



Université de Franche-Comté

Licence professionnelle
Conduite de projets internationaux
et de co-développement

Exposé sur l'intérêt de mener une expérimentation de fabrication de biogaz à Manompana, Madagascar.



Dossier Vincent MENNY et Blaise DUPUY



Introduction :

Presque tous les pays en développement manquent de combustibles sûrs, bon marché et pratiques. Les populations rurales comptent sur le kérosène, le bois et la bouse de vache pour la cuisson et l'éclairage, mais le prix du kérosène est devenu prohibitif et le bois se fait rare sauf dans les grandes zones forestières. En outre, la collecte du bois de chauffage occupe une grande partie de la journée et entraîne le déboisement de vastes régions. La bouse, elle, ne manque pas dans les régions d'élevage; elle est de plus facile à entreposer et à utiliser, une fois sèche. Mais en brûlant, elle perd ses principes fertilisants et prive le sol d'une source d'humus et d'azote dont il aurait besoin.

D'autre part, l'absence de services d'hygiène collectifs dans les zones rurales des pays en développement, notamment pour l'évacuation des eaux usées et des déchets, favorise la propagation des maladies et la contamination des sources d'eau, offrant ainsi aux vecteurs de maladie un terrain idéal pour leur multiplication. Comment assainir l'environnement, ménager les ressources et trouver de nouveaux combustibles? Ces problèmes paraissent de prime abord n'avoir aucun lien commun. Leurs solutions sont toutefois liées, comme sont en train de le découvrir les nombreux pays qui tentent d'exploiter la technologie du biogaz. Mélange de méthane et d'anhydride carbonique, le biogaz résulte de la fermentation des substances organiques.

L'objectif de ce dossier est de démontrer l'intérêt de faire une expérimentation de la technique « biogaz » dans le village de Manompana situé au Nord Est de Madagascar. Cette expérimentation devra prendre en plus de l'aspect technique tout les déviances culturelles que pourrait amener un tel projet. Pour ce dossier, nous nous concentrerons uniquement sur l'aspect technique de la mise en place d'une station de méthanisation dans le village.

I)- Madagascar :

Madagascar est par ses espèces végétales et animales inconnues ou disparues sur les autres continents classé comme un patrimoine international à l'UNESCO. Aussi il est une réserve inestimable pour la recherche, si l'on ne fait allusion qu'aux plantes médicinales. Cette réserve se trouve actuellement en grand danger de dégradation par des pratiques ancestrales. Le défrichement est la menace la plus importante qui pèse sur la biodiversité. Ils sont occasionnés pour la pratique de la culture itinérante sur brûlis. Cette pratique est destructrice, car elle ne repose pas sur une rotation parcellaire, mais sur une avance continue sur de nouvelles parcelles forestières. La surface moyenne annuelle défrichée à Madagascar est comprise entre 12.193 ha - 24.997 ha. Une exploitation rationnelle des ressources pour les besoins en énergie est devenue une des priorités pour le développement de l'île. L'instauration d'un développement humain durable est un défi pour les années à venir sous un contexte difficile et très dynamique.

En Afrique, dans les pays en voies de développement importateurs de pétrole comme Madagascar, les problèmes de pollutions s'ajoutent aux problèmes d'interaction entre énergie et environnement. Les effets de la crise de l'énergie de 1973/74, de la détérioration des marchés internationaux liés aux prix d'achat des produits tropicaux comme le café, la vanille, etc..., de l'accroissement rapide de la population se traduisent par une pression considérable sur les ressources naturelles: la ressource forestière et l'énergie humaine, qui sont les seules sources d'énergie facilement accessibles et à bon marché pour les paysans malgaches. La production, le transport, le traitement et l'utilisation des combustibles fossiles ont des impacts environnementaux. Le potentiel énergétique de Madagascar est considérable, mais aucune étude approfondie sur leurs impacts environnementaux n'a pas encore été effectuée.

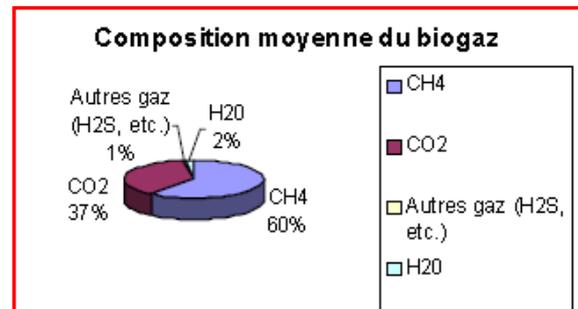
Par conséquent, il est impératif de développer des outils de décision pour orienter efficacement les efforts en vue de satisfaire des besoins toujours croissant de la population. Si ces besoins sont connus et pris en compte dans les politiques de développement qui se succèdent, force est de constater que: l'électricité reste encore inconnue pour de nombreuses régions.

La politique de développement durable est nécessaire aussi pour le secteur énergie comme pour les autres secteurs de l'économie. La demande reste largement supérieure à l'offre, l'approvisionnement des combustibles traditionnels se trouvent freiner par la faiblesse du pouvoir d'achat de la population et les difficultés d'accès. Le bois qui couvre 82% de la consommation totale brute restera pour les prochaines décennies le combustible principal du pays. Même si la consommation par habitant est de 214 kep/an, parmi les plus faibles du monde, l'énergie importée englutit 52% des recettes d'exportation. La technique de méthanisation avec fabrication de biogaz peut être comme nous le verrons une technique permettant de résoudre certain problème dans l'interaction énergie environnement à Madagascar.

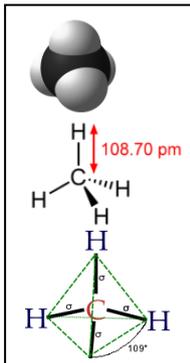


II)- Le biogaz (ou méthane):

La méthanisation est un procédé de valorisation des déchets agricoles permettant d'obtenir une énergie renouvelable : le biogaz. Le biogaz est un gaz combustible, mélange de gaz carbonique et de méthane, qui provient de la dégradation des matières organiques mortes (animales ou végétales), dans un milieu anaérobie. Cette fermentation est le résultat d'une activité microbienne naturelle. Le biogaz fabriqué dans les différents sites d'expérimentations en climat tropical, est composé de 60% de méthane, 33 % de gaz carbonique et environs 6 % eau.

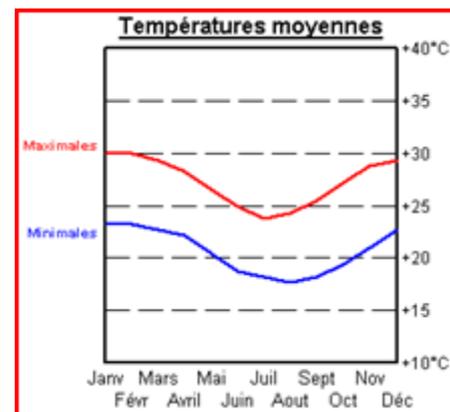


Molécule de méthane :



Il est possible de contrôler le processus de méthanisation. On peut même 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, ainsi qu'aux déchets de l'agriculture et de l'élevage (fientes, lisier, fumier,...).

Le site de méthanisation, consiste essentiellement en une grande chambre, partiellement souterraine. Les déchets animaux, humains ou végétaux sont d'abord mélangés avec de l'eau et introduits dans la chambre. Le processus dure généralement de 30 à 50 jours, temps suffisant pour produire 18 % du gaz et détruire la plupart des agents pathogènes. Le gaz est recueilli dans un cylindre renversé placé à la surface du liquide et qu'on retire pour usage. La quantité de méthane et le rythme de production dépendent du type et de la teneur en humidité des déchets. En outre, plus le contenu d'azote par rapport au carbone est élevé, plus la production de méthane est grande (les déchets humains, par exemple, ont une teneur relativement élevée en azote si on les compare aux bouses de vache). Il a été calculé que les déchets de deux animaux seulement suffisent à alimenter une usine domestique. La production de méthane est possible au-dessus de 10°C, mais il est recommandé de maintenir la température entre 30°C et 50°C (phase mésophile). Le Nord Est de Madagascar par sa situation climatique permet une production de gaz toute l'année avec des températures qui ne descendent pas en dessous de 18°C.



Statistique région d'Analanjirofo :

III)- La réaction de la combustion du méthane :

Le méthane brûle avec une flamme très claire, peu visible et très chaude, dont la réaction complète s'écrit ainsi :

Formule générale : CH₄



Méthane + oxygène \longrightarrow gaz carbonique + eau + énergie thermique

22,4 L + 44.8 L \longrightarrow 22.4 L + 36g + (3 litres d'eau portés de 27°C à 100°C par ex.)

La quantité de chaleur dégagée est très importante (212 Kcal par molécule brûlée ou 22,4 litres, ce qui donne 13 250 Kcal au kilo ou 9 464 Kcal au mètre cube ou 11KWh/m³).

Le méthane s'enflamme à 715°C quand il est mélangé dans 5 à 14 fois son volume d'air.

Comparaison énergétique du méthane à d'autre combustible :

1 m³ de biogaz correspond à :

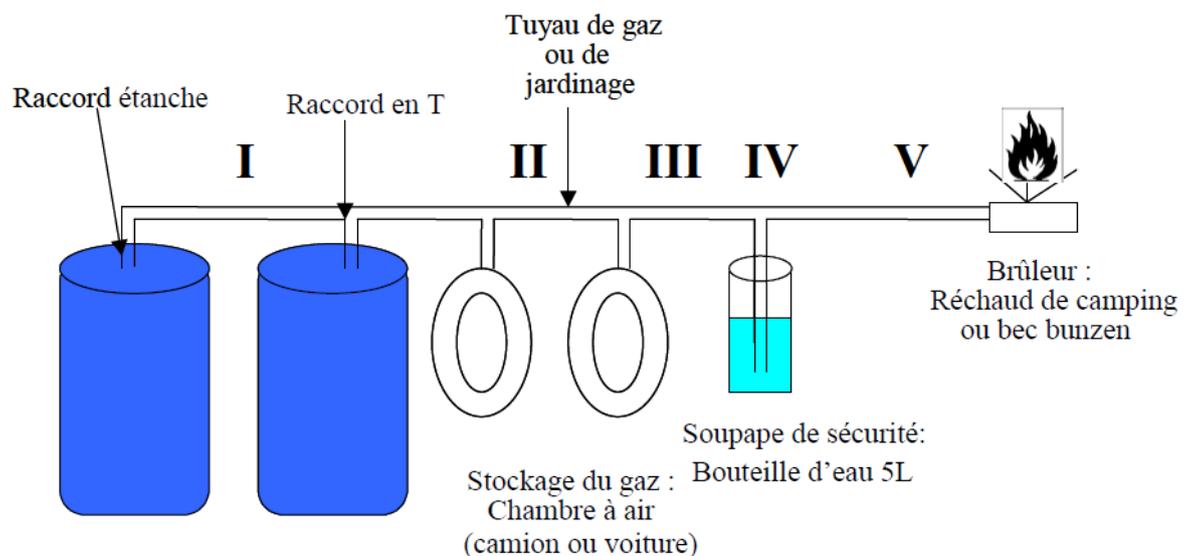
- 0,43 L de butane,
- 4 Kg de bois,
- 1,5 Kg de charbon de bois,
- 0,6 L de gasoil,
- 2 KWh.

IV)- Réalisation d'un méthaniseur de démonstration

➤ Plan de la station de méthanisation :

Nous voulons réaliser un méthaniseur de démonstration sur la ferme pédagogique que nous sommes entrain de mettre en place à Manompana. Ce prototype prendra la forme d'une petite cuisine au biogaz qui nous l'espérons permettra de faire la cuisine (cuire le riz) pour les travailleurs. Cette station est aussi, pour nous l'opportunité d'avoir une autre activité innovante en lien avec l'environnement les déchets et l'agriculture. Grace aux différentes mesures réalisées et aux problèmes rencontrés nous pourrons savoir si une généralisation de station de ce type est envisageable.

Schéma de principe d'une petite cuisine au biogaz :



Matériels :

- 2 fut en plastique de 200 litres étanche avec couvercles
- 2 Chambre à air de voitures
- 1 bouteille de 5L d'eau
- 1 bruleur
- 1 tuyau d'arrosage
- Raccord adapté au tuyau :
 - 4 raccords en T
 - 2 raccords simples ou coudé
- Silicone et colliers métal type serre-joint
- Paille de fer

➤ **Protocole de mise en place de la station de méthanisation :**

1- Préparation de bidon, enterrer à moitié les deux bidons de 200L, brancher le tuyau d'arrosage et faire l'étanchéité avec du mastic par exemple (à vérifier régulièrement).

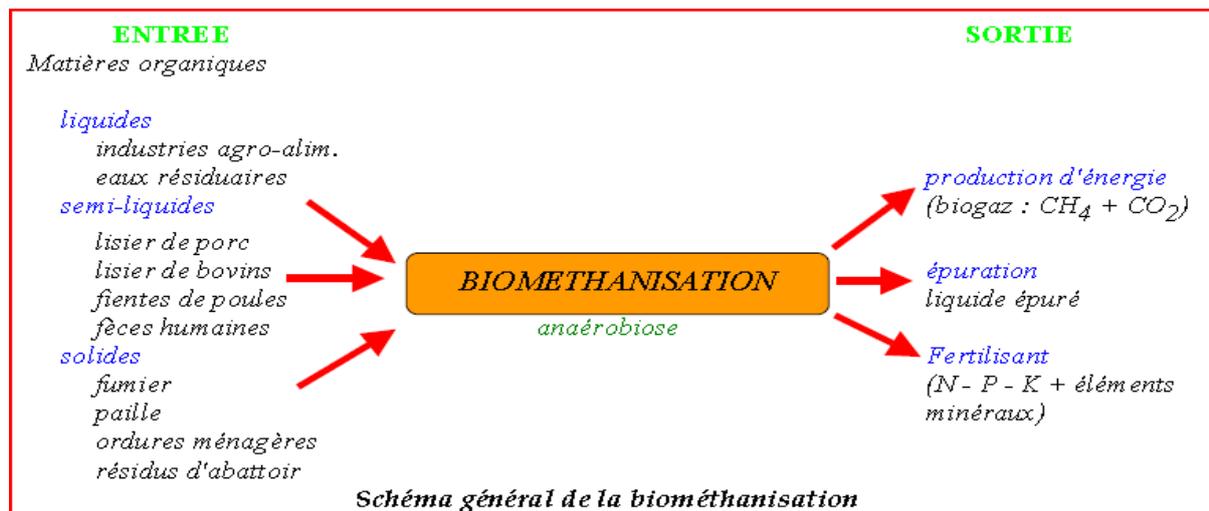
2- Stockage du gaz: préparation des chambres à air : faire sauter le système de clapet sur l'embout de la chambre à air pour que l'arrivée du gaz se fasse en direct. Installer les chambres à air sur le tuyau de gaz provenant des bidons

3- Vérification de l'étanchéité, faire un liquide moussant avec du liquide vaisselle et de l'eau, l'étaler sur toutes les surfaces susceptibles de poser des problèmes d'étanchéité et regarder si des bulles apparaissent.

4- Soupape de sécurité, à l'aide d'un T, fixer sur le tuyau principal un bout de tuyau de 50 cm de long, comme pour les chambres à air plonger ce tuyau dans la bouteille d'eau remplie. La hauteur d'eau de la bouteille représente la pression maximum du gaz contenu dans la chambre à air.

5- Montage du brûleur, brancher le tuyau sur l'embout du réchaud prévu à cet effet. Au besoin, passer par un tuyau de plus petit diamètre, en sachant qu'une large arrivée de gaz est recommandée. Pour allumer la flamme, jouer avec la pression sur les chambres à air. Pour éviter un éventuel retour de flamme, mettre de la paille de fer dans le tuyau d'arrivée de gaz.

➤ **Protocole de mise en activité de la station de méthanisation :**



1- Nature des matières fermentescibles:

Les matières fermentescibles "entrantes" dans le méthaniseur (digesteur) ne doivent pas être "souillées" avec des produits chimiques (produits phytosanitaires par ex.), ou des hydrocarbures divers. Liste non exhaustive de produits ou matières "interdites" ; plastiques, métaux, verres, piles, emballages divers, médicaments, sciures de bois traités, ou tout autre matière "non organique", c'est-à-dire non "fermentescible". Nous voulons faire du compost avec les résidus du digesteur, et nous ne voulons donc pas utiliser de la matière pouvant entraîner une pollution des sols.

Nous alimenterons le méthaniseur par :

- *Des résidus agricoles des cultures végétales*
- *Des déjections animales des élevages (lisiers, fientes, fumiers...)*
- *Des déchets d'abattoirs, de nettoyage des poissons, cadavres d'animaux ...*
- *Des déchets ménagers biodégradables.*
- *Des résidus de distillation de la canne à sucre : rhum, betsa-betsa.*

2- Broyage ou aspect physique des matières fermentescibles à méthaniser :

Ces matières doivent être broyées le plus finement possible afin de permettre le plus grand contact possible (plus grande surface) avec les bactéries. La dégradation des matières organiques sera meilleure, plus rapide et le mélange ou brassage dans le méthaniseur facilités. Autre avantage, en fin de cycle les résidus seront naturellement "calibrés" et plus simplement valorisés, humides ou secs.

3- L'ensemencement initial du contenu du méthaniseur

Le début rapide d'une bonne fermentation méthanogène demandera un ensemencement initial (amorçage) avec du fumier, lisier de porc, boues de mangroves, de stations d'épuration, liquide de fosse septique... etc.

4- Brassage

L'agitation et la fluidité du milieu est souhaitable d'envisager le brassage des matières dans le méthaniseur de façon à :

- Bien mélanger les bactéries qui s'agglomèrent autour des particules de matières organiques,
- Eviter la formation de croûtes en surface,
- Homogénéiser les matières en digestion pour mieux les dégrader dans leur totalité,
- Faciliter la remontée des petites bulles de Biogaz.

5- Anaérobiose, milieu liquide à rajouter dans le méthaniseur :

Les différentes phases de la méthanogénèse ne peuvent avoir lieu que dans un milieu exempt d'oxygène (c'est l'anaérobiose). Le plus simple pour obtenir cette condition c'est d'immerger les matières fermentescibles à méthaniser dans de l'eau.

L'eau du robinet ou du réseau contient du chlore ou autres désinfectants, cela retarde considérablement le démarrage de la fermentation, ou peut carrément la rendre impossible par stérilisation du milieu.

Il faut donc utiliser de préférence de l'eau de pluie, de rivière, d'un forage, d'une mare... et ne pas "l'injecter" sous pression dans le méthaniseur pour ne pas oxygéner cette eau !

6- Rapport carbone/azote (C/N) :

Il concerne les proportions de ces deux éléments dans les matières à méthaniser. Ce rapport est optimal aux environs de 30%. Il peut toutefois varier dans d'assez grandes proportions en réduisant relativement peu la production de Biogaz.

L'élément carbone est abondant, on utilisera par exemple des coupes d'herbages verts frais et du feuillage frais pour l'apport en azote naturel.

V)- Résultat attendu de la station de méthanisation :

Donnée initiale :

- Capacité du digesteur : $0,4 \text{ m}^3$
- 1 Kg de déchet vert = 170 L de Biogaz ; $1 \text{ kg de déchet vert} = 0,005 \text{ m}^3$
- 1 Kg de lisier = 77 L de Biogaz ; $1 \text{ kg de lisier} = 0,0008 \text{ m}^3$
- 60% de Méthane dans le biogaz
- 40j de production de la station
- 1h de bruleur = $0,3 \text{ m}^3$ de biogaz

Nous remplirons le digesteur de :

- $0,1 \text{ m}^3$ d'eau
- $0,3 \text{ m}^3$ de matière organique composé de lisier et déchets verts

Volume de lisier incorporé dans le digesteur. Nous récolterons 20kg de lisier.

$$\text{➤ } 20 * 0,0008 = 0,016 \text{ m}^3$$

Volume de matière verte à incorporer dans le digesteur : $0,3 - 0,016 = 0,284 \text{ m}^3$

Le poids de matière verte à incorporer dans le digesteur

$$\text{➤ } 0,284 / 0,005 = 56,8 \text{ kg}$$

Nous incorporerons donc 56Kg de matière verte et 20 kg de lisier

Volume de Biogaz produit.

$$\text{➤ } 20 * 77 + 56 * 170 = 11\,060 \text{ l ou } 11,060 \text{ m}^3 \text{ de biogaz produit.}$$

$$\text{➤ } 11,060 * 60\% = 6,636 \text{ m}^3 \text{ de méthane.}$$

Production journalière de biogaz

- $11,060/40=0,276\text{m}^3$ biogaz/j.

Durée d'utilisation de la gazinière possible par jours

- $0,276/0,3=0,92\text{h}$
- $0,92*60=55,2\text{min}$ d'utilisation par jours.

Nous voyons qu'il serait possible de faire cuire une marmite de riz par jour sur notre parcelle pédagogique. Notre marge d'erreur sur ces calculs est relativement importante car les constantes prises ne sont pas calculées pour les conditions propres à Manompana. Nous essayerons par l'expérimentation de calculer plus précisément les quantités produites et le potentiel de ce système innovant.

Conclusion :

Nous avons pu voir que la méthanisation présentait un grand intérêt pour les pays en développement au niveau de la gestion des déchets, de la préservation de l'environnement, etc. Ceci étant, quelques points restent à éclaircir dans l'étude de faisabilité d'un projet de développement de station de biogaz pour tout le village de Manompana. L'enclavement du village et le pouvoir d'achat de la population sont deux points faibles pour un tel projet, une étude de coût devra être effectuée sur place afin de définir un approvisionnement en matériel abordable pour la population, et compétitif par rapport au temps passé à ramasser du bois.

Il nous faudra aussi comparer la différence de temps de travail entre la cuisine traditionnelle et la cuisine au biogaz. Ces calculs nous indiqueront certainement le résultat que nous voudrions mais il faudra trouver d'autres avantages à mettre en avant.

Dans l'éventualité où ce microprojet donnerait des résultats satisfaisants, nous pourrions même envisager la création de station de Biogaz pour alimenter les groupes électrogènes du village et pour traiter les eaux des latrines des familles.

L'aspect culturel de la population est également à intégrer à l'étude de faisabilité. En effet les Betsimisaraka, l'ethnie dont les Manompanais font partie, possède de nombreux traits culturels et croyances religieuses qui pourraient remettre en cause notre projet.

Nous pensons mettre en place ce projet sur notre ferme pédagogique, car il correspond à une volonté de montrer ce qu'est l'innovation aux villageois. Il correspond également à nos aspirations d'une utilisation de la nature de manière cohérente pour un développement « durable » de ce village.

Bibliographie :

 <http://www.meeft.gov.mg/>

ministère de l'environnement et de la forêt de Madagascar.

 <http://www.riaed.net>

 Réseau international d'accès aux énergies durables

 www.coedade.org/.../la-methanisation-cest-quoi

ONG Guyanaise COEDADE RUP