante et réglable par le biais d'un contre poids sur le gazomètre. Cet effet permet de décharger par gravitation le réacteur.

Sa productivité est de l'ordre de $0,3 \text{ m}^3$ par mètre cube de digesteur par jour.

e) Le digesteur à ballon plastique

Ici, le réacteur est constitué d'un long cylindre en plastique placé horizontalement et à moitié enterré. Alimenté en substrat liquide de matière continue, le gaz est stocké à la partie supérieure sous la plastique, ou bien dans un ballon disposé séparément au dessus. Le réacteur est sensible à la variation de la température ambiante (à cause de sa partie exposée à l'air libre). Par conséquent, la température à l'intérieure peut être de 2 à 7°C , plus élevée que celle du type chinois.

Sa productivité en gaz peut atteindre $0,24$ à $0,61 \text{ m}^3$ par mètre cube de digesteur par jour. Mais sa durée de vie est limitée par la rapide détérioration de la matière plastique.

B- La méthanisation aérobie

C'est un processus de production de biogaz qui s'effectue avec l'intervention de l'air.

§1-Environnement : anaérobie stricte

Tous les microbes jouent un rôle important dans la fermentation méthanique. Ce sont des bactéries strictement anaérobies, aussi bien les bactéries productrices d'acide que celles productrices de méthane. Les bactéries produisant du méthane sont très sensibles à l'oxygène. La fermentation serait même handicapée par la plus légère trace d'oxygène ; ainsi l'environnement complètement anaérobie est une nécessité pour la fermentation biogaz.

§2-Composé convenable de substrats fermentescibles

Toutes les matières d'origine organique, sauf l'huile minérale et la lignine², conviennent à la fermentation du biogaz. Quelques matières organiques sont plus digestibles tels que les fèces animaux, les boues de cambouis et les effluents des usines de fermentation et les déchets de tanneries etc.....

L'eau résiduelle des distilleries et des élevages du ver à soie peut être utilisée comme matière brute et produite du gaz très vite. Les autres matières organiques contiennent quelque lignine. Même si la teneur en lignine est assez faible, elle diminue le taux de la fermentation des hydrates de carbone (cellulose³ et semi cellulose). Toutes les tiges de graminées sont des résidus fermentescibles riches en cellulose. Ces résidus doivent être préfermentés avant leur utilisation dans les digesteurs. Si un résidu frais n'est pas prétraité, la production du gaz est très faible (10 %).

Il y a deux méthodes de prétraitement :

- ❖ la première méthode consiste à broyer en premier lieu les mauvaises herbes, les déchets végétaux, les tiges et les feuilles ; après saccharification par un enzyme ils peuvent être utilisés comme nourriture ; alors à travers le système digestif du bétail, spécialement celui des ruminants, cet enzyme peut augmenter le taux de digestion des résidus. Quelques fermiers remplissent également leurs digesteurs avec des résidus broyés. Cela tend à augmenter le taux de fermentation des résidus et par conséquent la production du gaz ;

¹Georges SOLA. Technicien de l'hydraulique et de l'équipement rural. Utilisation et extension du biogaz en Extrême Orient.29 juillet- 25 août 1979. Séminaire international. Cheng du (chine).. Page 4. CIDST .Cote A4096MRJ82.63 Pages.

² Est un des principaux composants du bois avec la cellulose. On la trouve principalement dans les parois pectocellulastiques des certaines cellules végétales.[www.google.fr / lignine-wikipédia](http://www.google.fr/lignine-wikipédia).

³ Est un glucide, polymère de glucose. [www.google.fr / cellulose-wikipédia](http://www.google.fr/cellulose-wikipédia).

❖ la seconde méthode consiste à couper les tiges en petits morceaux de 2 cm et d'ajouter un peu d'eau de chaux et d'excréments pour faire un tas et laisser pourrir. Après une brève période, la cire est observée et la cellulose devient instable. Si cette matière est utilisée comme résidu fermentescible, le taux de fermentation et la proportion utile de résidu augmentent. Des mesures ont montré que le rendement du gaz augmente considérablement après que les résidus ont été pourris avant leur mise en fermentation. A l'inverse, si les résidus frais étaient utilisés sans être préalablement fermentés, leur décomposition serait très lente et le rendement en gaz trop faible. C'est l'une des raisons pour laquelle les digesteurs ne produisent pas assez de gaz pour la cuisine et l'éclairage quand ceux-ci sont remplis avec des résidus frais. La méthode de pré-décomposition cependant, à une partie des résidus qui était décomposée par les bactéries aérobies est perdue durant le processus de pré-décomposition.

L'utilisation des acides ou des alcalis dans le traitement de la cellulose des résidus peut aussi avoir des effets positifs. Mais son impact économique et les méthodes d'emploi ont besoin d'un complément d'étude. Pour une production normale de biogaz il est très important de combiner les résidus. Des résidus variés doivent être associés pour donner un rapport C/N (carbone, azote) déterminé ; la proportion de matière sèche des résidus doit également être contrôlée. Le rapport C/N représente la proportion des deux éléments. Le carbone (sous forme d'hydrates de carbone) et l'azote (comme les protéines, nitrates, l'ammoniaque etc.....) sont les principaux éléments nutritifs des bactéries anaérobies. Le carbone est essentiellement utilisé pour l'énergie et l'azote pour la constitution des structures celluloses.

Si la proportion de carbone est importante dans les résidus, l'azote sera consommé d'abord, et l'excès de carbone ralentirait ensuite la fermentation. La concentration convenable de la matière sèche est de 7 à 9 % . Cette concentration optimale change suivant la saison. La concentration de matière sèche est réduite en été (quand la production est maximum) tandis qu'elle est élevée en hiver.

Tableau N°1 : le rendement biogaz de quelques déchets

Déchets	Rendement biogaz (m ³ /t de matière sèche)	Teneurs en méthane en %
Déchets animaux (moyenne)	260-280	50-60
Porc	561	
cheval	200-300	
Tiges de :		
Mauvaises herbes fraîches	630	70
Tige de lin	369	
Paille de blé	432	
Feuilles d'arbre	210-294	59 58
Déchets de :		
Eaux d'égout	640	50
Effluents de distillerie	300-600	58
Composés de :		
Hydrates de carbone	750	49
Lipides	1440	72
protéine	980	50

Source : Georges SOLA. Technicien de l'hydraulique et de l'équipement rural

Utilisation et extension du biogaz en Extrême Orient. 29 juillet- 25 août 1979. Séminaire international. Cheng du (chine). . Page 8.CIDST. Cote A4096MRJ82. 63 Pages.

D'après ce tableau, le rendement de biogaz varie d'un déchet à l'autre. On y voit aussi que ce sont les déchets de cheval qui produisent moins de biogaz par rapport aux autres déchets avec 200 m³ par tonne de matière sèche contre ceux qui ont de lipide avec 1440 m³ par tonne de matière sèche.

§3-Température favorable pour la fermentation

Dans le but de faire travailler au maximum les bactéries causent la fermentation, une température convenable s'avère très importante. Dans un intervalle de température donné, la température la plus élevée produit le plus de gaz.

Il y a deux groupes de bactéries productrices de méthane qui digèrent les matières organiques ; celles qui travaillent à des températures élevées et celles travaillant à des

températures relativement basses. Les bactéries avides de chaleur sont appelées les bactéries thermophiles.

Deux cas existent pour la fermentation de biogaz¹ :

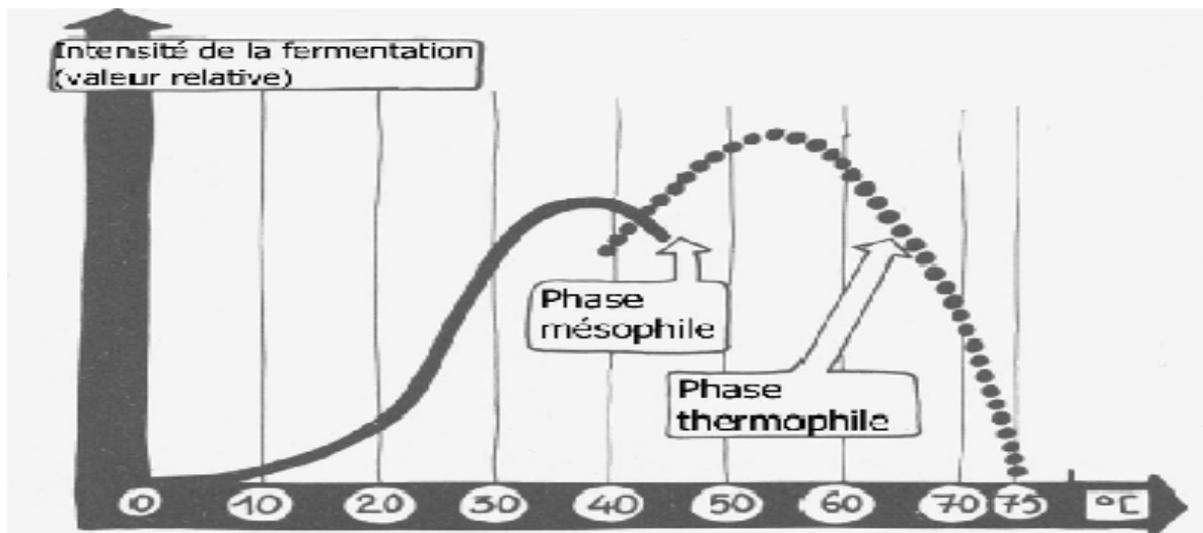
A-La fermentation thermophile

La température optimum varie entre 47-55° C et la production journalière de gaz est de 2,5 m³ par m³ de digesteur.

B-La fermentation mésophile

La température est comprise entre 35-38° C et la production journalière est de 1, 5 m³ par m³ de digesteur.

Graphique N°1: Intensité de la fermentation en fonction de la température



Source : www.biogaz.free.fr/lindex.html

Théoriquement les petits digesteurs ruraux fonctionnent efficacement à des températures comprises entre 35 et 38° C. Les bactéries thermophiles sont très sensibles à

¹.Georges SOLA..Technicien de l'hydraulique et de l'équipement rural. **Utilisation et extension du biogaz en Extrême Orient.** .29 juillet- 25 août 1979. 63 Pages. Séminaire international. Cheng du (chine).Page 8.CIDST. Cote A4096MRJ82. 63 Pages.

tout changement dans le digesteur. La qualité du fertilisant produit par ces bactéries est pauvre, et comme il n'y a aucun système de chauffage pendant l'utilisation, la température de fermentation du digesteur est instable. Il est difficile dans ces conditions de maintenir une température régulière et élevée compte tenu des effets de la température ambiante.

L'emplacement du digesteur doit être judicieusement choisi. La place retenue doit être face au soleil et être à l'abri du vent. Des expériences ont prouvé qu'il est favorable d'adopter la construction en triplet (digesteur associé à une porcherie et à une latrine) et d'utiliser une couverture pour garder le digesteur chaud durant l'hiver.

L'effet de la température de la fermentation tient essentiellement à l'effet de température sur le taux de digestion des déchets. Des expériences ont démontré que pour la température comprise entre 15 et 35 °C, les rendements totaux de gaz par tonne de déchets sont presque égaux. L'activité des bactéries digestives est plus vigoureuse et sa période de fermentation est plus courte, seulement quand la température est élevée. A 15° C le cycle de fermentation dure presque une année, mais à 35° C le cycle dure seulement un mois.

Quand la température moyenne est de 24° C, le fumier animal a besoin de 50 jours pour une digestion totale. Mais avec un contrôle artificiel, la température de fermentation pourrait être conservée à 32°-38° C et la période de fermentation de la bouse de vache a seulement besoin de 28 jours. Ces exemples montrent que la température a une grande influence sur la fermentation et la production de gaz.

§4- L'utilisation du biogaz dans la production d'électricité¹

Le biogaz peut être utilisé pour l'éclairage dans le milieu urbain et surtout dans le milieu rural. Mais la lampe à biogaz a une grande consommation en gaz. Par conséquent, pour obtenir une meilleure utilisation de l'énergie thermique, il est plus économique et convenable d'utiliser le biogaz pour produire de l'électricité.

De cette manière, la consommation en gaz est généralement de 0,75 m³ / KWh, avec laquelle 25 ampoules de 40 W chacune peuvent être éclairées pendant une heure, alors que 0,75 m³ de biogaz peut seulement servir 7 lampes à gaz pendant une heure.

¹ Georges SOLA. Technicien de l'hydraulique et de l'équipement rural, Utilisation et extension du biogaz en extrême orient / 29 juillet- 25 août 1979. Séminaire international. Cheng du (chine). Page 37.CIDST. Cote A4096MRJ82. . 63 Pages.

Dans le milieu rural, il est très pratique d'accoupler un petit moteur à combustion interne à un générateur asynchrone. Il représente beaucoup d'avantages en particulier une structure simple, facile à manœuvrer et à entretenir, moins de pannes, plus de sécurité, coût réduit des installations etc.....

Il est aussi convenable pour les fermiers dont les habitants ne sont pas trop éparpillés. Compte tenu du rendement assez faible d'une telle installation on se limite à une petite production d'électricité.

Section VI- HISTORIQUE ET SITUATION DU BIOGAZ A MADAGASCAR

A vrai dire, il existe peu d'installation à Madagascar, car il n'y a qu'une vingtaine seulement dont la plupart est déjà hors d'usage. Les causes sont multiples à savoir :

- ❖ la méthodologie et la technologie de diffusion et de vulgarisation du biogaz ;
- ❖ le suivi et l'évaluation des résultats ;
- ❖ l'investissement.

Par ailleurs, pour les sites encore fonctionnels, les bénéfices sont probables.

Une mission de consultance sur les possibilités de développer un programme sur la technologie du biogaz a été réalisée en 1984. C'était un programme de coopération du Gouvernement malgache avec la FAO. Puis en janvier 1985, une commission technique interministérielle a été créée sur l'initiative du Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement (MRSTD) pour assurer des échanges d'information et de coordination entre les services techniques intéressés par la maîtrise et l'extension de cette technique. C'est ainsi qu'une autre commission a permis d'élaborer le projet unique qui a été soumis à la FAO. Le projet a été doté d'une somme de 153000 US\$, pour une durée de deux ans à compter du mois de septembre 1986 jusqu'en juin 1988. Les sites d'installation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau N°2 : liste des sites bénéficiaires du projet « technique de production du biogaz »

Nom du site	Localisation	Volume du Réacteur (m ³)	Type du réacteur	Date de démarrage	Matières utilisées
Amboasarikely	A l'entrée de la ville de Tsiroanomandidy	10	A ballon de stockage en bâche	Octobre 1987	Déchets porcins
Antsoantany	A une vingtaine km d'Antsirabe sur la voie ferrée	10	A cloche flottante	Novembre 1987	Bouse de vache
Ampitilina	Région de Sakay	15	Borda à cloche métallique	Décembre 1987	Bouse vache
Androtra	En pleine ville de Tsiroanomandidy	15	GTZ à dôme fixe	Janvier 1988	Bouse de zébus
Ambohimirary	A la ville d'Antananarivo	8	GTZ à ballon de stockage	Janvier 1988	Latrine et déchets porcins
Ampizazantany	A 26 km de la ville de Tsiroanomandidy	15	Borda à cloche flottante en FRP	Février 1988	Bouse de zébus et de vaches
Faratsiho	Sur la route de Faratsiho	15	A cloche flottante	Juin 1988	Bouse de zébus
Tsinjoarivo	Sur la route nationale n°1	130	Plug-flow de couverture en ballon en bâche PVC	Septembre 1988	Bouse de zébus, de purin de porc

Source : CNRIT / 1993

Ce tableau nous montre que la plupart des sites utilisent uniquement des déchets animaux comme matière première. On y voit aussi qu'ils utilisent presque tous les types de digesteurs qui ont comme volume aux alentours de 10 m³ sauf celui du site de Tsinjoarivo avec 130 m³.

Outre les susmentionnés, voici certaines installations privées recensées partout à Madagascar :

Tableau N°3 : liste de certaines installations privées existantes à Madagascar

Nom du site	Localisation	Volume du réacteur (m ³)	Type du réacteur	Matières utilisées
Ambodiatafana	A 15 km de la ville de Tamatave vers Foulpointe	30	A dôme fixe	
Akany Avoko Ambohidratrimo	A 15 km d'Antananarivo vers la route nationale n°4	11	A cloche flottante	Latrine et bouse de vache
Croix rouge d'Antsirabe	En plein centre ville d'Antsirabe	20	Cloche flottante	Bouse de vache, latrines et jacinthe d'eau

Source : CNRIT / 2000

D'après ce tableau c'est dans la province d'Antananarivo et de Tamatave qu'on peut trouver des installations de biogaz privées. Il nous montre aussi qu'ils associent le digesteur avec de latrine car de cette façon ils peuvent avoir de meilleures productions.

Il y aussi des installations :

- sur la route nationale N°1 Antsahasoa (Antananarivo) ;
- au CAR Bevalala (Antananarivo) ;
- au centre Notre Dame de Clairvaux à Ivato (Antananarivo) ;
- à l'institut Saint Benoît à Mahitsy (Antananarivo) ;
- au SAFF à Mahitsy (Antananarivo) ;
- au Juvénat Saint Gabriel à Amborovy (Majunga) ;
- à la station Marine de Tuléar.

CHAPITRE III : LES AVANTAGES ET CONTRAINTES DE L'UTILISATION DE BIOGAZ

Avant de voir les différents avantages et contraintes relatives à l'utilisation du biogaz, nous allons essayer d'analyser un peu la politique gouvernementale sur l'introduction de cette technologie à Madagascar.

Section I-POLITIQUE DE L'INTRODUCTION DU BIOGAZ A MADAGASCAR SELON LE PROJET : TCP/MAG PAR LA METHODE DU CADRE LOGIQUE

§1-Méthode du cadre logique¹

Avant de faire un aperçu sur cette politique, essayons de donner d'abord la définition du cadre logique et de ses composantes respectives.

Selon O'Shaughnessy², « le cadre logique est une vision systématique de l'environnement d'un projet, visant d'une part à identifier le motif pour lequel le projet est réalisé ainsi que la finalité à laquelle il contribue et d'autre part à définir d'une façon concise et précise ce à quoi le projet devrait ressembler une fois terminé ainsi que l'ensemble des conditions critiques devant être réalisées pour que le projet atteigne les différents niveaux d'objectifs pour lesquels il a été conçu ».

Les organismes internationaux travaillant et finançant des projets de développement dans les pays en voie de développement (PVD) axent leurs efforts dans des secteurs bien précis : agriculture, industrie, secteurs sociaux. La majorité des réalisations effectuées par le C.N.R.I.T entrent dans le cadre du projet TCP/ MAG, intitulé : « Technologie de production de biogaz à Madagascar » et financées par la F.A .O.

La F.A .O en tant qu'un de ces organismes internationaux intervient particulièrement dans le domaine de l'agriculture, qui est l'un de leur secteur cible. Elle a donc une vocation purement agricole, par contre le projet en question est d'ordre typiquement énergétique.

¹ RANDRIAMBOLOLONA .Mémoire de doctorat-Ingénieur. Approches méthodologiques et technologiques pour la diffusion et la vulgarisation de la technique du biogaz. Département Génie chimique, Filière Ingénierie de projets industriels..2004 .Page 39. CNRIT. 133 Pages

² Il est champion de la philosophie d'investissement aux Etats-Unis. Et c'est aussi un écrivain et ses livres sont sortis en 1994, 1997, et 1998.

Devant de tels contrastes, une question se pose : quelle est la finalité exacte de ce projet ? La mission de l'organisation (F.A.O) « développement agricole » qui a financé ce projet ou la vulgarisation de la technologie de production de biogaz ?

La réponse à cette question exige la connaissance de la méthode du cadre logique qui permettra de comprendre et de maîtriser le mécanisme de décision de ces institutions dans les différentes étapes de leur démarche dans le projet des PVD.

Le cadre logique a les quatre niveaux suivants :

- Les intrants (Niveau 1) ;
- Les extrants (Niveau 2) ;
- Le but du projet (Niveau 3) ;
- La finalité (Niveau 4)

Tableau N° 4 : Cadre logique

Niveaux descriptifs du projet	Indicateurs Objectivement Vérifiables (IOV)	Moyen de Vérification (M V)	Conditions Critiques (CC)
Finalité du projet			But Finalité
But du projet			Extrants Buts
Extrants			Intrants Extrants
Intrants			Conditions préalables

Source : RANDRIAMBOLOLONA .Mémoire de doctorat Ingénieur. **Approches méthodologiques et technologiques pour la diffusion et la vulgarisation de la technique du biogaz. Département Génie chimique, Filière Ingénierie de projets industriels. 2004. Page 40. CNRIT.133 Pages**

.La composante du cadre logique

De forme matricielle (voir tableau N°4), le cadre logique comprend quatre colonnes et quatre rangées que l'on désigne respectivement sous le vocable de logique verticale et de logique horizontale. La logique verticale présente les niveaux descriptifs du projet (Intrants, Extrants, But et Finalité) et l'ensemble des conditions externes ou critiques à satisfaire pour atteindre les divers niveaux d'objectifs du projet. Quant à la logique horizontale, elle comporte, pour chacun des niveaux descriptifs du projet, des Indicateurs Objectivement Vérifiables (I.O.V) ainsi que des Moyens précis de Vérification de ces indicateurs (M.D.V).

La logique verticale

Pour faciliter la compréhension du cadre logique nous présenterons dans cette section la définition de certains termes utilisés ainsi que les liens existant entre ces différents termes.

En ce qui concerne les niveaux descriptifs du projet, chacun d'eux est défini de la façon suivante :

Tableau N° 5 : Rôle de chaque niveau

FINALITE A laquelle le projet contribue (Niveau 4)	. Mission de l'organisation . Raison d'être de l'organisation . Grande orientation stratégique à laquelle le projet étudié et d'autres projets contribuent
BUT DU PROJET (Niveau 3)	. Le motif ou la raison fondamentale qui a donné naissance au projet . Le but du projet doit être considéré comme un des moyens d'atteindre la finalité de l'organisation
LES EXTRANTS (Niveau 2)	. Ensemble de résultats concrets à produire pour atteindre le but du projet . Les produits que l'on doit livrer
LES INTRANTS (Niveau 1)	. Ensemble de moyens, de ressources et d'activités à mettre en œuvre pour produire les extrants désirés

Source : RANDRIAMBOLOLONA .Mémoire de doctorat Ingénieur. **Approches méthodologiques et technologiques pour la diffusion et la vulgarisation de la technique du biogaz. Département Génie chimique, Filière Ingénierie de projets industriels. 2004 .Page 41. CNRIT. 133 Pages.**

Nous remarquons que les trois premiers niveaux (Intrants, Extrants et But) sont spécifiques au projet lui-même alors que le quatrième niveau (Finalité) est en relation avec l'organisation dans laquelle le projet est effectué. Ce dernier niveau exprime en fait la relation qu'il doit y avoir entre le projet et l'organisation. Ainsi, comme nous l'avons précédemment mentionné, le projet à réaliser doit être compatible avec l'orientation ou les grandes visées stratégiques de l'organisation. Dans cet esprit, le cadre logique nous permettra de vérifier cette adéquation nécessaire entre le projet et la finalité à laquelle ce dernier contribue.

La logique horizontale

Dans le but de préciser d'avantage chacun des niveaux descriptifs du projet, le cadre logique fait appel à la logique horizontale pour identifier des indicateurs objectivement vérifiables ainsi que des moyens de vérification pour ces indicateurs.

Les indicateurs objectivement vérifiables (IOV)

Afin de préciser et définir clairement des niveaux descriptifs du projet, les indicateurs doivent exprimer concrètement les résultats attendus et porter sur des critères mesurables et tangibles en termes de quantité, de qualité, de temps ou de coût. Les indicateurs doivent également être indépendants les uns des autres, se limiter à ce qui est important et être en nombre suffisant pour s'assurer que tous les intervenants percevront et comprendront le projet de la même façon.

Les caractéristiques des indicateurs objectivement vérifiables trouvent cependant leur application uniquement au niveau de la Finalité, du But et des Extrants, puisque, au niveau des Intrants, les IOV correspondent plutôt à une description des ressources injectées dans le projet.

Les moyens de vérification (MDV)

L'identification d'indicateurs objectivement vérifiables sera utile autant qu'on puisse trouver une façon de les mesurer ou de les vérifier. Cela signifie qu'il faut nécessairement coupler chaque IOV avec au moins un MDV.

Dans la mesure du possible les moyens de vérification doivent être facilement accessibles en termes de coût, de temps et de lieu.

A- Aperçu du projet TCP/ MAG

Le projet TCP/ MAG intitulé Technique de production de biogaz est un sous projet organisé par la F.A .O et le Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement (MRSTD) et doté d'une somme de 153 000 US \$.Ce projet s'inscrit dans un délai de deux ans de travail (sept 1986 – juin 1988).dans l'optique de :

- Mettre en place des unités de démonstration de production de biogaz dans des zones choisies ; faire connaître la méthode et ses avantages ainsi que les diverses utilisations possibles du biogaz dans le milieu rural.
- Disposer une formation et faire acquérir des expériences tant sur place qu'au moyen de voyages d'étude des responsables et des techniciens du projet biogaz ; faire connaître aux agriculteurs la technologie du biogaz et son application.
- Mettre en place les structures qui vont faciliter le développement et la vulgarisation du biogaz par la création d'une section biogaz au sein du centre rattaché au Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique pour le Développement et établir les contacts nécessaires avec l'industriel et les banques pour l'industrialisation du biogaz.

Ce projet a permis respectivement à :

- Deux ingénieurs malgaches de travailler durant 18 mois pour quelques installations de biogaz et des voyages d'étude en Inde et au Burundi ;
- Un chercheur suisse, consultant de venir plusieurs fois à Madagascar pour la mise en place du projet ;
- un conseiller pour l'orientation des divers travaux relatifs au projet ainsi que la recherche des fournisseurs d'appareils de biogaz pour une meilleure utilisation sans danger du méthane ;
- un chercheur d'étudier les compressions financières possibles pour construire des digesteurs familiaux à un tarif abordable.

B-Méthodologie et technologie appliquées par le C.N.R.I.T pour le projet¹

La méthodologie appliquée par le C.N.R.I.T n'est pas la même dans toutes les réalisations que le centre a réalisées depuis l'année 1987 jusqu'à ce jour. Deux stratégies ont été appliquées, la première depuis 1987 jusqu'à 1994 et la seconde de 1994 à 2007.

L'application de la méthode du cadre logique a permis de déterminer tous les niveaux des composantes du cadre logique.

a) Du point de vue intrants

▪ Les activités à effectuer

Comme l'introduction d'une nouvelle technologie dans le milieu rural doit se faire très prudemment, nous avons estimé que les stratégies suivantes étaient nécessaires :

- l'établissement des critères de choix tant sur les régions que sur les sites à cibler ;
- l'identification des problèmes liés à l'introduction d'une telle technologie dans le milieu rural malgache ;
- l'identification des techniques employées dans la production et les utilisations du système biogaz ;
- l'adaptation locale de la technologie aux conditions réelles d'utilisation ;
- la réalisation en milieu réel et la comparaison des données techniques, économiques et sociales dans différents sites et différents domaines et sur différents types d'appareils ;
- le suivi des installations pendant les premières périodes de fonctionnement.

Pour ce faire, les activités suivantes ont été entamées :

- ❖ des enquêtes socio-économiques dans cinq Faritany, organisées par les équipes du ministère de la recherche scientifique pour rassembler les données nécessaires à l'identification des sites pour l'implantation des projets ;
- ❖ des examens de données rassemblées et sélection des régions et des sites selon les critères préalablement posés.

¹ .RANDRIAMBOLOLONA .Mémoire de doctorat-Ingénieur. Approches méthodologiques et technologiques pour la diffusion et la vulgarisation de la technique du biogaz. Département Génie chimique, Filière Ingénierie de projets industriels.2004. Page 44 .CNRIT. 133 Pages

Les résultats de cette sélection peuvent être caractérisés comme suit :

- ❖ les sites retenus appartiennent à des agriculteurs ayant un nombre suffisant de bétail pour la disponibilité en matières premières nécessaires à l'installation ;
- ❖ les régions prioritaires sont celles des hauts plateaux correspondant aux critères établis (disponibilité en matières premières, motivation, crise de combustible, etc.) ;
- ❖ les caractéristiques sociales des paysans agriculteurs (mode de vie, mode d'élevage, niveau intellectuel, capacité d'accueil de nouvelles techniques ainsi que leurs caractéristiques économiques (revenus, priorités familiales, perspectives...) étaient très diversifiées, celles-ci écartent à priori l'idée de standardisation d'installation de biogaz à Madagascar ;
- ❖ les conditions locales amènent d'autres contraintes qui devront être solutionnées en complémentarité des techniques de base connues sur le biogaz : besoin d'adaptation locale.

▪ **Les ressources à mettre en œuvre**

Durant ce projet, les différentes ressources appliquées dans ce projet sont réparties comme suit :

❖ Les ressources financières

Le projet est financé d'un montant de 153 000 US \$ pour une durée de deux ans à compter du mois de septembre 1986 jusqu'au mois de juin 1988.

Cette somme est destinée seulement à l'achat des divers matériaux servant à la réalisation des installations de biogaz, la rémunération des ressources humaines ainsi que les diverses dépenses relatives aux différentes missions (enquête, inventaire des sites, réalisation, achat des accessoires de biogaz...) pendant ce projet.

❖ Les ressources humaines

Elles comprennent :

- un expert Suisse ;
- deux ingénieurs polytechniciens responsables du projet et de la maîtrise de la technologie ;
-

- un conseiller d'orientation des divers travaux relatifs au projet ;
- un chercheur responsable de l'étude des compressions financières possibles pour la construction des digesteurs familiaux à un tarif abordable ;
- un sociologue pour l'enquête et l'analyse socio-économique des sites susceptibles de recevoir le projet ;
- un technicien supérieur de spécialité : dessinateur - métreur
- six ouvriers spécialisés respectivement dans le domaine de la maçonnerie, de l'ouvrage métallique et de la menuiserie ;
- des manœuvres.

Comme la durée du projet est bien limitée, ces ressources humaines sont conformes au budget prévu par le projet et on a essayé d'arranger le personnel afin que le travail se fasse dans les meilleures conditions.

Le temps de formation n'existe pas à proprement parler ; c'est au cours de la réalisation qu'on a essayé de former ou de corriger l'erreur du personnel car il n'y a pas de budget propre pour la formation à part celui de deux ingénieurs.

❖ Les matières premières

En fonction des sites choisis, les matières premières sont variables telles que la bouse de vache, la déjection porcine, les fientes de poule, la latrine....

Ces matières premières sont disponibles dans tous les sites recensés du projet.

❖ La technologie

Afin de déterminer la technologie adéquate pour le contexte malgache, le projet envisage dans son programme de déterminer la performance de la technologie de biométhanisation chinoise et indienne et c'est à partir de ces tests que l'équipe du projet a pu faire sortir la technologie requise selon le contexte malgache d'où son appellation hybride typiquement malgache avec une performance meilleure. C'est une technologie de biométhanisation utilisée selon le contexte malgache.

b) Du point de vue Extrants

Nous essayons de citer l'ensemble des résultats concrets de ce projet :

- **la maîtrise de la technologie**

Les différentes réalisations nous ont permis d'acquérir une maîtrise de la technologie en adéquation aux conditions locales.

Actuellement, le projet a permis d'avoir du personnel de conception (ingénieurs, techniciens supérieurs) de réalisation (contre maître, maçons, plombier, soudeur..) capables d'assurer la fabrication locale, de mise en fonctionnement et de suivi d'installations de biogaz.

En plus des données techniques, économiques et sociales chiffrées et rassemblées comme base de données pour les utilisations ultérieures, elles pourront servir dans l'élaboration des projets et opérations de vulgarisation.

- **Les modèles d'installation retenus**

Trois modèles ont été développés à partir des modèles primitifs qui sont connus dans le monde (Chinois : dôme fixe, et Indien : à cloche flottante). La technique la plus récente et la plus employée pour les installations construites localement se base sur celle qui est développée par les Allemands (GTZ/ RFA). Elle a plusieurs avantages et convient mieux aux conditions locales concernant la disponibilité en matériaux locaux (emploi de briques cuites et de faible quantité de ciment dans les travaux de maçonnerie).

Les installations à haute pression (dit à dôme fixe) sont les plus économiques et sont destinées plus particulièrement à l'utilisation en éclairage. Leur principal inconvénient c'est la très faible capacité de stockage du gaz qui limite la durée d'utilisation du produit combustible. Leur rendement est quelquefois faible.

Les installations à basse pression (dit à ballons) introduisent le stockage en bâche de PVC fabriqué par une industrie locale. Le principal avantage c'est qu'on peut augmenter économiquement le volume du stockage de gaz. Par exemple certaines utilisations (motorisation, cuisson aliment du bétail) nécessitent de grandes réserves de gaz, c'est pour cela qu'on pourra faire appel à ces modèles. Aussi a-t-on noté de meilleurs rendements avec ces installations.

Les installations à moyenne pression (dit à cloche flottante) sont les plus répandues. Les cloches métalliques servant à recueillir le gaz semblent être le point faible de ces modèles (coût élevé et durée de vie limitée). La version « cloche en FRP » Fiber Reinforced Plastic semble convenir aux conditions locales mais elle coûte encore cher. Ces installations, par contre, ont de multiples avantages et peuvent être destinées aux besoins collectifs ou communautaires car elles présentent une facilité de manipulation pour les paysans et ont une capacité convenable de stockage de gaz.

▪ Les utilisations du gaz

La collection d'utilisations tant sur le produit biogaz que sur les effluents (boues de fermentation) a été parmi les préoccupations majeures du projet. Chaque paysan agriculteur ciblé a, chacun, sa propre priorité quant à l'utilisation des produits de son installation. Les uns s'attachent à la substitution des combustibles ordinaires comme le bois de chauffe, le charbon de bois ou le gaz pétrolier à des fins ménagères (éclairage, cuisson des aliments, repassage de linge...) ou à des fins professionnelles (réfrigération, cuisson des aliments du bétail, ou électrification...); les autres rentabilisent leurs installations par l'exploitation des effluents du digesteur (pisciculture, culture de tabac, cultures maraîchères...).

Autres résultats

Les études pratiques concernant les adaptations locales de la technologie du biogaz nous ont permis de :

- concevoir un système très simple pour les travaux de chargement (mélange des déjections de zébus avec de l'eau) permettant d'une part l'élimination du sable contenu dans la bouse ainsi que les grosses molécules et d'autre part, la facilité de manipulation (car le mélange de bouse et d'eau doit se faire suivant une proportion bien déterminée) ;
- fabriquer des réchauds locaux, très bon marché et à très bon rendement et qui sont adéquats aux besoins culinaires des paysans (grosses marmites...) ;
- adapter un frigidaire à absorption et qui peut fonctionner au biogaz ;
- adapter un fer à repasser au charbon de bois et qui peut fonctionner au biogaz ;
- valoriser les effluents d'une installation dans les activités piscicoles, etc.

▪ But du projet

Ce projet a pour but de :

- ❖ mettre en place une structure de base pour la diffusion et la vulgarisation de la technologie de biogaz à Madagascar par l'intermédiaire de la mise en place d'une équipe de techniciens qui sera chargée ultérieurement de cette technologie ;
- ❖ construire dans tous les sites cibles des projets d'installations de biogaz pilotes pour servir de démonstration et de collecte de données technico-économiques.

▪ Finalité du projet

Le financement de ce projet émane de la F.A.O, organisme international qui axe son activité principalement sur le secteur agricole, et c'est à ce titre que le projet a pour finalité : l'essor économique de Madagascar par le biais de l'amélioration du rendement de production des agriculteurs utilisant l'engrais biologique issu de la technologie de biogaz.

Cette méthodologie a été appliquée en totalité ou en partie dans tous les projets réalisés durant la première période puisque chaque site cible a sa propre spécificité.

Section II-POLITIQUE DE L'INTRODUCTION DU BIOGAZ PAR LE PROJET DU MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES (MEM)

§1- Projet de coopération Sino-malgache

La mise en place de deux unités de biogaz dans la commune rurale d'Ankadinandriana en particulier à l'Ecole Primaire Publique (EPP) de cette localité a été l'objet d'une coopération entre l'Etat Malagasy représenté par le Ministère de l'Energie et des Mines (MEM) et la République Populaire de Chine.

A- L'apport du projet

Cette coopération consiste à réaliser deux unités de biogaz à l'EPP d'Ankadinandriana pour la satisfaction des besoins énergétiques de la cantine scolaire de cette école. Dans ce cadre, les experts chinois assurent le transfert de la technologie de biogaz aux techniciens de l'Institut Malgache d'innovation (IMI).

B- L'objectif du projet

Le projet a pour objectif la mise en place d'unité pilote servant respectivement :

- de modèle pour les écoliers ainsi que la population riveraine ;
- d'outils de démonstration pour toute la commune ;
- d'information de toute la population de l'existence d'une source d'énergie autre que le bois.

C-Finalité du projet

En bref, ce projet vise en particulier le développement de sources d'énergie de substitutions autres que le bois énergie.

Section III- LES DIVERS AVANTAGES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ

L'application de la technologie de biogaz en milieu réel par le biais de ce projet TCP/MAG a permis de tirer les avantages quantifiables ou non quantifiables relatifs au domaine socio-économique

§1- Les avantages socio-économiques de l'introduction du biogaz

Les avantages apportés par l'introduction du biogaz peuvent se présenter de deux manières :

Soit

- **les effets non quantifiables**

Les effets non quantifiables se présentent sous plusieurs aspects :

Le prestige social

La possession d'une unité de biogaz est considérée par la communauté locale comme un objet de valeur, mais dans la logique c'est un objet qui est à la portée de tout le monde du point de vue coût de l'utilisation. La famille bénéficiaire de l'installation est considérée par leur voisine comme une famille nantie ayant un niveau de vie meilleure par rapport à eux, puisque : elle utilise une énergie nouvelle qui peut être utilisée à tout moment ; et elle est libérée de tout travail de collecte de bois de chauffe.

La santé

Avant l'introduction de l'installation de biogaz, dans la plupart des cas, des membres de la famille sont souvent atteints de diverses maladies en particulier la maladie des yeux, la toux ainsi que la maladie pulmonaire. Ces maladies sont les conséquences de l'utilisation du bois de chauffe pour la cuisson journalière des repas de la famille. L'introduction du biogaz leur a permis d'éradiquer ces différentes maladies.

La propreté

Le biogaz, gaz produit par le bio digesteur ne provoque pas de fumée ni dans la cuisine ni aux ustensiles utilisés, c'est donc un combustible hygiénique. Que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur de la maison du bénéficiaire, la propreté devient reine et sert de modèle pour la localité tout entière. Tous les déchets de la cuisine sont jetés directement dans le bio digesteur pour produire par la suite de l'énergie.

La libération des membres de la famille à d'autres tâches

L'introduction du biogaz a permis aux bénéficiaires de :

- ne plus garder la cuisson des repas ;
- libérer la mère de famille de toutes autres activités usuelles antérieures en particulier l'allumage du feu, la recherche de brindilles de bois pour l'inflammabilité du foyer, la surveillance de la cuisson.

Dans ce cas, elle peut faire d'autres nouvelles activités génératrices de revenu qui pourraient améliorer leur condition de vie entre autres :

- ❖ les cultures maraîchères ;
- ❖ le suivi de l'enseignement des enfants.

▪ **Les effets quantifiables**

Afin que nous puissions déterminer les effets quantifiables produits par les différentes unités de biogaz réalisées dans le cadre du projet TCP/MAG, nous essayons de voir ces effets suivant deux périodes :

- période avant introduction du biogaz ;
- période après introduction du biogaz.

Période avant introduction du biogaz

Tableau N°6 : Les différentes activités d'utilisation du bois de chauffe

Utilisation du bois de chauffe		
Activités	Nombre de personnes engagées	Temps dépensés (heures/mois)
Collecte de bois		
- transport fagot de bois	02	08
- Tronçonnage, abattage	02	12
- Ramassage, pause	02	06
Hachage		
-Hachage et mise en stock	01	20
Cuisson		
- Repas famille (cuisson riz, café et aliment de résistance)	01	120
TOTAL	192 hommes heures/mois	

Source : Résultat enquête CNRIT / 2003

D'après ce résultat, les travaux de collecte de bois, du hachage et de la cuisson exigent 192 hommes heures par mois.

Tableau N°7 : Quantités de combustibles consommés et dépenses mensuelles et annuelles en combustibles par la famille

Consommation de bois de chauffe	Prix unitaire/kg (Ariary)	Prix total (Ariary)	
		Mensuel	Annuel
Consommation mensuelle en bois de chauffe 6 personnes x 0,45 Kg x30 jours=81Kg Consommation annuelle en bois de chauffe 81kg x 12 mois = 972 kg	25	2025	24300

Source : CNRIT / 2003

Il est à noter qu'une personne normale consomme 0,45 kg par jour en tenant compte que la taille moyenne d'une famille malgache est composée de 6 personnes (Projet Madio).

Période après introduction du biogaz

Après introduction du digesteur, l'utilisation du bois de chauffe par la famille n'a presque plus sa raison d'être, ce qui signifie que les différentes activités y afférentes à savoir : la collecte de bois, le hachage ainsi que la cuisson avec du bois ont été remplacés par d'autres nouvelles activités.

Tableau N° 8: Les différentes activités pour la production d'énergie après introduction du biogaz

Utilisation du biogaz		
Activités	Nombre de personnes engagées	Temps dépensé (heures/mois)
Collecte de matières premières		
- déjections animales	1	3,2
-eau	1	3,2
- Chargement	1	15
- Mélange Eau+ déjections animales	1	8
Total	29,4 hommes heures/mois	

Source : CNRIT / 2003

D'après ces résultats, l'introduction du biogaz a permis de réduire les travaux d'utilisation du bois de chauffe de 192 hommes heures /mois à 29,4 hommes heures/mois.

Pour un ménage de taille égale à 4,6, l'introduction d'une unité de biogaz lui permet de gagner 72,6 hommes heures/mois, soit 9,07 hommes journée.

Tableau N°9 : Equivalent consommation de biogaz par la famille avec celle du prix du biogaz

Consommation de Biogaz	Equivalent Prix biogaz
- Consommation, biogaz/mois $1,1 \text{ m}^3 \times 30 \text{ j} = 33 \text{ m}^3$	Effort physique de la famille pour assumer les différentes activités de production de biogaz, en particulier ;: la collecte de matière
- consommation biogaz /an $33 \text{ m}^3 \times 12 = 396 \text{ m}^3$	

Source : CNRIT / 2003

Ce tableau montre que l'utilisation du biogaz par la famille permet de la libérer de l'utilisation du bois de chauffe.

A- Les avantages économiques

Divers avantages peuvent être obtenus de l'utilisation du biogaz sur le plan économique entres autres :

- la réduction de l'importation de sources d'énergies fossiles ce qui entraînera par la suite l'économie de nos devises ;
- la réduction de nos importations en engrais par l'utilisation d'engrais biologiques issus des résidus de fermentation ;
- l'amélioration des sources de revenu des ménages par l'utilisation de l'engrais biologique qui influe par ricochet sur l'économie locale, régionale voire nationale ;
- la création de nouveaux emplois pour la localité concernée. Elle se présente sous diverses formes de main d'œuvre que ce soit au début ou durant le projet ;
- les emplois créés peuvent être :
 - ❖ des maçons dès le démarrage du projet pour assurer les travaux de maçonnerie pour la construction de l'installation de biogaz ;
 - ❖ des ouvriers spécialisés pour assurer la mise en place des divers équipements techniques ;
 - ❖ de simples ouvriers qui seront responsables respectivement des divers travaux de manutention relatifs à l'implantation des infrastructures, à la recherche de matières premières pour l'alimentation journalière du digesteur, au chargement journalier du digesteur et enfin à l'aménagement du bassin de stockage des résidus de fermentation destinés à être utilisés comme compost.
- l'unité construite est considérée comme une installation de démonstration servant de sensibilisation à toutes les localités voisines de façon à ce que tout le monde connaisse non seulement le biogaz comme une nouvelle source d'énergie autre que

le bois mais aussi l'engrais biologique issu de la fermentation qui a un rendement meilleur que la bouse de vache utilisée directement sans avoir passé par la technologie de méthanisation.

B- Les avantages sociaux

Divers avantages sociaux ont été enregistrés par les bénéficiaires d'une unité de biogaz entre autres :

- le prestige social : le digesteur est considéré comme un objet de valeur par la population locale mais dans la logique, c'est un objet qui est à la portée de tout le monde du point de vue coût de l'utilisation. La famille qui en possède est considérée par leur voisine comme une famille nantie, c'est-à-dire possédant un niveau de vie meilleure par rapport à eux, puisque elle utilise non seulement une nouvelle source d'énergie disponible à tout moment mais aussi elle est libérée du travail de collecte de bois de chauffe ou d'achat de combustible usuel. ;
- la santé : avant l'introduction de biogaz, la famille bénéficiaire était souvent atteint dans la plupart du temps de différentes maladies telles que : la maladie d'origine pulmonaire (la toux,..) les maux de tête et les maladies des yeux. Ces maladies sont les conséquences de l'utilisation du bois énergie et dérivés pour la cuisson quotidienne des repas des ménages. L'introduction du biogaz a fait disparaître toutes ces maladies ;
- la propreté : le feu produit par le biogaz ne provoque pas de fumée ni aux ustensiles de cuisine, ni à la cuisine, c'est donc un combustible écologique et hygiénique. Que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison du bénéficiaire, la propreté devient un modèle pour tout le village ou la localité concernée ;
- la libération pour d'autres tâches : la cuisson de repas n'a plus besoin d'être gardée. La mère de famille est donc libérée d'autres activités usuelles antérieures entre autres : l'allumage du foyer, la recherche de brindilles, la surveillance de la cuisson. Elle peut donc faire d'autres nouvelles activités génératrices de revenus pour améliorer la condition de vie des ménages comme la culture maraîchère, le suivi de l'enseignement des enfants...

Section IV- LES CONTRAINTES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ

Chaque technologie est susceptible de causer des dommages lorsqu'elle est mal utilisée. Les effets bénéfiques recherchés ne sont pas atteints ou provoquant des réactions contraires.

La production de biogaz permet de créer diverses contraintes selon la technologie de production utilisée.

§1- Pour la technologie de méthanisation

La technologie de méthanisation est fonction non seulement de divers paramètres composants ou indépendants du substrat entre autres :

A-La température

C'est le facteur le plus important pour la production de biogaz. En hiver, l'installation est à sa plus faible productivité et la production estimée ne sera pas atteinte.

Le volume de la cuverie à installer est fixe et doit être dimensionné correctement en tenant compte du facteur saisonnier. Dès que l'installation est fonctionnelle il n'y a plus de moyen de la changer ou de la redimensionner.

B-La disponibilité en matière première

Une des causes des pannes de plusieurs unités de production de biogaz est la disponibilité de ressources convenables pour l'alimentation du digesteur.

§2- Pour la technologie de l'enfouissement technique

Le centre d'enfouissement technique attire beaucoup d'insectes comme les mouches, les rats.... Il doit être placé loin de la ville, au moins à deux kilomètres hors de la ville ;

La mise en place de cette technologie demande d'importants investissements comprenant :

- un espace important, pour l'implantation de diverses infrastructures correspondantes ;
- une protection de la nappe phréatique afin d'éviter toute pénétration des déchets aux sources d'eau des villages voisins de l'installation.

C'est une technologie spécialement destinée pour les pays développés qui ont les moyens adéquats pour la concrétisation de cette technologie.

PARTIE II

LE BIOGAZ ET LES SECTEURS ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DE MADAGASCAR

INTRODUCTION PARTIELLE

Comme la première, notre dernière partie s'est subdivisée en trois chapitres, qui sont : **étude de la situation économique actuelle de Madagascar** (il nous parle de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche, et de l'écotourisme), ensuite **le biogaz face au développement économique de Madagascar** (dans ce chapitre, nous avons analysé l'état de lieu et la place du biogaz sur la politique énergétique de Madagascar, la liaison entre biogaz et l'agriculture, et enfin le biogaz et l'élevage), et enfin notre dernier chapitre portant le titre **rôles du biogaz sur la situation environnementale de Madagascar et les stratégies envisagées pour la synergie de la technologie du biogaz et l'économie nationale** (ce chapitre trouve son intérêt sur les enjeux environnementaux en élaborant l'importance de la préservation des habitats , la préservation de l'environnement, la gestion optimisée des pâturages, la gestion de l'eau, la sécurisation des espaces de production, la gestion des ressources, le renforcement d'une exploitation de biogaz de qualité, et enfin l'accès a l'information et aux réseaux de communication. Il trouve aussi son intérêt sur les stratégies envisagées pour la synergie de la technologie du biogaz et l'économie nationale, quant à elle se repose surtout sur la politique gouvernementale, la structure de base au niveau des collectivités décentralisées, la prise en charge de l'Etat.)

CHAPITRE I : ETUDE DE LA SITUATION ECONOMIQUE ACTUELLE DE MADAGASCAR

L'économie de Madagascar est basée principalement sur l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'écotourisme.

Nous allons essayer de voir une à une ces quatre filières de façon à ce que nous puissions mesurer les enjeux du biogaz face à chacune d'elles.

Section I-L'AGRICULTURE

§1-Historique¹

Madagascar est un pays de civilisation rizicole. En 1504, les navigateurs portugais s'approvisionnaient en riz dans les ports de la Côte Nord-Ouest (baie de Majunga). En 1804, un botaniste Chapelier a pu recenser dans la région de Tamatave 14 variétés de riz inondé dont certaines sont encore connues aujourd'hui : vary lava, vary morona, vary lamba, etc. En 1966, les collections du Lac Alaotra comptent plus de 1300 variétés, ce qui montre le nombre considérable de variétés de riz existant à Madagascar. Les premières sélections ont été effectuées au sein des populations locales dans le but d'obtenir des variétés stables. Ce principe a été possible grâce à la création des premières stations agricoles (Ivoloina, Nanisana, Lac Alaotra et Marovoay). La première sélection des Vary Lava fut effectuée en 1932..Après la seconde guerre mondiale, un programme intensif de recherches rizicoles est mis en place dans les stations de Lac Alaotra et de Marovoay. C'est à partir de prospection et de sélection d'hybridation et d'introduction de l'extérieur que furent créées les principales variétés améliorées et stabilisées actuellement offertes à la riziculture malgache. Cependant, les variétés locales non sélectionnées prédominent encore très largement. Les variétés améliorées à haut rendement n'occupent que seulement quelques dizaines d'hectares...

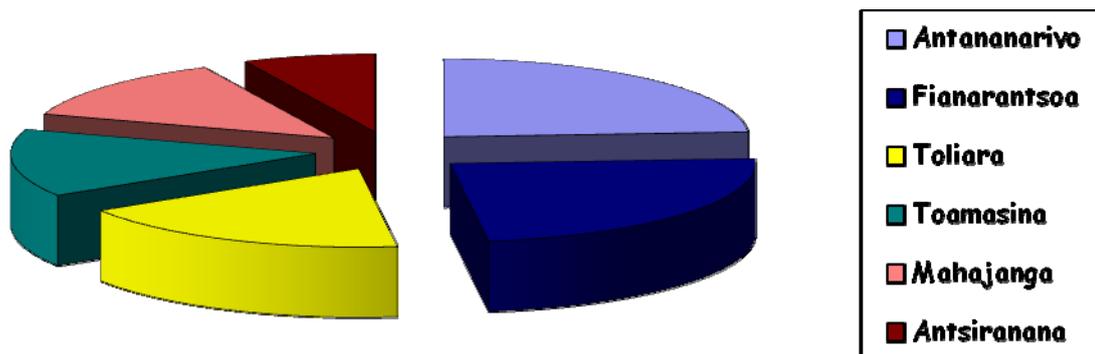
Depuis l'époque de nos ancêtres, l'agriculture est l'une des principales sources de la survie malgache, et cette situation continuera probablement.

¹ www.maep.gov/agriculture.

§2-La population rurale ¹

En 2004, la population malgache est au nombre de 17 205 801 individus, avec une population rurale de 13 950 000 d'individus (soit 81,08% de la population malgache). Comparés aux autres provinces, Antananarivo et Fianarantsoa ont un nombre important de population rurale de l'ordre de 48%.

Graphique N°2 : répartition de la population rurale à Madagascar



Source : www.maep.gov.mg / premiers résultats de recensement 2004-2005

Avec :

- 24% pour la province d'Antananarivo et de Fianarantsoa ;
- 18% pour la province de Toliara ;
- 14% pour la province de Toamasina ;
- 13% pour la province de Mahajanga ;
- et 7% pour la province d'Antsiranana.

D'après ce graphique, la province d'Antananarivo ainsi que de Fianarantsoa occupent chacune 24 % de la population rurale malgache. Avec un taux pareil elles tiennent le record, mais c'est la province d'Antsiranana qui a un pourcentage le plus faible avec 7 % seulement.

¹ www.maep.gov / premiers résultats des recensements agricoles. 2004.



§3-La population agricole¹

Toujours en 2004, la population malgache compte 13 316 000 habitants, dont 48,6 % sont de moins de 15 ans où les 51,8 % sont du sexe féminin. Les 88 % de plus de 5 ans ont un niveau d'instruction ne dépassant pas le primaire.

Parmi les ménages agricoles, environ 73,3 % sont des petits exploitants (exploitant moins de 1,5 ha). Les grands exploitants (exploitant plus de 4 ha) ne représentent que 4,5% des ménages agricoles.

A-La population agricole active (12ans et plus)

Elle représente 60 % de la population agricole. Les 82 % de la population agricole de plus de 12 ans sont actifs dont 5 % chômeurs. Les 96 % des personnes occupées travaillent dans le secteur agriculture à titre principal ou à titre secondaire.

B-Activité principale et activité secondaire

L'élevage occupe 26 % de la population active dont 1,5 % à titre principal ; et quand à la pêche, elle regroupe 1,9 % de la population active dont 52 % à titre principal.

C- le niveau d'instruction (5 ans et plus)

Plus de 4 individus sur 5 ont un niveau d'instruction ne dépassant pas le niveau primaire avec une frange importante d'illettrés.

Pour la population de 6 à 14 ans, près de 20 % n'ont jamais fréquenté l'école. Leur taux d'analphabetisation est de 27 % pour les femmes et 23 % chez les hommes.

§4- La riziculture¹

Tout d'abord pour nous les malgaches, le riz est notre principale source d'alimentation. Pratiquer la riziculture c'est participer à notre développement.

Les régions d'Alaotra Mangoro et du Boeny sont les principaux greniers à riz de Madagascar où l'on rencontre la majorité de grands exploitants agricoles par rapport à la moyenne nationale mais pas d'une manière significative.

Plus de 37,6% des ménages ont déclaré avoir cultivé du riz. Dans les régions de Sofia, plus de 84,9% des ménages pratiquent la riziculture. Dans les régions d'Alaotra Mangoro, forte productrice de cette denrée, cette proportion n'est que de 47,8%. Près de 38% de la

¹ www.maep.gov / premiers résultats des recensements agricoles. 2004.

¹ www.maep.gov / premiers résultats des recensements agricoles. 2004.

production rizicole sont autoconsommées et 43,6% sont réservées à la vente. L'autoconsommation est relativement élevée dans les régions d'Analamanga, d'Atsinanana, d'Analanjirifo et de Melaky. Dans la région d'Alaotra Mangoro, plus de 43,1% de la production sont destinés à la vente et la part de l'autoconsommation n'est que de 28,7%.

A- Situation de la riziculture à Madagascar

La majorité de la population malgache pratique l'agriculture non seulement comme une source de revenu des ménages mais aussi comme moyen de subsistance. La riziculture est la culture la plus pratiquée malgré le faible rendement de production par hectare dû respectivement aux moyens de production archaïques, rudimentaires ainsi qu'aux us et coutumes maintenues dans presque toutes les régions de l'île.

Parmi les ménages agricoles, environ 73,3% sont des petits exploitants possédant un terrain ayant une superficie inférieure à 1,5 ha Les grands exploitants possédant plus de 4 ha ne représentent que 4,5% des ménages agricoles.

Les régions d'Alaotra Mangoro et du Boeny où se trouvent les principaux greniers à riz de Madagascar comptent une part plus élevée de grands exploitants par rapport à la moyenne nationale mais pas d'une manière significative. Plus de 37,6% des ménages ont déclaré avoir cultivé du riz mais près de 38% de la production rizicole sont auto consommés et 43,6% sont réservés à la vente.

Par contre, l'autoconsommation est relativement élevée dans les régions d'Analamanga, d'Atsinanana, d'Analanjirifo et de Melaky.

B-Mode de fertilisation rizicole et superficie exploitée par région

Tableau N° 10: Mode de fertilisation et superficie exploitée par région

REGIONS	MODE DE FERTILISATION PAR hectare			
	Organique	Minérale	Mixte	Sans fertilisation
Analamanga	29 425	1 272	3 593	29 105
Vakinankaratra	25 552	869	7 710	25 780
Itasy	18 429	278	518	27 341
Bongolava	5 903	310	262	56 241
Haute Matsiatra	22 253	1 412	5 078	21 420
Amoron'i Mania	20 937	205	508	17 751
Vatovavy Fitovinany	2 123	377	438	126 596
Ihorombe	99	24	1	17 303
Atsimo Atsinanana	362	1 148	73	51 969
Atsinanana	246	84	17	76 911
Analanjirofo	618	462	147	67 770
Alaotra Mangoro	15 137	8 336	4581	58 515
Boeny	625	787	350	59 473
Sofia	120	286	12	110 852
Betsiboka	740	14	-	34 571
Melaky	47	2	24	28 462
Atsimo Andrefana	107	1 422	123	38 140
Androy	20	16	19	5 078
Anosy	3 236	81	161	28 455
Menabe	1 500	636	129	63 653
Diana	270	133	18	43 777
Sava	227	308	119	70 612
MADAGASCAR	147 977	18 462	23 879	1 059 774

Source : recensement de l'agriculture (campagne agricole 2004-2005) de Ministère d'Agriculture, d'Elevage et de la Pêche (MAEP) / Institut national de la Statistique (INSTAT).

Ce tableau nous montre que les paysans malgaches pratiquent la riziculture sans fertilisation sur une superficie totale de 1 059 774 ha et avec de l'engrais (organique, minéral et mixte) sur 190 318 ha. En bref, 15,22% seulement de la superficie totale de terrain rizicole exploitée à Madagascar pratique la fertilisation contre 84,77% non fertilisée. Ces chiffres en sont la preuve palpable de notre insuffisance alimentaire ainsi que la justification

de l'importation annuelle de riz. Sans une stratégie fiable pour accroître le rendement de production par l'utilisation de fertilisation tant organique que minérale, notre situation restera toujours la même.

C- Evolution des prix moyens de riz local et importé

Tableau N°11: Evolution des prix moyens de riz local et importé

PERIODES	PRODUITS	REGIONS	PRIX MOYENS en Ariary/kg	
			maximum	minimum
septembre 2003	Riz local	Anosy	532	
		Bongolava		327
	Riz import	Anosy	600	
		Manakara		377
Avril 2005	Riz local	Menabe	1121	
		Bongolava		718
	Riz import	Toamasina	1059	
		Menabe		694

Source : MAEP / 2006.

Ce tableau permet de comparer au niveau des régions les situations entre le début et le dernier relevé de prix au mois de septembre 2003 et le mois d'avril 2005 en matière de prix maximum et minimum.

Durant cette période de relevé, les prix maximum du riz local et du riz importé présentent une différence de 589 Ariary par kg et 459 Ariary par kg respectivement.

Par rapport aux régions où les prix moyens du riz ont été disponibles, la région de Bongolava a enregistré les prix les plus bas en riz local. Ces prix ont été respectivement de 327 Ariary par kg en septembre 2003 et de 718 Ariary par kg en avril 2005. Etant une grande région productrice, Bongolava peut faire deux saisons de riziculture irriguée entraînant une disponibilité quasi-permanente en riz au niveau de la région. Par ailleurs, la riziculture pluviale y fournit aussi une production assez considérable.

Diverses raisons ont poussé Madagascar à faire l'importation du riz à savoir :

a) Les facteurs climatiques ¹

Alors qu'un climat tropical humide prévaut le long de la majeure partie de la côte Est, la partie Sud-ouest est extrêmement sèche durant toute l'année. La région du Nord-Ouest est, d'autre part, caractérisée par un climat de mousson typique avec une longue période sèche suivie d'une saison de pluie accompagnée de très fortes précipitations. Une grande partie du pays est située à plus de 1000 m d'altitude : les températures sur ces hauts plateaux sont plus basses que celles des régions côtières, particulièrement pendant la saison froide et sèche. Les fluctuations saisonnières des températures deviennent plus critiques dans la partie Sud du pays.

b) Le mode de culture traditionnelle

Les agriculteurs ruraux pratiquent la méthode de culture archaïque à cause :

- de la pauvreté aiguë ;
- de leur faible pouvoir d'achat ;
- du faible taux d'accès à l'éducation ;
- du fort taux d'analphabétisation.

c) Le manque de terrain à cultiver

La terre est le premier facteur dans l'agriculture, suivie par le capital et la force du travail. Comme la majorité des paysans ici à Madagascar est pauvre, alors ces paysans ont une petite parcelle de terrain chacun. Par conséquent, ils ont une production minimale.

d) L'insuffisance du temps de travail

Compte tenu des us et coutumes pratiqués à travers toutes les régions de l'île, la durée moyenne annuelle du temps de travail pour les paysans est environ deux cent jours alors que selon la norme de l'Unité de Travail Humain (UTH) ; le nombre de jours de travail d'un homme adulte est de trois cent jours par an¹.

Cette insuffisance du temps de travail influe non seulement sur la productivité de chacun des ménages mais aussi sur la source de revenu donc à l'amélioration de leur niveau de vie.

¹ www.maep.gov / calendriers agricoles de Madagascar.

¹ Seth Arsène RATOVOSON, cours d'économie rurale en 3^{ème} année Economie à l'Université de Toamasina.

A titre d'exemple, les paysans du Nord de l'île ne travaillent que quatre ou cinq jours seulement par semaine à cause de la croyance ou du tabou. La production sera forcément mauvaise si on travaille le mardi ou le Jeudi parce que, ce sont des jours qui portent malheur.

Et enfin, l'exode rurale

Parmi les causes de l'exode rural à Madagascar, on peut noter :

- L'ampleur de l'insécurité dans les campagnes qui oblige les paysans à quitter la campagne à chercher d'autres moyens de subsistance en ville ;
- La pauvreté qui pousse les campagnards à monter en ville à cause de leur moyen de production rudimentaire ;
- Le métier de cultivateur demande du courage, de la force et un minimum de fonds pour l'achat de divers intrants pour la culture. La majorité des paysans malgaches n'a plus ces conditions.

§5-Taux de croissance annuels par produits et par année

Tableau N°12 : Taux de croissance annuels par produits et par année

Unité : %

PRODUITS	2001	2002	2003	2004
CULTURES VIVRIERES	3,2	-3,8	-2,9	2,8
Paddy	7,3	-2,2	7,5	8,3
Manioc frais	-1,6	-5,7	-18,6	-2,2
Maïs grain sec	5,6	-4,4	84,2	-2,5
Patate douce	2,3	-6,1	0,0	-1,0
Pomme de terre	2,7	0,3	-13,8	-3,4
Haricot sec	1,4	-6,7	0,0	-0,4
Pois du cap				
	-1,4	-2,7	0,0	4,6

Source : MAEP / 2006

Ce qui marque le plus dans ce tableau c'est que le taux de croissance de maïs grain sec augmente brusquement en 2003 avec un taux de 84,2 % contre – 4,4 % en 2002. On y voit aussi qu'en 2002 presque tous les produits ont le taux de croissance négatif sauf celui de pomme de terre. On peut dire aussi que la production de paddy évolue chaque année après une chute en 2003.

Section II-L'ELEVAGE

L'agriculture et l'élevage sont étroitement associés au sein des exploitations agricoles. Une exploitation sur deux éleveurs de bovins a été enregistrée, mais le rythme de croissance du cheptel reste faible de l'ordre de 1 % par an. L'élevage porcin semble avoir une bonne reprise après le passage de l'épidémie de peste porcine africaine. L'élevage des petits ruminants évolue avec un taux de croissance annuel de 2,3 %.

Le cheptel animal malgache est essentiellement composé de bovins, de porcins, de petits ruminants et de volailles. Il existe d'autres types d'élevage dont l'importance varie d'une région à une autre (comme la sériciculture, l'apiculture, crocodiles, ...) mais nous n'étudions que les types de cheptel que nous avons cités auparavant.

§1- Situation de l'élevage à Madagascar

A-L'évolution de la filière bovine à Madagascar

L'élevage bovin est pratiqué partout ici à Madagascar mais son importance varie sensiblement d'une région à une autre suivant la vocation de cette dernière d'une part et selon l'objectif même de l'élevage d'autre part.

Tableau N°13: effectif du cheptel bovin par région

REGIONS	TOTAL DES BOVINS	BOVINS MALES		BOVINS FEMELLES	
		Total	dont bovins de trait	Total	dont laitières
Analamanga	273 810	176 581	138 857	97 229	30 193
Vakinankaratra	350 270	194 819	134 754	155 450	47 033
Itasy	216 308	143 838	107 949	72 470	22 354
Bongolava	229 813	153 027	100 183	76 786	14 094
Haute-Matsiatra	359 578	234 333	114 590	125 245	23 708
Amoron'i Mania	243 894	149 376	77 508	94 518	16 695
Vatovavy- Fitovinany	208 294	78 163	33 056	130 131	11 791
Ihorombe	523 472	217 399	88 759	306 073	78 293
Atsimo-Atsinanana	200 065	74 570	24 682	125 495	9 433
Atsinanana	101 920	35 901	6 932	6681 019	78 293
Analanjirofo	127 274	45 472	9 569	81 801	4 905
Alaotra-Mangoro	267 274	151 341	110 912	115 933	7 647
Boeny	697 697	302 727	128 456	394 970	17 488
Sofia	1 094 979	543 485	323 408	551 495	53 771
Betsiboka	322 372	166 107	92 246	156 265	30 038
Melaky	586 098	264 671	101 462	321 427	60 759
Atsimo-Andrefana	1 387 720	617 966	238 083	769 754	148 642
Androy	763 459	366 728	140 263	396 731	100 629
Anosy	629 644	268 085	92 970	361 559	91 989
Menabe	490 694	237 390	109 073	253 304	42 800
Diana	362 185	170 262	95 750	191 922	41 730
Sava	250 525	122 092	49 653	128 432	21 474
MADAGASCAR	9 687 342	4 714 334	2 319 115	4 973 008	882 840

Source : MAEP / 2005

Unité : têtes

D'après notre tableau, le nombre de bovins femelles est relativement plus élevé que celui des mâles avec une différence de 258 674 vaches. Les vaches laitières représentent 18% des bovins femelles et quant aux bovins de trait, ils représentent 49,19 % des bovins mâles. Par rapport aux autres régions, la région d'Atsimo-Andrefana est la région qui pratique le plus l'élevage bovin avec 1 387 720 têtes de bœufs dont 617 966 sont mâles et les 769 754 femelles. Par contre, c'est la région d'Atsinanana qui le pratique en moins avec 101 920 têtes de bœufs dont 35 901 sont mâles et 66 019 sont femelles.

L'évaluation de la production de bouse de zébus par région

Pour 250 bovins, on peut obtenir 598 kg d'engrais secs par jour avec 2 700 kg d'azote et 126 m³ par jour d'énergie (biogaz), soit 667,5 kWh par jour¹. Si on se réfère au tableau précédent, c'est-à-dire, le tableau N°13, on a :

Tableau N° 14: évaluation des engrais secs et d'énergie que Madagascar pourra avoir par jour

Région	Total bovins	Engrais secs par jour et par Kg	Energie par jour	
			Biogaz en m ³	Electricité en KWh
Analamanga	273 810	654 953,52	138 000,24	731 401,27
Vakinankaratra	350 270	837 845,84	176 536,08	935 641,22
Itasy	216 308	517 408,74	109 019,23	577 801,92
Bongolava	229 813	548 712,70	115 615,05	612 759,76
Haute-Matsiatra	359 578	860 110,58	181 227,31	960 504,74
Amoron'i Mania	243 894	583 394,45	122 922,58	651 489,67
Vatovavy- Fitovinany	208 294	498 239,25	104 980,18	556 394,95
Ihorombe	523 472	1 252 145,02	263 829,89	1 398 298,42
Atsimo-Atsinanana	200 065	478 555,5	100 832,76	534 413,63
Atsinanana	101 920	243 792,64	51 367,68	272 248,70
Analanjirofo	127 274	304 439,41	64 146,10	339 974,33
Alaotra-Mangoro	267 274	639 319,41	134 706,10	713 942,33
Boeny	697 697	1 668 891,22	351 639,29	1 863 688,24
Sofia	1 094 979	2 619 189,77	551 869,42	2 924 907,93
Betsiboka	322 372	771 113,82	162 475,5	861 120,15
Melaky	586 098	1 411 946,42	297 500,42	1 576 752,23
Atsimo-Andrefana	1 387 720	3 319 426,24	699 410,9	3 706 877,77
Androy	763 459	1 826 193,93	384 783,34	2 039 351,7
Anosy	629 644	1 506 108,45	317 340,6	1 681 905,18
Menabe	490 694	1 173 740,05	247 309,8	1 310 741,94
Diana	362 185	866 346,52	182 541,24	967 468,57
Sava	250 525	599 255,8	126 264,6	669 202,3
MADAGASCAR	9 687 342	23 181 129,28	4 884 318,31	25 886 887,03

Source: notre calcul, Octobre 2007

¹ G. EGGLEING, GULDAGER, G. HILLING, G. TIEGEN, L. SASSE, U. WERNER. Biogaz, manuel pour la réalisation des programmes de biogaz. Page 29. CNRIT. Cote 503.115 Pages.

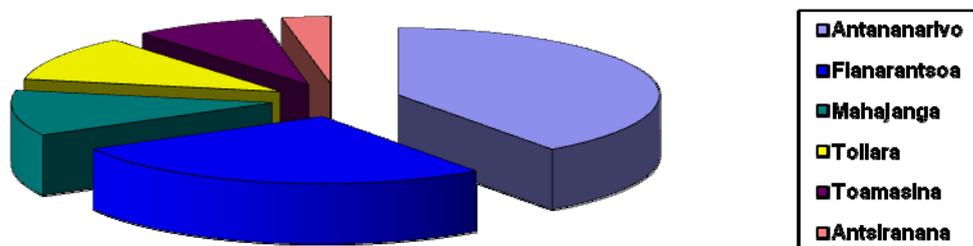
Commentaire de l'engrais sec et de l'importation d'engrais

En une année, la quantité totale d'engrais sec évaluée conformément au nombre total de zébus enregistrés dans toute l'île est de 8 345 206,8 tonnes. Par contre, depuis l'année 2003 jusqu'en 2005, Madagascar n'a importé que 51 024,569 tonnes d'engrais, correspondant à 0,61% seulement par rapport à l'engrais sec. Devant ce fait, une des priorités des dirigeants est donc de dresser une politique de collecte des déjections bovines éparpillées à travers l'île de façon à réduire ou même supprimer l'importation d'engrais afin de nous libérer de la fuite de devises.

B-L'élevage porcin à Madagascar

L'élevage porcin ne représente que 13 % de l'élevage bovin, avec un nombre de 1 273 000 têtes.

Graphique N°3 : répartition du cheptel porcin par province



Source : www.maep.gov.mg/annuaire-statistique-2004

Avec :

- 40 % pour la province d'Antananarivo (soit 509 200 têtes de porcs);
- 27 % pour la province de Fianarantsoa (soit 343 710 têtes de porcs) ;
- 11 % pour la province de Mahajanga et de Toliara (soit 280 060 têtes de porcs);
- 8 % pour la province de Toamasina (soit 101 840 têtes de porcs);
- et 3 % pour la province d'Antsiranana (soit 38 190 têtes de porcs).

Le cheptel porcin est réparti au niveau des six provinces selon notre graphique ci-dessus. La province d'Antananarivo et de Fianarantsoa sont les provinces qui pratiquent le plus cet élevage par rapport aux autres provinces car ils regroupent les 67 % de l'effectif total, et que presque la totalité de leurs populations mangent la viande de porc.

Par contre, la province d'Antsiranana pratique l'élevage porcin avec 3 % seulement de l'effectif total car la viande de porc est tabou pour la majorité de sa population (les Antakarana et celle de la majeure partie de la population de Fivondronana d'Ambanja ;.....

C-L'élevage des petits ruminants à Madagascar

Ce genre d'élevage regroupe l'élevage ovin et l'élevage caprin, il s'est développé modérément si on se réfère aux résultats du précédent recensement de l'agriculture en 1984/1985. L'effectif des animaux est passé de 1 200 000 têtes en 1984 à 1 952 570 têtes en 2004.

Tableau N°15 : répartition par province de l'effectif total des petits ruminants

Unité : têtes

PROVINCE	TOTAL DES OVINS	TOTAL DES CAPRINS
Antananarivo	22 858	5 999
Fianarantsoa	26 147	970
Toamasina	17 239	
Mahajanga	29 955	147 832
Toliara	603 339	1 073 885
Antsiranana	3 804	20 541
MADAGASCAR	703 343	1 249 227

Source : www.maep.gov.mg / annuaire statistique 2004/ cheptel

Le tableau ci-dessus montre que l'élevage est pratiqué dans presque dans toute l'île avec une forte concentration dans la province de Toliara (soit 1 677 224 têtes pour les deux élevages à la fois qui est 86 % de l'effectif total).

Par contre cet élevage représente un faible nombre dans la province d'Antsiranana avec 24 255 têtes correspondant à 0,12 % de l'effectif total.

L'étude par type d'élevage permet de montrer que :

- pour l'élevage ovin : c'est toujours la province de Toliara qui bâtit le record avec un nombre de 603 339 soit 86 % de la totalité, et toujours la province d'Antsiranana qui le pratique en moins avec 3 804 têtes soit 0,05 % ;
- pour l'élevage caprin : la province de Toliara continue de prendre sa première place avec 1 073 885 têtes soit 86 % de l'effectif total, et la province de Toamasina n'a rien élevé en ce qui concerne les chèvres.

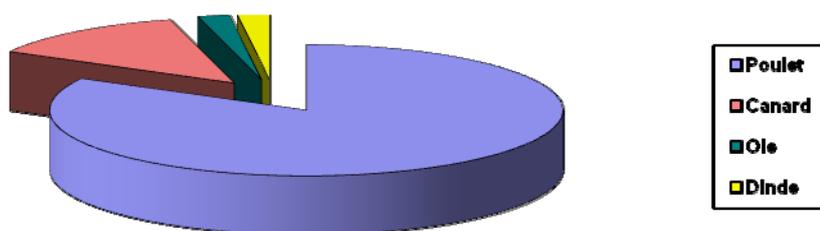
D-L'élevage des volailles à Madagascar

Le cheptel de volailles est essentiellement composé de poulets ; de canards; de oies ; et de dindes. L'effectif des animaux est estimé à 29 442 000 têtes pour la campagne de référence du recensement.

Ce genre d'élevage est pratiqué dans toutes les provinces mais avec des proportions différentes, comme l'on montre ci-dessous :

La province de Fianarantsoa bâte le record avec 27 % de l'élevage par rapport aux autres provinces ; suivie par la province d'Antananarivo avec 23 % ; puis celle de Toamasina avec 15 %, puis les provinces de Toliara et de Mahajanga qui ont un même pourcentage de 13 % chacune et enfin la province d'Antsiranana qui tient la dernière place pour l'élevage des oies avec un pourcentage de 9 %.

Graphique N°4 : répartition du cheptel par espèce



Source : www.maep.gov.mg / annuaire statistique 2004 / cheptel

Avec : 83 % de poulet, 13 % de canard, 2 % chacun de dinde et d'oie.

Selon le graphique ci-dessus, en termes d'espèce, l'élevage des poulets est le plus répandu à Madagascar avec un pourcentage de 83 % par rapport à l'effectif total du cheptel comparativement aux autres types d'espèces.

E- L'évolution de l'exportation de Madagascar sur ces différents types d'élevage

Tableau N° 16 : L'évolution de l'exportation de Madagascar sur ces différents types d'élevage

Nature des produits	Unité	2001	2002	2003	2004
Bovin sur pieds	Tête	80	4 247		
	V	148 185	2 172 681		
Ovin et Caprin sur pieds	Tête	0,6	685		
	V	1 931	46 216		
Volaille	Tête		9 500	1 008	
	V		40 310	5 301	
Poussin d'un jour	Tête	0,5			
	V	45 897			
Autres animaux vivants	Tête	3			
	V	3 474 483			
Cire d'abeille	Q		12	12	58
	V		158 089	174 886	282 503
Miel naturel	Q			3	7
	V			13 956	14 598
Cuirs et peaux bruts entiers	Q	6 623	1 650	2 533	5 811
	V	48 763 104	9 855 467	13 617 947	8 425 220
Cuir préparé	Q	117	2 181	1 147	9
	V	3 804 713	11 537 842	5 931 891	35 868
Foie gras	Q		0,001		0,04
	V		271		9 473
Viande de volaille	Q				0,1
	V				3 122
Conserves de viandes	Q				0,5
	V				14 961
Viande ovine ou caprine	Q		0,001		
	V		520		
Peaux brutes d'ovins lainées	Q			43	4
	V			221 796	1 168 984
TOTAL		56 238 313	23 811 396	19 965 777	9 954 729

Source : INSTAT / 2006

Le tableau ci-dessus nous montre qu'entre 2003 et 2004, Madagascar n'a pas exporté des bœufs, des chèvres et des moutons sur pieds, ainsi que de viande ovine et caprine. Il nous montre que, dans l'ensemble, l'exportation de Madagascar sur ces différents types d'élevage diminue chaque année.

§2-Mode d'élevage la plus pratiquée à Madagascar et pratiquée par région

A Madagascar, l'élevage extensif et contemplatif de bovidés est le plus pratiqué compte tenu du fait que le bœuf fait partie intégrante des us et coutumes des différentes ethnies de la population malgache dont le principal souci est la maintenance de ses valeurs culturelles ancrées sur les bœufs qui marquent la richesse et le prestige social.

A part les éleveurs de la région d'Atsimo Andrefana et de Boeny, le mode d'élevage le plus pratiqué est le parage nocturne, c'est-à-dire qu'on envoie les bœufs dans le champ le matin puis on les fait rentrer le soir au parc à bœufs.

Section III- LA PECHE

§1- Situation de la pêche à Madagascar

La pêche est une activité traditionnelle sur le littoral. La pêche traditionnelle ou la pêche artisanale à pirogues est le métier le plus pratiqué par les divers quartiers littoraux répartis à travers les régions côtières de l'île. La pirogue monoxyde ou à balancier est le seul type d'embarcation utilisée par les pêcheurs.

La pêche industrielle est en train de se développer actuellement et l'accroissement de la productivité annuelle dans ce domaine le confirme selon le résultat récapitulé dans le tableau ci-dessous.

§2- Evolution de la pêche

Tableau N°17 : évolution de la pêche à Madagascar

Unité : Tonne

PRODUITS	1999	2000	2001	2002
CREVETTES	10 507	12 127	12 036	13 223
THONS	12 000	10 000	10 000	10 000
CRABES	868	1 030	1 347	1 428
LANGOUSTES	338	329	359	402
ALGUES	1 933	5 792	5 045	2 909
TREPANGS	512	838	851	708
POISSONS MARINS	57 736	59 443	61 815	62 532
AUTRES	4 117	4 100	4 500	13 025
POISSONS D'EAU DOUCE	31 560	32 300	32 350	32 400

Source : MAEP / 2004

Le tableau ci-dessus nous montre que la pêche à Madagascar évolue avec un rythme croissant depuis l'année 2001, et c'est presque le même cas pour les produits de pêche, sauf la pêche des thons (qui est constante depuis l'année 2000) et les pêches des algues et trépars. On a remarqué aussi que les poissons d'eau douce tiennent le record chaque année et la pêche la moins pratiquée c'est la pêche de langoustes.

§3- La pêche face à l'économie

Tableau N° 18 : évolution des exportations des produits halieutiques

Q : Tonne

V : Millier d'Ariary

Nature des produits	Q/V	2001	2002	2003	2004
CREVETTE	Q	15 273 ,6	15 139,4	15 255,6	13 650,8
	V	155 516 267,8	156 789 789,4	155 108 520	231 663 000
CRABE	Q	521 ,68	488,27	504,9	852,4
	V	1 396 567,6	1 512 648,6	1 584 080	4 309 600
POISSON	Q	6 332,5	2 882,2	2 795,8	891,3
	V	11 757 495,4	2 486 356	2 659 260	3 502 000
ANGUILLES	Q	2,7	0,9	2,2	3,9
	V	24 617,8	16 709,6	23 020	70 400
LANGOUSTE	Q	256,65	308,9	382,6	555
	V	3 930 520	5 647 351,6	6 231 420	11 252 600
CONSERVE DE THON	Q	10 386,3	13 062,0		
	V	33 315 782,4	41 862 338,4		
REQUINS	Q		14,7		
	V		16 490,4		
AUTRES	Q	99,1	0,6	17,2	4,0
	V	441 051	44 924	380 160	580 400

Source : MAEP / 2006

D'après ce tableau on peut dire que l'exportation de crevettes est la plus pratiquée mais il y avait une baisse en 2004 ; on peut dire aussi que l'évolution d'exportation des produits halieutiques malgaches évolue bien presque pour la totalité sauf celle de conserve des thons et de requins.

Section IV- L'ECOTOURISME

§1-Situation de l'écotourisme à Madagascar

Le tourisme et l'écotourisme à Madagascar vont de paire compte tenu de la particularité de notre richesse non seulement en faune et en flore mais aussi à notre paysage et à notre us et coutumes qui se différencient d'une ethnie à une autre. A part l'année 2002, l'évolution de la filière écotourisme est significative et non négligeable par rapport à d'autres filières économiques de Madagascar.

§2- Evolution de l'écotourisme à Madagascar

Tableau N°19 : L'évolution des arrivées des visiteurs non résidents aux frontières

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Janvier	8 377	10 632	11 209	7 174	11 861	12 011	16 590	19 908
Février	7 673	7 638	9 011	2 942	9 919	10 019	13 751	16 089
Mars	10 620	10 973	11 027	2 743	12 763	12 981	18 734	22 294
Avril	9 497	11 841	13 107	2 792	9 364	17 062	22 005	24 667
Mai	10 285	12 459	13 218	1 761	13 179	21 172	22 548	25 765
Juin	10 073	12 855	15 762	3 061	12 139	19 473	25 418	23 733
Juillet	15 504	16 942	18 034	5 123	15 053	26 970	28 943	31 956
Août	13 679	17 321	17 166	6 636	13 953	25 109	27 215	30 628
Septembre	11 876	15 417	16 008	6 392	11 707	22 361	27 280	32 165
Octobre	15 410	15 514	16 121	7 505	10 124	21 568	26 097	32 364
Novembre	13 838	14 319	14 307	7 173	10 036	20 489	24 792	28 511
Décembre	11 421	14 160	15 238	8 372	9 132	19 569	23 678	23 650
TOTAL	138 253	160 071	170 208	61 674	139 230	228 784	277 052	311 730

Source : Ministère de la Culture et du Tourisme / 2007

D'après ce tableau, on voit très bien que c'est à partir du mois de Juillet que les touristes commencent à arriver à Madagascar. Depuis l'année 2003, cette activité touristique a connu un fort développement car on a enregistré un accroissement important de cette même année jusqu'en 2006.

On voit aussi que le nombre des touristes augmente faiblement de 1999 à 2001, et il chute brusquement en 2002 à cause de la crise qui s'est produite dans toute l'île. C'est à partir de 2003 que les visiteurs ont commencé à se ruer à Madagascar.

§3- l'écotourisme face à l'économie nationale

Tableau N° 20 : recette sur l'écotourisme

Année	Recette en devises sur l'écotourisme (milliards d'Ariary)
1999	125,18
2000	164,2
2001	151,1
2002	48,77
2003	93,69
2004	288,44
2005	68,6
2006	99,34

Source : Ministère de la Culture et du Tourisme / 2007

Ce tableau nous montre que la recette en devises pour l'année 2002 dans le domaine touristique s'avère insuffisante contre celle de l'année 2004 où on a récolté le maximum d'argent avec un montant de 288,44 milliards d'Ariary.

CHAPITRE II : LE BIOGAZ FACE AU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DE MADAGASCAR

Nous venons d'étudier la situation économique actuelle de Madagascar, continuons notre étude en analysant tout d'abord l'état de lieu et la place du biogaz sur la politique énergétique de Madagascar, ensuite le biogaz et l'agriculture, et enfin le biogaz l'élevage.

Section I-ETAT DE LIEU ET LA PLACE DU BIOGAZ SUR LA POLITIQUE ENERGETIQUE DE MADAGASCAR

§1-Etat de lieu du biogaz à Madagascar¹

L'inventaire des différentes installations de biogaz réalisées dans toute l'île a permis de constater que :

- la majorité de ces installations a été faite par le biais de projets ponctuels financés par divers bailleurs de fonds tels que la FAO, l'USAID, le WWF... ;
- la plupart des installations en province n'est pas fonctionnelle, faute de matière première ;
- la technologie de biogaz est totalement maîtrisée par les techniciens locaux ;
- le coût d'investissement initial pour une unité familiale est trop cher et n'est pas à la portée de la bourse d'un ménage modeste ;
- le biogaz produit est une nouvelle source d'énergie, écologique pouvant se substituer au bois énergie ;
- les sous produits de fermentation du biogaz, dénommés engrais biologique, sont des fertilisants efficaces pour la culture.

A-La place du biogaz sur la politique énergétique de Madagascar

a) Politique Energétique de Madagascar

Madagascar dispose d'énormes ressources d'énergie essentiellement renouvelables (hydraulique, éolienne, solaire...), mais la consommation énergétique globale reste encore très faible. Cette consommation énergétique est dominée par le bois et ses dérivés. Par ailleurs, le pays est importateur de produits pétroliers et le taux de couverture nationale en

¹ CNRIT / 2004.

électricité n'est que d'environ 24%, situation qui ne permet pas d'harmoniser le développement du pays.

Aujourd'hui, l'accès à des sources d'énergie modernes est très faible, et cela freine sérieusement le développement. En outre, les personnes qui n'y ont pas accès doivent utiliser des sources d'énergie de moins bonne qualité, inefficaces, et souvent polluantes pour lesquelles ils dépensent beaucoup plus que les quelques privilégiés qui y ont accès. Les ménages qui ne sont pas raccordés au réseau électrique dépensent en moyenne entre 2 à 10 fois plus pour des niveaux d'éclairage nettement inférieurs que ceux qui sont raccordés.

Face à ce contexte, le gouvernement malgache met en œuvre actuellement un programme global de réforme économique visant à atteindre une croissance économique accélérée sous le dynamisme et l'initiative des investissements privés. Ce programme est basé respectivement sur le désengagement de l'Etat des activités productrices, l'amélioration de l'environnement des affaires, la modernisation des procédures administratives du secteur public et la mise en vigueur de nouveaux cadres légaux et réglementaires sectoriels qui visent à créer des conditions favorables à la participation privée.

Les actions du gouvernement portent sur les points suivants :

- accroissement de l'accès de la population à l'électricité par une politique centrée sur la participation des communautés bénéficiaires et du secteur privé et du développement des sources d'énergies renouvelables ;
- amélioration de l'exploitation, la transformation, l'utilisation et le commerce du bois énergie qui est essentiellement l'énergie du pauvre.

b) Place du biogaz dans la Politique Énergétique de Madagascar

En tenant compte de cette politique gouvernementale relative à l'énergie, le biogaz en tant que source d'énergie renouvelable fait partie des actions à entreprendre dans l'optique d'accroître l'accès de la masse laborieuse à une source d'énergie moderne et écologique qui est à la portée de leur bourse avec une participation de l'Etat pour la mise en place de l'unité de production.

D'autre part, le biogaz prend part au développement économique du pays puisque les sous produits (résidus) de fermentation sont utilisés en tant que fertilisant agricole pour l'accroissement du rendement de production. Dans ce cadre, l'utilisation de ces fertilisants par les paysans améliore non seulement leur production, leur source de revenu qui par ricochet influe sur le développement des localités où sont implantées les installations mais aussi la région correspondante.

En bref, l'énergie et le fertilisant agricole issus de la mise en place d'une unité de biogaz jouent un rôle significatif dans le cadre du développement de Madagascar et de ce fait le biogaz tient une place importante non négligeable.

§2- Le problème énergétique des pays les plus pauvres

Les équipements des pays pauvres ne sont pas aussi performants que ceux des pays industrialisés, une bonne partie de l'énergie achetée par ces pays est dépensée en pure perte. Le poids économique de ce gaspillage est d'autant plus important que beaucoup de ces pays consacrent à l'achat d'énergie près de la moitié des revenus de leurs exportations. Il existe un cercle vicieux entre pauvreté et consommation d'énergie :

- ❖ les sources traditionnelles (bois de chauffage, charbon de bois, résidus agricoles, déjections animales) fournissent en moyenne 30% de l'énergie des pays en développement (et jusqu'à 80% en Afrique Subsaharienne). Faute d'autres possibilités, ces sources traditionnelles sont surexploitées (la consommation dépasse la production locale) ;
- ❖ les équipements des pays les plus pauvres sont très gourmands en énergie. Par exemple, la consommation des voitures et des camions a diminué de 30% ces vingt dernières années grâce aux progrès réalisés en matière de conception des moteurs modernes, mais le parc automobile des pays pauvres comporte peu de véhicules neufs. De même, le rendement énergétique de leurs installations industrielles est en moyenne trois fois plus faible que celle des pays industrialisés. Les entreprises doivent souvent disposer de leur propre générateur d'électricité pour pallier aux insuffisances des centres de production et des réseaux de distribution. Ceci représente un quart de l'investissement des petites entreprises dans ces pays.

Section II -LE BIOGAZ ET L'AGRICULTURE

L'étude du cadre logique du projet intitulé : « Technologie de biogaz » a permis de dire que cette technologie a pour objectif la production d'engrais biologique par le biais de l'installation de bio digesteur dans l'optique d'accroître le rendement de production entraînant non seulement l'amélioration des niveaux de vie des bénéficiaires mais aussi le développement des localités environnant le projet.

Le biogaz produit comme sous-produits des effluents d'utilisation issus de la fermentation méthanique appelés : « engrais biologique ». L'engrais biologique est un produit utilisé comme fertilisant agricole et peut se substituer à l'utilisation des fertilisants organique et minérale qui par ricochet peut réduire non seulement notre importation d'engrais mais aussi améliorer notre réserve en devise.

Les résultats de l'utilisation des engrais biologiques

Divers résultats probants ont été enregistrés dans les différents sites du projet intitulé : « Technologie de biogaz » lors de l'évaluation à savoir à :

a) Androtra

Les produits résultants de l'utilisation des résidus de biogaz sont devenus sources de revenus de la famille bénéficiaire d'une unité de biogaz selon le tableau suivant :

Tableau N°21: Bénéfice sur l'utilisation des résidus pour la culture de papayer et la pisciculture et les autres activités génératrices de revenu

Activités	Sources de Revenus Annuels (Ariary)		Bénéfice
	Avant introduction du projet	Après introduction du projet	
Culture Maraîchère (vente légume)	12.000	5.000	33.000
Culture de papayer (vente de papayes)	10.000	80.000	70.000
Vente des fagots de bois	0	36.000	36.000
Vente de poisson	0	100.000	100.000
Menuiserie	35.000	90.000.	55.000
Forgeron	15.000	44.000	29.000
Vente de pistaches cuites	0	60.000	60.000
Total	72.000	415.000	383.000

Source: CNRIT / 2004

b) *Amboasarikely Tsiroanomandidy*

Activités	Dépense annuelle (Ariary)		Source de revenus annuels		Bénéfice
	Avant projet	Après projet	Avant projet	Après projet	
Achat de bois de chauffe	120.000	60.000	0	0	60.000
Achat légumes	36.000	0	0	70.000	34.000
Vente engrais	20.000		0	80.000	60.000
Total	176.000	60.000	0	150.000	154.000

Source : CNRIT / 2004

c) *Antsoantany Antsirabe*

L'essai de culture de pomme de terre par l'introduction de fertilisant d'engrais biologique a permis d'enregistrer un accroissement du rendement de production de l'ordre de 5t/ha.

Tableau N°22 : Essai de culture de pomme de terre par l'utilisation d'engrais biologiques

Activités	Rendement par hectare (t / ha)	
	Avant introduction du projet	Après introduction du projet
Culture de pomme de terre	25	30

Source: CNRIT / 2004

d) *Sur la route de Faratsiho*

L'utilisation de l'engrais biologique a permis d'obtenir une augmentation du rendement de production par hectare de la culture de pomme de terre de la famille allant de 5t/ha jusqu'à 10 t/ha de plus par rapport à la production antérieure sans fertilisant agricole.

Tableau N°23: Rendement par hectare de la culture de pomme de terre

Activités	Rendement par hectare (t /ha)	
	Avant introduction du projet	Après introduction du projet
Culture de pomme de terre	30	35 – 40

Source : CNRIT / 2004

Commentaire sur l’engrais biologique et l’engrais organique et minéral

Face à ces divers résultats d’essais et d’expérimentation effectués sur l’engrais biologique, nous pouvons dire à partir de ce travail que l’engrais biologique :

- peut prendre le rôle de l’engrais organique et minéral en tenant compte des résultats susmentionnés ;
- est apte à prendre le rôle de l’engrais organique ou minéral pour la culture de pomme de terre et d’autres cultures légumineuses ou fruitières ; par contre, il ne peut pas jouer le rôle complet des engrais organiques et minéraux pour la culture rizicole mais plutôt en tant que complément.

En bref, l’engrais biologique est intéressant et apte à améliorer le rendement de production des cultures de pomme de terre, des légumineuses et des arbres fruitiers mais il ne peut pas remplacer les engrais organiques et minéraux pour la riziculture.

Section III-LE BIOGAZ ET L’ELEVAGE

Comme nous savons que les matières premières (bouse de vache, déchets agricoles...) pour alimenter le digesteur, afin qu’il puisse nous offrir de l’énergie et de fertilisant agricole, sont les déchets issus des déjections animales et végétales et c’est dans ce cadre qu’il y a interdépendance entre l’élevage et le biogaz donc, le biogaz et l’élevage vont de paire.

Le nombre d’effectifs de bétails, de petits ruminants, de porcins et de volailles disponibles dans toute l’île est suffisant pour satisfaire une partie de notre besoin en énergie et en engrais biologique.

Autrefois, Madagascar compte autant de têtes de bœufs que d’habitants et c’est pourquoi l’Etat Malgache a fait l’exportation de zébus en ce moment. Actuellement, le nombre de zébus inventorié est de 9 687 342 têtes, chiffre nettement inférieure au nombre de la population actuelle à cause de l’insécurité rurale due en majeure partie au vol de bétails,...

Quant à l'élevage porcin, le nombre de porcins recensé dans toute l'île s'élève à 1 273 000 têtes. Pour les petits ruminants, l'effectif total dans toute l'île s'élève à 1 952 570 têtes et les volailles sont au total, 29 442 000 têtes.

En tenant compte du nombre total de zébus actuellement, en un jour, on peut obtenir 23 18119,28 tonnes d'engrais sec et 4 884 318,31 m³ de biogaz, équivalent à 25 886 887,03 kWh d'électricité par jour (d'après le tableau N°14, voir la page 60).

CHAPITRE III : ROLES DU BIOGAZ SUR LA SITUATION ENVIRONNEMENTALE DE MADAGASCAR ET STRATEGIES ENVISAGEES POUR LA SYNERGIE DE LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ ET L'ECONOMIE NATIONALE

Ces deux chapitres nous amène tout naturellement au dernier point de notre travail avec ses deux sections, qui sont les enjeux environnementaux et les stratégies envisagées pour la synergie de la technologie du biogaz et l'économie nationale.

Section I- ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Pour la filière biogaz, il est à souligner que tout investissement doit tenir compte de l'aspect environnemental. En effet, les investissements visent à améliorer la capacité et la performance de la production actuelle, de protéger les ressources et la santé humaine tout en essayant de résoudre certains problèmes qui se posent au niveau du secteur.

A partir de l'analyse des activités menées dans ce secteur, un certain nombre d'impacts environnementaux ont été relevés précédemment. Leur résultante constitue une gamme de problèmes qu'il faudrait tenir compte dans toute politique globale de développement rural. Leur synthèse a permis de dégager un certain nombre de points qui constituent les principaux enjeux environnementaux du secteur biogaz.

§1- Préservation des habitats naturels

La majorité de la population nationale et des activités humaines sont rurales. Elles sont basées sur les exploitations des ressources naturelles (terrestres, forestières..). La manière à laquelle sont opérées ces exploitations, et sont effectuées les systèmes de gestion des ressources non tarissables dépendant de la durabilité du développement du secteur.

§2- Préservation de l'environnement

La préservation de la diversité biologique dans son ensemble : écosystèmes, espèces, variétés, gènes, est une préoccupation mondiale à laquelle Madagascar adhère à juste titre, compte tenu de ses richesses naturelles. Bien censée, la valorisation de la biodiversité contribue au développement rural, au maintien des stocks génétiques, à l'équilibre des milieux y compris les espaces de production du monde rural.

La topographie à reliefs accidentés des terrains est fortement déboisée, est marquée par de fortes érosions. Ces dernières menacent l'équilibre des bassins versants : envasement des bas fonds agricoles, tarissement des sources, dégradation des collines...L'aménagement de ces bassins basé sur une identification des occupations des sols de chaque région, permettrait d'aboutir à des paysages plus harmonieux, plus conservateurs des activités ou ouvrages agricoles, plus soucieux des états des fleuves et sources, des zones situées d'amont à l'aval.

Le maintien des potentialités en écotourisme constitue un atout de valeur pour la région à haute biodiversité. Sa valorisation, précédée de la connaissance réelle du potentiel existant dans les régions, de la volonté politique de les aménager convenablement, contribuerait à diminuer les pressions sur les ressources déjà surexploitées. De ce fait, la vulgarisation de la technologie de biogaz constitue un moyen de préserver la biodiversité.

§3- Gestion optimisée des pâturages

L'élevage de vaches laitières et de zébus est un des facteurs clés de l'économie rurale et nationale tant sur le commerce local qu'à l'exportation. Néanmoins, l'utilisation permanente et non contrôlée des feux comme moyens d'exploitation des pâturages naturels, engendre la dégradation des sols à grande échelle, la diminution des faunes et flores utiles savaniques (oiseaux de chasse, petits mammifères, plantes médicinales, plantes de vannerie artisanale...). Ainsi, une gestion optimisée et collective des pâturages est nécessaire et indispensable ainsi qu'une planification des espaces ruraux.

§4- Gestion de l'eau

Les problèmes de disponibilité en eau se posent différemment d'une région à l'autre que ce soit sur l'aspect quantitatif ou sur l'aspect qualitatif. Étant donné que l'eau constitue un véhicule prépondérant dans la propagation de la maladie, un meilleur suivi de la qualité des eaux s'avère utile pour prévenir à temps les risques d'épidémie et prendre les dispositions qui s'imposent. C'est un autre facteur de production de haute importance pour le développement de la filière biogaz qui a besoin d'une quantité importante d'eau lors de la fermentation. Par conséquent, la gestion de l'eau constitue un enjeu incontournable.

§5- Sécurisation des espaces de production

La sécurité rurale en général, et la sécurité foncière en particulier constituent une condition vitale de l'extension de la méthanisation en vue d'un développement durable du secteur. Les carences et l'incohérence des interventions dans ces domaines contribueraient à perpétuer les phénomènes d'exode rural et de migration ainsi que les divers conflits sociaux. Une telle situation risque de réduire les efforts de production locale, et de démotiver toute initiative d'investissement privé. Ainsi, il est nécessaire d'assurer la sécurisation foncière de la région productrice ainsi que la réhabilitation des terres abandonnées. D'où l'intérêt d'une planification des espaces ruraux basés sur le potentiel des ressources existantes.

§6- Gestion des ressources

Les modes d'exploitations irrationnelles des ressources naturelles, des techniques de prélèvements non sélectives et de non valorisation des sous produits comme le compostage des déchets agricoles, la récupération énergétique des déchets.... En outre, l'inadéquation des choix des espèces comme les prélèvements de bois nobles pour fabriquer des charbons déprécie les valeurs réelles des ressources. C'est pourquoi, une bonne gestion des ressources est indispensable en vue d'un développement durable, ceci par le biais de formation, de sensibilisation et de vulgarisation. Hormis les mesures de prévention et d'aide économique qui sont d'usage en pareilles circonstances, des plans à long terme favorisant la conservation de ces ressources devraient être pris en compte en permanence.

§7- Renforcement d'une exploitation de biogaz de qualité

En ce qui concerne le biogaz, on assiste à l'absence de normes de qualités ou du moins à une inobservation des textes y afférents. Ce qui rendrait difficile l'application d'une politique d'amélioration des prix, pouvant conduire à une meilleure valorisation des produits et par la même occasion à l'augmentation des revenus des producteurs. Celle-ci sera aussi une condition de pérennisation de la productivité par l'élévation du niveau de la demande à l'échelle locale.

Tout facteur contribuant au faible intérêt des paysans dans ce secteur mérite d'être étudié judicieusement dans le processus de développement ; il renforce inévitablement la pauvreté des paysans, les rendant incapables d'accéder aux intrants agricoles et peu disposés à suivre les initiatives préconisées, d'où la pérennisation de la filière d'exploitation. Les initiatives privées, la professionnalisation des acteurs, l'implication des Organisations non

Gouvernementales (ONG) en constituent des suivis adéquats. Mais leur efficacité nécessite une forte capacité de coordination et orientation régionales veillant à l'équilibre des actions développées à une meilleure couverture des zones de développement.

§8- Accès a l'information et aux réseaux de communication

Les accès aux réseaux d'information et de communication permettent aux exploitants ruraux de défendre leurs intérêts au niveau des filières d'exploitation et s'approprier les concepts environnementaux. De ce fait, un programme de suivi est nécessaire afin de faciliter l'accès à l'information. En outre, des formations sont indispensables, elles peuvent être effectuées à la fois par des spécialistes en matière d'énergie renouvelable, et par des spécialistes en élevage, en environnement, en foresterie, en technologie de pâturage ainsi qu'en technique culturale. Par ailleurs, un programme de sensibilisation et de vulgarisation du public cible, des organisations de producteurs ainsi que les organismes non gouvernementaux est essentiel. Des appuis publics et politiques renforcent la sensibilisation à travers les médias et la vulgarisation sur les préoccupations, les politiques et les techniques.

Section II- STRATEGIES ENVISAGEES POUR LA SYNERGIE DE LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ ET L'ECONOMIE NATIONALE¹

§1-Politique gouvernementale

Un des points faibles des projets réalisés dans les pays du sud est la durée d'un projet qui n'excède pas trois années et dont les objectifs visés ne sont pas encore atteints à la fin du projet, puisque nous savons que le développement rural est un travail à long terme.

Presque tous les projets financés par les bailleurs de fonds sont ponctuels et la continuité d'un projet pourrait se faire après une dizaine d'années si toutes les conditions le permettraient. C'est donc un handicap significatif au niveau des résultats attendus vis-à-vis d'un projet donné et qui devrait être résolu afin qu'il y ait une synergie entre la technologie du biogaz et l'économie nationale.

En plus, pour que l'économie rime bien avec la technologie de biogaz, il faut que tout le contrat de financement effectué d'une part avec les bailleurs conventionnels et d'autre part avec l'Etat Malgache soit effectué en commun accord de façon à ce que le projet soit effectué pour une durée plus étalée et justifiable et non ponctuelle.

§2- Structure de base au niveau des collectivités décentralisées

¹ CNRIT / 2004.

La mise en place d'une structure de base au niveau des collectivités décentralisées pour la pérennisation des acquis d'un projet est une nécessité de façon à ce que les résultats issus d'un projet soient exploités rationnellement. L'état est en charge de l'application de cette structure de base pour qu'il y ait effet à travers les différentes régions touchées par le projet.

Cette structure aura pour tâche la conscientisation de toutes les populations communales et régionales concernées de façon à ce que la technologie soit transférée correctement sans aucune mauvaise interprétation ou application.

§3-Prise en charge de l'Etat

Nous avons énoncé antérieurement les différents avantages de l'utilisation du biogaz au niveau du domaine énergétique, économique, environnemental et social.

Pour faire la vulgarisation de cette technologie de biogaz, une prise en charge de l'Etat au niveau du financement pour la mise en place d'une unité de biogaz s'avère importante si on veut vraiment avoir une synergie entre l'économie et le biogaz.

Cette prise en charge de l'Etat au niveau du financement pourrait se faire de diverses manières, soit par la facilitation d'accès au micro crédit de la population désireux d'obtenir une installation de biogaz, soit par une prise en charge des investissements mis en jeu.

CONCLUSION

Ce travail a permis de cerner la portée de la valorisation du biogaz et des résidus de fermentation. Compte tenu de la diversité des utilisations avantageuses du biogaz et des résidus de fermentation, leur exploitation pourrait engendrer des impacts positifs voire bénéfiques :

- sur l'environnement en évitant l'émission de gaz à effet de serre (méthane)
- mais aussi une production décentralisée d'énergies (nécessaire pour la cuisson, l'électrification,) et d'engrais biologique (nécessaire pour avoir une bonne récolte).

Le couplage de la production de biogaz et de compost augmente la rentabilité de l'installation. En plus de la contribution à l'assainissement de l'environnement de la méthanisation, elle concourt à la création d'emplois, à la production d'activités génératrices de revenus conduisant à la réduction de la pauvreté.

Néanmoins, l'aménagement de la filière suppose ainsi la conception et la mise en œuvre de systèmes de production durable comportant des volets scientifique, technique, économique, social, financier et pédagogique, propres à en assurer la pérennité. Ce qui peut avoir un effet néfaste sur l'alimentation du digesteur en biomasse et par conséquent sur la gestion, la rentabilité et l'existence même de l'installation.

Des interventions dans les domaines technique, formation, sensibilisation, s'avèrent nécessaires afin d'optimiser la valorisation des produits issus de la méthanisation. Ainsi, l'exploitation du biogaz pourrait constituer un des facteurs clés de l'économie rurale et nationale.

Toutefois, malgré les avantages (à savoir économiques, sociaux...) que nous pourrions acquérir à partir de l'utilisation de biogaz et malgré la sensibilisation faite par certaines ONG ; société ; association ; ou même certaines personnes qui se sentent responsables pour le développement de notre Madagascar, on peut dire que le biogaz est encore mal connu ici à Madagascar (C'est vrai que certaine famille, association,... l'ont déjà utilisé mais ce n'est pas assez pour atténuer la pauvreté) comme toutes autres méthodes biologiques qui peuvent produire d'énergie. Et ce grand problème pourra être causé par l'insuffisance de sensibilisation rurale, la mentalité (la plupart des Malgaches ne veut pas se détacher des habitudes), l'insuffisance de pouvoir d'achat.

BIBLIOGRAPHIE

I- OUVRAGES GENERAUX

- CHASLERIE Thibaut. Technique de bioconversion : la biomethanisation. IUT Génie thermique et énergie 2001-2003. 70 Pages.
- EGGELING G., GULDAGER, HILLIGES G., SASSE L., TIEGEN G., WERNER U. BIOGAZ, manuel pour la réalisation des programmes de biogaz. CNRIT. Cote 503. 115 Pages.
- LAGRANGE Bernard. Biométhane, Tome 1, une alternative crédible. CIDST. Cote 23441T1. 204 Pages.
- SOLA Georges. Technicien de l'hydraulique et de l'équipement rural. Utilisation et extension du biogaz en Extrême Orient. .29 juillet- 25 août 1979. Séminaire international. Cheng du (chine). CIDST. Cote A4096MRJ82. 63 Pages.
- VARAGNAT F., Maîtrise de l'énergie et développement. Mai 1984. CIDST. 313 Pages.

II- DOCUMENTS, PERIODIQUES et REVUES

- Annuaire statistique agricole. 2003. INSTAT. 101 Pages.
- Du biogaz maison. Chine. CIDST. Cote 8734. 46 Pages.
- Enquête périodique auprès des ménages 2004. Rapport principal. Janvier 2006. INSTAT. 187 Pages.

-
- Enquête périodique auprès des ménages 2005.Résultats provisoires. Mars 2006. INSTAT. 22 Pages.
- La gestion des déchets solides de la ville d'Antananarivo. Rapport d'enquête. 1997. CITE. Cote 22864 / EP. 42 Pages.
- Le biogaz : qu'est-ce que le biogaz, comment le fabriquer, comment l'utiliser ?. CIDST. Cote 7904 D1. 52 Pages.
- Le biogaz 2 : comment construire une unité plus perfectionnée de production de biogaz ?.CIDST. 48 Pages
- Ministère de la culture et du tourisme. Les données statistiques 1999 à 2006.
- Ministère de l'économie de finance et de budget. Situation économique au premier janvier 2005. Septembre 2005. INSTAT. 78 Pages.
- Ministère de l'environnement, office national pour l'environnement. Tableau de bord environnemental de Madagascar. 2002. INSTAT. 111 Pages.
- Ministère de la recherche scientifique et technologique pour le développement .Recherches pour le développement.. Antananarivo.1989. CIDST. 133 Pages
- Rapport économique et financier 2005 – 2006. Direction Générale de l'économie. Octobre 2006. INSTAT. Cote 5953.
- Recensement de l'agriculture, campagne agricole 2004- 2005.MAEP, direction des systèmes d'information, service des statistiques. Août 2006. INSTAT. Cote 5900. 56 Pages.
- UNDP Madagascar .Tableau de bord social. Appui à la mise en place d'un système national intègre de suivi de la pauvreté. 2003. INSTAT. Cote 5961. 140 Pages.

III-COURS ET MEMOIRE

- RANDRIAMBOLOLONA .Mémoire de doctorat Ingénieur. Approches méthodologiques et technologiques pour la diffusion et la vulgarisation de la technique du biogaz. Département Génie chimique, Filière Ingénierie de projets industriels. 2004. CNRIT.133 Pages
- RATOVOSON Seth Arsène, cours d'économie rurale en 3ème année Economie à l'Université de Toamasina.

IV-SITE WEB

- [www.biogaz free.fr/index.html](http://www.biogaz.free.fr/index.html)
- www.google.fr
- www.maep.gov
- www.univ-ubs.fr/ecologie/decharge.html

ANNEXES

ANNEXE I

Evaluation de coût des engrais importés et le rendement de production

Année 2003

Libellé	Pays d'origine	2003	
		Valeur CAF	Poids en Kg
Engrais d'origine animale ou végétale, même mélangés entre eux ou traités chimiquement ; engrais résultant du mélange ou du traitement chimique de produits d'origine animale ou végétale	Canada	72443	13
Engrais minéraux ou chimiques contenant les trois éléments fertilisants: azote, phosphore et potassium	Afrique du sud Allemagne Belgique Etats-Unis France Ile Maurice	181 656 282 11 264 856 623 083 706 111 260 000 6 584 286 575 420 000	388 400 21 586 1 450 000 396 000 1 010 2 333 600
Total		1 509 269 131,4	4 590 596
Engrais minéraux ou chimiques contenant les deux éléments fertilisants : phosphore et potassium	Afrique du sud	26 653 949	343 200
Total		26 653 949	343 200
Autres engrais minéraux ou chimiques contenant deux ou trois des éléments fertilisants	Afrique du sud Autres Corée, République France Japon	641 400 000 7 599 904 52 902 1 748 237 648 455	2 200 000 21 586 16 209 480
Total		651 449 498	2 222 291
Autres produits destinés à la préparation d'engrais ou d'insecticides	France	40 408 080	9 830
TOTAL		2 227 853 101 ,2	7 165 930

Année 2004

Libellé	Pays d'origine	2004	
		Valeur CAF	Poids en Kg
Engrais d'origine animale ou végétale, même mélangés entre eux ou traités chimiquement ; engrais résultant du mélange ou du traitement chimique de produits d'origine animale ou végétale	Afrique du sud	53 636	7
	France	1 895 206	388
	Canada	2 984 288	1 906
	Pays-Bas	1 242 298	348
Total		6 175 428	2 649
Autres engrais minéraux ou chimiques potassiques	France	820 634	55
Engrais minéraux ou chimiques contenant les trois éléments fertilisants: azote, phosphore et potassium	Afrique du sud	588 068 155	880 000
	Autres	40 127 441	3 586
	Belgique	2 104 418 727	3 351 000
	Japon	516 849	3
	Kenya	17 305 201	5 000
	Ile Maurice	5 057 757 850	7 925 000
Total		7 808 194 222	12 164 589
Engrais minéraux ou chimiques contenant les deux éléments fertilisants : phosphore et potassium	Pays-Bas	2 172 100	612
Autres engrais minéraux ou chimiques contenant deux ou trois des éléments fertilisants	Allemagne	22 808 931	21 500
	Brésil	1 165 680	30
	France	19 596 018	22 286
	Japon	1 761 116	28
Total		45 331 745	43 844
Autres produits destinés à la préparation d'engrais ou d'insecticides	Autres	5 890 584	1 000
	France	82 578 097	16 754
	Royaume-Uni	149 629	1
	Taiwan, Province de Chine	8 439 651	281
TOTAL		7 959 752 092	12 229 785

Année 2005

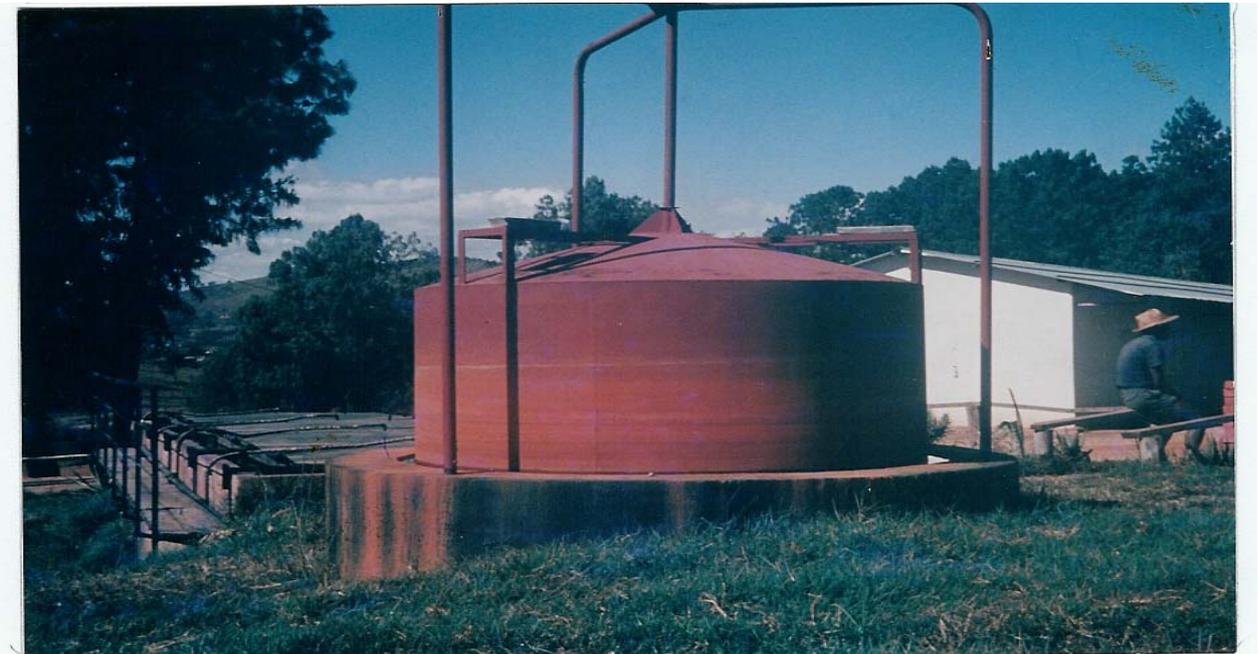
Libellé	Pays d'origine	2004	
		Valeur CAF	Poids en Kg
Engrais d'origine animale ou végétale, même mélangés entre eux ou traités chimiquement ; engrais résultant du mélange ou du traitement chimique de produits d'origine animale ou végétale	France	75 557 327	110 700
Autres engrais minéraux ou chimiques azotés, y compris les mélanges non visés	Belgique	12 075 449	110 700
Autres engrais minéraux ou chimiques	Emirats Arabes Unis	7 362 342	8 960
Autres engrais minéraux ou chimiques potassiques	Afrique du sud	569 284 765	887 750
Engrais minéraux ou chimiques contenant les trois éléments fertilisants: azote, phosphore et potassium	Afrique du sud	5 029 467 295	7 225 000
	Belgique	5 637 277 262	6 596 944
	Chine	1 525 100 450	1 931 018
	Emirats Arabes Unis	18 037 818	53 000
	France		
	Ile Maurice	27 535 653	27 250
	Philippines	3 703 385 606	5 453 000
	Sénégal	10 889 680	3 008
		3 714 135 001	5 000 000
Total		19 665 828 765	26 289 220
Engrais minéraux ou chimiques contenant de l'azote et de phosphore	France	58 474 919	75 034
Engrais minéraux ou chimiques contenant les deux éléments fertilisants : phosphore et potassium	Afrique du sud	3 290 887 680	4 060 144
	Pays-Bas	46 994 808	56 012
Total		3 337 882 488	4 116 156
Autres engrais minéraux ou chimiques contenant deux ou trois des éléments fertilisants	Afrique du sud	83 034 636	79 046
	France	25 141 926	21 704
	Ile Maurice	6 428 312	7 500
Total		45 331 745	43 844
Autres produits destinés à la préparation d'engrais ou d'insecticides	Emirats Arabes Unis	32 463	34
	France	129 015 260	17 075
	Italie	47 813 074	6 975
Total		176 860 797	24 084
TOTAL		24 017 931 726	31 628 854

Source : INSTAT / 2007

ANNEXE II

Figures et schémas des digesteurs

I-Figure de digesteur à cloche flottante



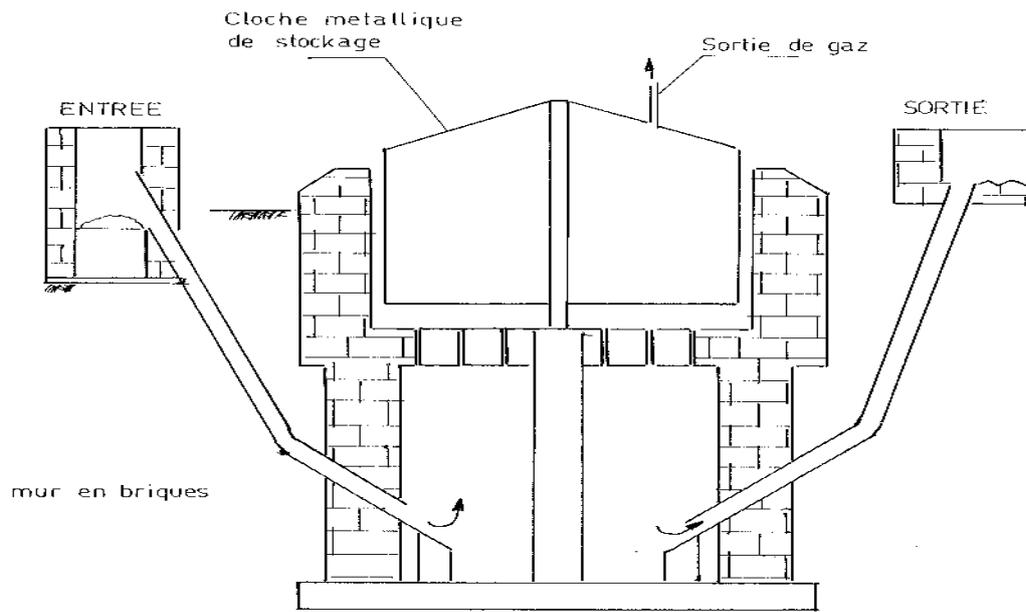
Source :CNRIT / 2004

I I-Figure de digesteur Plug- flow



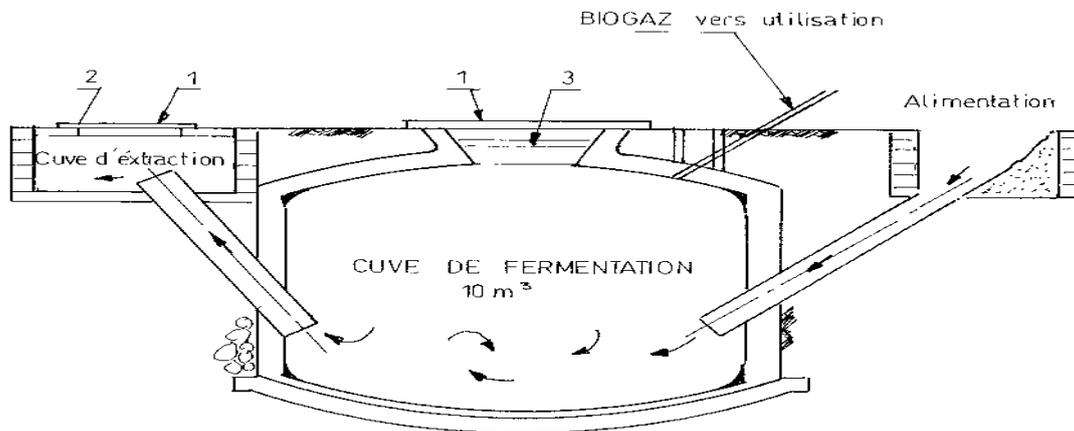
Source :CNRIT / 2004

III-Schéma d'un digesteur indien



Source : CNRIT / 2000

IV-Schéma d'un digesteur chinois

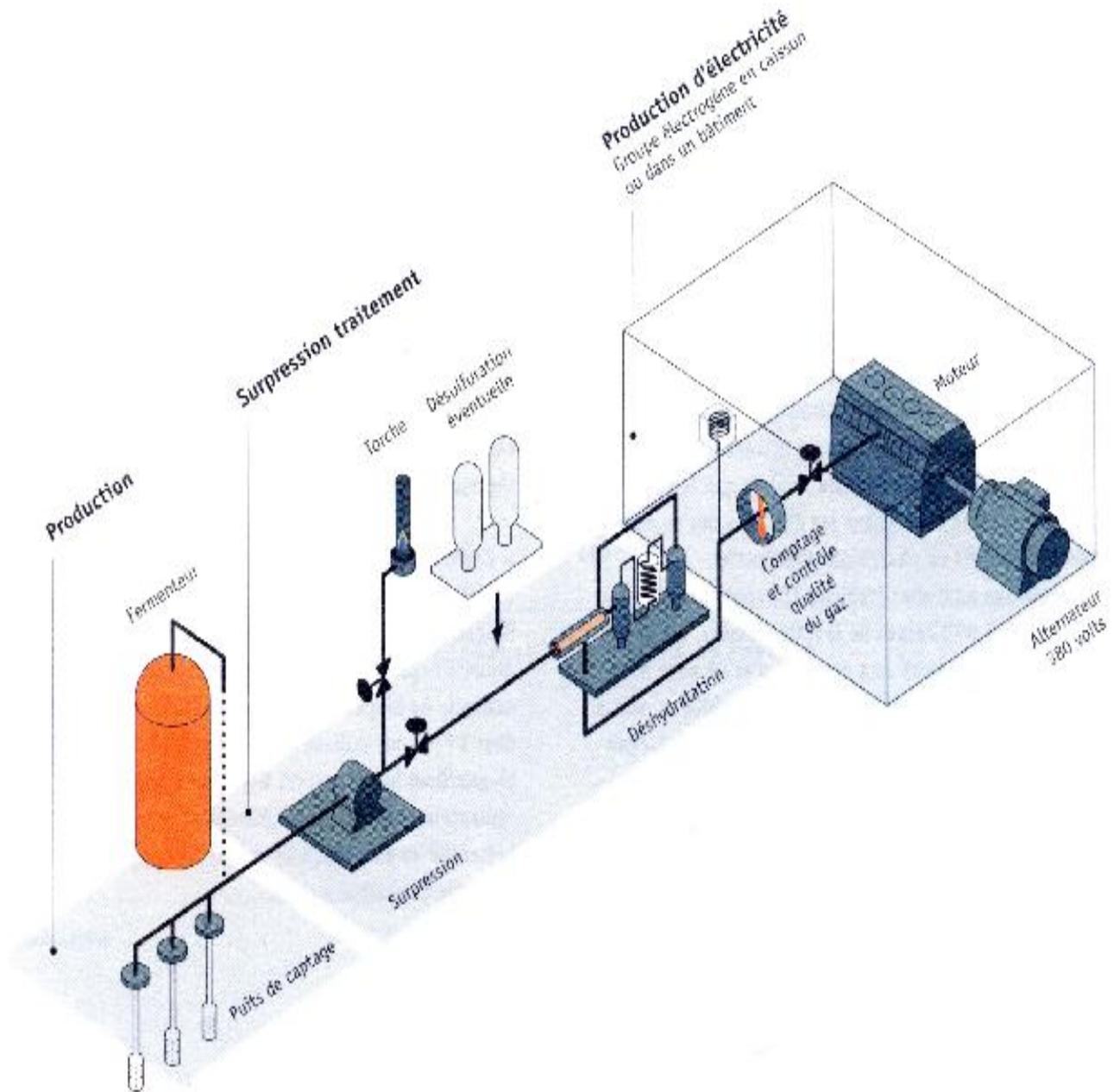


- 1 Couverture
- 2 Encaastrements
- 3 Bouchon.

Source : CNRIT / 2000

ANNEXE III

Valorisation par production d'électricité



Source : WWW.univ-ubs.fr/ecologie/decharge.html

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES, ET GRAPHIQUES

I-LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : le rendement biogaz de quelques déchets.....	25
Tableau N°2 : liste des sites bénéficiaires du projet « technique de production du biogaz »	29
Tableau N°3 : liste de certaines installations privées existantes à Madagascar.....	30
Tableau N° 4 : Cadre logique.....	32
Tableau N° 5 : Rôle de chaque niveau.....	33
Tableau N°6 : Les différentes activités d'utilisation du bois de chauffe.....	44
Tableau N°7 : Quantités de combustibles consommés et dépenses mensuelles et annuelles en combustibles par la famille	44
Tableau N° 8: Les différentes activités pour la production d'énergie après introduction du biogaz	45
Tableau N°9 : Equivalent consommation de biogaz par la famille avec celle du prix du biogaz.....	46
Tableau N° 10: Mode de fertilisation et superficie exploitée par région	56
Tableau N°11: Evolution des prix moyens de riz local et importé	57
Tableau N°12 : Taux de croissance annuels par produits et par année	59
Tableau N°13: effectif du cheptel bovin par région	61
Tableau N° 14 : évaluation des engrais secs et d'énergie que Madagascar pourra avoir par jour	62
Tableau N°15: répartition par province de l'effectif total des petits ruminants	64
Tableau N°16: L'évolution de l'exportation de Madagascar sur ces différents types d'élevage	66
Tableau N°17: évolution de la pêche à Madagascar	68
Tableau N°18 : évolution des exportations des produits halieutiques	69
Tableau N°19: L'évolution des arrivées des visiteurs non résidents aux frontières	70
Tableau N° 20: recette sur l'écotourisme	71
Tableau N°21: Bénéfice sur l'utilisation des résidus pour la culture de papayer et la pisciculture et les autres activités génératrices de revenu	75
Tableau N°22 : Essai de culture de pomme de terre par l'utilisation d'engrais biologiques	76
Tableau N°23: Rendement par hectare de la culture de pomme de terre.....	77

II-LISTE DES FIGURES

Fig. N°1 : Cycle du carbone avec production du biogaz	11
Fig. N°2 : Coupe dans une cellule d'enfouissement de classe II	19
Fig. N° 3: Centre d'enfouissement technique à Norvège avec quarante deux ha de terrain exploité.....	20

III- LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique N° 1: Intensité de la fermentation en fonction de la température	26
Graphique N°2 : répartition de la population rurale à Madagascar	53
Graphique N°3 : répartition du cheptel porcin par province	63
Graphique N°4 : répartition du cheptel par espèce	65

TABLE DE MATIERES

DEDICACE	
SOMMAIRE	
REMERCIEMENTS	
LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES, ET ACRONYMES	
INTRODUCTION GENERALE	7
PARTIE I : ETUDE GENERALE SUR LE BIOGAZ	9
INTRODUCTION PARTIELLE	10
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA BIOMASSE ET LES DIFFERENTS PROCESSUS DE VALORISATION ENERGETIQUE	11
Section I- LA BIOMASSE	11
Section II-LES DIFFERENTS PROCESSUS DE VALORISATION DE LA BIOMASSE	12
§1-La voie thermochimique	12
§2-La voie chimique	12
A-L'hydrolyse	12
B-La liquéfaction	12
C-La pyrolyse	12
D-La gazéification	13
§3-La voie biologique	13
Section III- LA FERMENTATION	13
§1-La fermentation aérobie	13
§2-La fermentation anaérobie	13
CHAPITRE II : LE BIOGAZ ET SON PROCESSUS DE PRODUCTION	14
Section I- LE BIOGAZ	14
§1-Historique du biométhane	14
§2-Condition d'implantation d'une unité de production de biogaz	15
Section II-LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DU BIOGAZ	15
Section III-LES DIVERSES UTILISATIONS DU BIOGAZ	16
Section IV-LES DIFFERENTES TECHNIQUES DE PRODUCTION DU BIOGAZ	16
§1-L'enfouissement technique	16
A-Le choix et la localisation du site.....	17
B- Les casiers (les alvéoles)	17
C-Le drainage et l'élimination des eaux pluviales	17
D-Le drainage et le traitement des lixiviats	18
E-Le drainage et le traitement de biogaz	18
F-La couverture de la partie comblée	18
G-Autres contraintes d'aménagement	18
H-Suivi post-exploitation.....	19
§2-La méthanisation	21
A- La méthanisation anaérobie	21
a)Le digesteur à dôme fixe (ou type chinois)	21
b) Le digesteur à cloche flottante (ou type indien)	21
c)Le digesteur à Plug-flow.....	22
d) Le digesteur hybride	22
e)Le digesteur à ballon plastique	22
B-La méthanisation aérobie	22
SectionV-CONDITIONS D'OPERATION DE LA FERMENTATION DU BIOGAZ	23
§1-Environnement : anaérobie stricte	23
§2-Composé convenable de substrats fermentescibles	23
§3-Température favorable pour la fermentation	25
A-La fermentation thermophile	26
B- La fermentation mésophile	26
§4- L'utilisation du biogaz dans la production d'électricité	27
Section VI- HISTORIQUE ET SITUATION DU BIOGAZ A MADAGASCAR	28

CHAPITRE III : LES AVANTAGES ET CONTRAINTES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ	31
Section I-POLITIQUE DE L'INTRODUCTION DU BIOGAZ A MADAGASCAR SELON LE PROJET : TCP/MAG PAR LA METHODE DU CADRE LOGIQUE.....	31
§1-Méthode du cadre logique	31
A- Aperçu du projet TCP/ MAG.....	35
B-Méthodologie et technologie appliquées par le C.N.R.I.T pour le projet	36
a)Du point de vue intrants	36
b) Du point de vue Extrants.....	38
Section II-POLITIQUE DE L'INTRODUCTION DU BIOGAZ PAR LE PROJET DU MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES (MEM)	41
§1- Projet de coopération Sino-malgache	41
A- L'apport du projet	41
B- L'objectif du projet	41
C-Finalité du projet	42
Section III- LES DIVERS AVANTAGES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ	42
§1- Les avantages socio-économiques de l'introduction du biogaz	42
A- Les avantages économiques	46
B-Les avantages sociaux	47
Section IV- LES CONTRAINTES DE L'UTILISATION DU BIOGAZ	48
§1- Pour la technologie de méthanisation	48
A-La température	48
B- La disponibilité en matière première	48
§2- Pour la technologie de l'enfouissement technique	48
PARTIE II : LE BIOGAZ ET LES SECTEURS ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DE MADAGASCAR	50
INTRODUCTION PARTIELLE	51
CHAPITRE I : ETUDE DE LA SITUATION ECONOMIQUE ACTUELLE DE MADAGASCAR	52
Section I-L'AGRICULTURE	52
§1-Historique	52
§2-La population rurale	53
§3-La population agricole	54
A-La population agricole active (12ans et plus)	54
B-Activité principale et activité secondaire	54
C- le niveau d'instruction (5 ans et plus)	54
§4- La riziculture.....	54
A- Situation de la riziculture à Madagascar	55
B-Mode de fertilisation rizicole et superficie exploitée par région	56
C- Evolution des prix moyens de riz local et importé	57
§5-Taux de croissance annuels par produits et par année	59
Section II-L'ELEVAGE	60
§1- Situation de l'élevage à Madagascar	60
A- L'évolution de la filière bovine à Madagascar	60
B-L'élevage porcin à Madagascar	63
C-L'élevage des petits ruminants à Madagascar	64
D-L'élevage des volailles à Madagascar	65
E- L'évolution de l'exportation de Madagascar sur ces différents types d'élevage	66
§2-Mode d'élevage la plus pratiquée à Madagascar et pratiquée par région	67
Section III- LA PECHE	67
§1- Situation de la pêche à Madagascar	67
§2- Evolution de la pêche	68
§3- La pêche face à l'économie	69
Section IV- L'ECOTOURISME	70

§1-Situation de l'écotourisme à Madagascar	70
§2- Evolution de l'écotourisme à Madagascar	70
§3- l'écotourisme face à l'économie nationale	71
CHAPITRE II : LE BIOGAZ FACE AU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DE MADAGASCAR	72
Section I-ETAT DE LIEU ET LA PLACE DU BIOGAZ SUR LA POLITIQUE ENERGETIQUE DE MADAGASCAR	72
§1-Etat de lieu du biogaz à Madagascar	72
A-La place du biogaz sur la politique énergétique de Madagascar	72
a) Politique Energétique de Madagascar	72
b) Place du biogaz dans la Politique Energétique de Madagascar	73
§2- Le problème énergétique des pays les plus pauvres.....	74
Section II -LE BIOGAZ ET L'AGRICULTURE	74
Section III-LE BIOGAZ ET L'ELEVAGE	77
CHAPITRE III : ENJEUX DU BIOGAZ SUR LA SITUATION ENVIRONNEMENTALE DE MADAGASCAR ET STRATEGIES ENVISAGEES POUR LA SYNERGIE DE LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ ET L'ECONOMIE NATIONALE	79
Section I- ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX	79
§1- Préservation des habitats naturels	79
- §2- Préservation de l'environnement	79
§3- Gestion optimisée des pâturages	80
§4- Gestion de l'eau	80
§5- Sécurisation des espaces de production	81
§6- Gestion des ressources	81
§7- Renforcement d'une exploitation de biogaz de qualité	81
§8- Accès a l'information et aux réseaux de communication	82
Section II- STRATEGIES ENVISAGEES POUR LA SYNERGIE DE LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ ET L'ECONOMIE NATIONALE	82
§1-Politique gouvernementale	82
§2- Structure de base au niveau des collectivités décentralisées	83
§3-Prise en charge de l'Etat	83
CONCLUSION	84
BIBLIOGRAPHIE	86
ANNEXES	89
Liste des tableaux, figures, et graphiques	97
TABLE DES MATIERES	99