



**ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES BIODIGESTEURS  
CONNECTÉS AUX LATRINES POUR L'AMÉLIORATION DE  
L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL AU BURKINA FASO**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2iE  
AVEC GRADE DE MASTER  
SPECIALITE : EAU ET ASSAINISSEMENT

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 07 Août 2018 par  
**ALLAHARAMADJIBAYE RONELNGAR**

Travaux dirigés par :

**Dr. Yacouba KONATE, Maître de Conférences CAMES**

**Dr. Harinaivo A. ANDRIANISA, Maître-Assistant CAMES**

Maître de stage:

**Mr. Winyaon Serge SOMDA**

*Chargé de Vulgarisation Agricole/PROGRAMME NATIONAL DE BIODIGESTEURS  
DU BURKINA FASO*

Jury d'évaluation :

Président : Pr. Hama YACOUBA, Professeur Titulaire.

Membres et correcteurs : Dr. Mahamadou KOITA, Maître de Conférences

Dr. SAZOULANG DOUH, Maître-Assistant

Dr. Yacouba KONATE, Maître de Conférences

Dr. Harinaivo A. ANDRIANISA, Maître-Assistant.

*Promotion [2014/2015]*

**DÉDICACE :**

*À Dieu tout puissant d'avoir permis à ce que ce stage se soit bien déroulé .*

*À mon père **RONELNGAR NOYADINA,***

*Je ne puis trouver le mot pour t'exprimer ma reconnaissance. Saches que tu demeures toujours notre « papa ». Vous avoir auprès de moi sera mon plus grand réconfort ; Longue vie papa !*

*À ma Maman **Ildjima KORMBAYE,***

*Il n'existe pas de mots pour t'exprimer mes sentiments. Je te dédie ce travail qui est la récompense de tes prières et de tes sacrifices. Si j'ai pu réussir aujourd'hui c'est grâce à tes encouragements. Que Dieu te garde ma maman !  
Je t'aime !!!*

*À mes frères et sœurs,*

*L'unité familiale n'a pas de prix ; qu'elle demeure pour nous tous l'objectif premier. Je vous remercie pour tout votre amour et le soutien que vous n'avez cessé de m'apporter. Je vous dédie ce travail !*

*À ma fille **SOLKEM Bénédicte RONELNGAR** et mon fils **CLANGUE Olivier RONELNGAR,***

*À mon épouse **ANGUEI Sylvie,***

*Vous avez partagé très tôt avec moi les durs moments de la vie scolaire et les Pénibles moments de séparation, que ce travail soit le fruit de la consolation et le ciment de notre vie familiale. Je vous aime !!!*

## **REMERCIEMENTS :**

Au terme de ce travail, il me tient à cœur d'exprimer par les lignes qui suivent toute ma gratitude aux personnes physiques et morales, sans lesquelles ce mémoire n'aurait pas été réalisé.

Mes remerciements vont au gouvernement de la République du Tchad de m'avoir octroyé la bourse d'étude au Burkina Faso par le biais du Ministère de l'Agriculture.

Les travaux exposés dans ce document sont les résultats d'un stage effectué au Programme National de Biodigesteurs du Burkina Faso (PNB-BF) en collaboration avec la Fondation 2iE en tant que partenaire scientifique. Je tiens à travers ces lignes à exprimer ma reconnaissance aux responsables et enseignants du 2iE pour la qualité de la formation.

Qu'il me soit permis d'adresser mes sincères remerciements :

- A Dr. Yacouba KONATE et Dr Harinaivo A. ANDRIANISA, qui ont bien voulu diriger ce travail et pour leur encadrement continu.
- À Mr. Serge SOMDA, Expert, Chargé de Vulgarisation Agricole au PNB-BF pour son encadrement et sa confiance.
- À Mr. Xavier BAMBARA Coordonnateur du PNB-BF pour m'avoir accepté comme stagiaire au sein du programme.
- À Mr. Lin Tierbo DA Chargé de Suivi Évaluation au PNB pour les conseils méthodologiques.
- À Mr. Moussa OUEDRAOGO pour son soutien moral et d'avoir partagé le bureau.
- À Mr. BAMOGO, stagiaire au PNB pour ses précieux conseils et ses orientations.

Je n'oublie pas de remercier toute l'équipe du PNB-BF pour sa disponibilité et sa gentillesse.

Je remercie toute l'équipe des différents laboratoires pour les analyses de nos échantillons.

Je remercie tous mes collègues étudiants en Master II option Eau et Assainissement de la promotion 2014-2015 pour leur collaboration et fraternité.

À ma belle-sœur MINDA-KOM Dassise pour ses précieux conseils et son assistance.

À mes cousins DJIMTONGUE Kemtalbaye, Emmanuel Nguekordjata, Ndig-yanouba Emmanuel et à ma cousine YANGUE Patricia à qui nous avons partagé les beaux moments à Ouagadougou.

Je témoigne aussi ma sympathie envers ma famille élargie au Tchad et mes amis qui n'ont rien ménagé pour aider mon épouse dans l'éducation des enfants durant mon absence.

À mes amis MOUNGAR Ferdinand et DEOUDOM Destin pour leurs conseils et collaboration.

Je suis aussi reconnaissant à toutes les personnes que j'ai rencontrées lors de mon passage au Burkina Faso et qui ont rendu mon séjour agréable.

À tous mes parents et amis cités ou non, j'offre ce travail, en témoignage de mon affection.



## **RESUMÉ :**

La technologie du biodigesteur est une technologie adaptée aux populations rurales au Burkina Faso dans un contexte de l'insécurité alimentaire, de rareté des ressources énergétiques et de condition d'hygiène précaire. Après quelques années de promotion, la technologie commence à susciter l'engouement des populations et le biodigesteur s'impose peu à peu comme un outil fédérateur de plusieurs domaines que sont l'environnement, l'agriculture, l'élevage, l'énergie et l'assainissement. Soucieux du développement de la technologie et de l'impact que peut avoir le biodigesteur sur la vie des populations rurales, une étude a été commanditée par le Programme National de Biodigesteurs du Burkina Faso (PNB-BF) pour évaluer d'une part le niveau d'adoption de la technologie et d'autre part, pour vérifier le fonctionnement de l'ouvrage. Cette étude a été effectuée dans trois (03) zones à savoir Ouahigouya, Kaya et Manga à travers des questionnaires d'enquêtes administrées aux treize (13) ménages pourvus de biodigesteurs connectés aux latrines et aux vingt-deux (22) ménages n'ayant pas les biodigesteurs pour avoir leur impression sur la technologie.

Les analyses du laboratoire des digestats issus de ces connexions ont révélé une forte concentration en nitrites 12,8 mg/l, nitrates 53,7 mg/l, l'orthophosphate 19,7 mg/l. Concernant les DCO, DBO<sub>5</sub>, les taux d'abattement sont respectivement de 35% et de 42,04%. Quant aux Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux, les taux d'abattement sont de 94% et 93%. On note aussi la présence de Kystes d'Entamoeba coli.

Par ailleurs, les valeurs des paramètres trouvées dans les digestats pour la plupart dépassent les normes, et le prélèvement ponctuel pour cette étude ne permet pas de confirmer si cela serait lié à un problème de performance des biodigesteurs installés par le PNB ou aux erreurs du laboratoire au moment des analyses des paramètres. Ces valeurs pourraient constituer en même temps un avertissement sur les conséquences sanitaires et environnementales encourues en cas de manipulation ou déversement des digestats dans la nature sans traitement préalable.

L'étude a montré aussi que plus de 90% des enquêtés ont un intérêt marqué par les retombées socioéconomiques (biogaz, engrais organique et l'assainissement) produites par l'ouvrage. Il a permis d'éloigner le péril fécal des habitats, donc le biodigesteur est une technologie qui convient bien aux ménages ruraux.

Une autre étude serait nécessaire en considérant les prélèvements par fréquence pour apprécier la performance épuratoire de l'ouvrage afin de proposer les mesures pour l'utilisation directe de l'effluent comme fertilisant afin de minimiser les risques de contamination.

**Mots clés : Assainissement, Biodigesteur, Burkina Faso, Effluent, Latrine.**

## **ABSTRACT:**

Biodigester technology is a technology adapted to rural populations in Burkina Faso within the context of food insecurity, lack of energy and precarious hygiene conditions. After its promotion over years, the technology begins to raise up population infatuation and the biodigester is being essential as a unifier tool of many fields that include environment, agriculture, livestock, energy and sanitation. Preoccupied by the development of biodigester technology and its impact on rural populations, the PNB has conducted a study to assess the level of biodigester adoption and examine its working. Through a survey questionnaire put to 13 households provided with biodigesters connected to toilets and with (22) households not having biodigesters to have their impression on the technology. This research was realized in 3 areas: Ouahigouya, Kaya and Manga. Results showed that more than 90% of households accept the technology in order to have biogas and organic fertilizer and ensure households sanitation. Laboratory analyses revealed that digests had high contents of 12, 8, 53, 7 and 19, 7 mg/L respectively for nitrites, nitrates and orthophosphates. COD and BOD removals were respectively 35 and 42, 04% while fecal Coliforms and Streptococcus ones were respectively 94 and 93%. Entamoeba coli cyst presence was also revealed.

Moreover, almost all parameters tenors in digests were higher than standards and punctual sampling cannot help us confirm whether those resulted are related to biodigesters performance or laboratory mistakes during analyses. Those concentrations could constitute a warning on sanitary and environmental effects incurred in case of handling and pouring without any preliminary treatment.

The study also showed that more than 90% of respondents have a strong interest in the socio-economic benefits (biogas, organic fertilizer and sanitation) produced by the book. It has made it possible to remove faecal danger from habitats, so the biodigester is a technology that is well suited to rural households.

Another study would be necessary considering the sampling by frequency to assess the purification performance of the structure in order to propose the measures for the direct use of the effluent as fertilizer in order to minimize the risks of contamination.

## **Keywords:**

**Biodigester, Burkina Faso, Effluent, Sanitation, Toilets.**

## LISTE DES ABRÉVIATIONS :

2iE	:	Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ABPP	:	African Biogas Partnership Programme
BV	:	Boues de Vidange
CF	:	Coliformes Fécaux
DBO	:	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
DGAEUE	:	Direction Générale de l'Assainissement des Eaux Usées
DGIS	:	Ministère Néerlandais des Affaires Étrangères Hollandais
DIEPA	:	Décennie Internationale pour l'Eau Potable et l'Assainissement
ENA	:	Enquête Nationale sur l'Assainissement
F CFA	:	Franc de la Communauté Financière Africaine.
HIVOS	:	Humanist Institute for Co-operation with Developing Countries
IGB	:	Institut Géographique du Burkina Faso
INSD	:	Institut National de la Statistique et de la Démographie
MES	:	Matières en Suspension
OHPA	:	Obligate Hydrogen Producing Bacteria
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	:	Office Nationale pour l'Eau et l'Assainissement
pH	:	Potentiel d'Hydrogène
PN-AEP	:	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement
PNB-BF	:	Programme National de Biodigesteurs du Burkina Faso
SF	:	Streptocoques Fécaux
SNV	:	Organisation Néerlandaise de Développement
UFC	:	Unité Formant Colonie
Ulog	:	Unité logarithmique

## **TABLE DES MATIÈRES:**

DÉDICACE :.....	i
<b>REMERCIEMENTS :</b> .....	i
<b>RESUMÉ :</b> .....	i
<b>ABSTRACT:</b> .....	i
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS :</b> .....	i
<b>TABLE DES MATIÈRES:</b> .....	i
<b>LISTE DE TABLEAUX :</b> .....	iii
<b>LISTE DE FIGURES :</b> .....	iv
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE :</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DU PRINCIPE DE LA BIODIGESTION ET DU PROGRAMME NATIONAL DE BIODIGESTEURS</b> .....	1
I.1. Présentation du principe de la biodigestion : .....	1
I.2. Présentation du Programme National de Biodigesteurs du Burkina :.....	8
I.3. Méthode de connexion des latrines au biodigester : .....	9
I.3.1. Présentation du prototype de biodigester de PNB-BF : .....	10
I.3.2. Technologie de la connexion des latrines aux biodigesteurs : .....	11
I.4. Aspect financier lié à la construction de la latrine et du biodigester : .....	12
I.5. Mode d'assainissement : .....	12
I.5.1. Assainissement collectif : .....	12
I.5.2. Assainissement non collectif : .....	12
I.5.3. Technologies d'assainissement non collectif : .....	12
I.5.4. Technologies de recueils des eaux usées et excréta au niveau du ménage :.....	13
I.6. Cadre institutionnel et réglementaire de la gestion des boues au Burkina : .....	13
<b>CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODE</b> .....	15
II.1. Cadre d'étude : .....	15
II.1.1. Le choix et situation géographique de la zone d'étude : .....	15
II.1.2. Méthode de prélèvement, de transport et de conservation des échantillons :.....	16
I.1.3. Méthode d'analyse des échantillons : .....	18
Caractérisation des substrats et digestats : .....	18

II.2. Méthode et technique d'enquête :.....	20
II.2.1. Les techniques de collecte de données :.....	20
II.2.2. Analyses et traitements des données :.....	21
II.2.3. Limite du travail :.....	21
<b>CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION</b> .....	22
Sous-chapitre 1 : Caractérisation des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des boues brutes et de l'effluent.....	22
III.1. Caractéristiques physico-chimiques des substrats et des digestats :.....	22
III.1.2. Évaluation microbiologique des substrats et digestats humains et animaux :.....	26
III.1.3. Évaluation parasitologique des substrats humains et animaux :.....	29
Sous-chapitre 2 : Evaluation du niveau d'adoption des biodigesteurs connectés aux latrines (fonctionnement, entretien de l'ouvrage, question culturelle, coût). .....	32
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> :.....	38
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> :.....	40
<b>ANNEXES</b> : .....	43

## LISTE DE TABLEAUX :

<i>Tableau 1:Ratio de carbone/azote de la matière organique, (source : SNV 2012)</i> .....	4
<i>Tableau 2 : Ratio de substitution (Source : SNV, 2012)</i> .....	7
Tableau 3 : lieux de prélèvement des échantillons.....	17
<i>Tableau 4 : Résultats des analyses physico-chimiques</i> .....	22
Tableau 5: Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans le substrat et digestat ...	23
<i>Tableau 6: Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans le substrat et digestat</i> ...	23
<i>Tableau 7: Microbiologie de substrat et digestat humain.</i> .....	26
<i>Tableau 8: Valeurs moyennes des indicateurs dans le substrat et digestat humain.</i> .....	27
<i>Tableau 9: Microbiologie de substrat et digestat animal.</i> .....	27
<i>Tableau 10: valeurs moyennes des indicateurs dans le substrat et digestat animal</i> .....	28
<i>Tableau 11: Valeurs moyennes comparatives entre les échantillons issus des biodigesteurs non connectés aux latrines et ceux issus des biodigesteurs connectés.</i> .....	28
<i>Tableau 12: Parasitologie du substrat et digestat humain.</i> .....	29
<i>Tableau 13: Parasitologie du substrat et digestat animal.</i> .....	30
Tableau 14: Appréciation du coût de l'ouvrage par les enquêtés .....	33
Tableau 15: Appréciation sur la condition d'hygiène avant l'ouvrage selon les région .....	33
<i>Tableau 16: Acceptation du biogaz pour source d'énergie</i> .....	34
Tableau 17: Appréciation de l'engrais produit pour l'agriculture.....	35
<i>Tableau 18: Acceptation des aliments amendés par l'effluent par les enquêtés</i> .....	35
Tableau 19: Appréciation de la technologie de biodigester dans la protection de l'environnement. .....	35
Tableau 20: Autonomie énergétique liée au biodigester.....	36
Tableau 21: la nuisance olfactive .....	36

## **LISTE DE FIGURES :**

Figure 1:Étape de la méthanisation (source : cours de formation SNV sur le biogaz) .....	2
Figure 2:Utilisation du biogaz (Source : Sama et al. 2012) .....	7
Figure 3 : Biodigester à fonctionnement discontinu (Source : Beth et Nate 2008) .....	8
Figure 4: Principales fonctions du PNB-BF (PNB-BF, 2009).....	9
Figure 5: Principe de connexion de la latrine au biodigester mis en place par le PNB-B .....	10
Figure 6:Principe de base du biodigester à dôme fixe (Source : SNV 2012).....	11
Figure 7: Carte de la zone d'étude .....	16
Figure 8:Prélèvement des échantillons.....	18
Figure 9:Conservation des échantillons .....	18
Figure 10:Mise d'échantillons à l'étuve .....	20
Figure 11:Enquête dans les ménages .....	21
Figure 12:Valeurs moyennes du pH et température du substrat et digestat.....	24
Figure 13:Valeurs moyennes de nitrites, nitrates, sulfates et ortho-phosphates .....	25
Figure 14:Valeurs moyennes de MES, DCO et DBO dans le substrat et digestat.....	26
Figure 15: Répartition des enquêtés selon leur religion.....	32
Figure 16: Répartition des enquêtés selon la taille des ménages .....	32
Figure 17: Appréciation de condition d'hygiène des enquêtés après installation des biodigesteurs selon les régions .....	34

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE :**

Les eaux usées et les excréta posent de graves problèmes de santé publique lorsque leur gestion n'est pas faite de manière adéquate. En effet, si l'insalubrité de manière générale est néfaste pour l'être humain, les excréta sont particulièrement dangereux pour la santé de l'homme. Très souvent, les populations ne font pas le rapport direct entre la mauvaise gestion des excréta et les nombreuses maladies telles que le choléra, la fièvre typhoïde, la diarrhée infantile qui peuvent en provenir (Sylvanus, 2007). Ainsi, de nombreuses initiatives sont entreprises en vue de les accompagner dans la gestion de leurs excréta. Au Burkina Faso, la vulgarisation de la connexion du biodigesteur aux latrines est une initiative du Programme National de Biodigesteurs avec l'assistance de l'Organisation Néerlandaise de Développement (SNV) et la fondation « Institut Humaniste pour la Coopération avec les pays en voie de développement (HIVOS) » au profit de l'assainissement en milieu rural. Vu la demande de plus en plus forte exprimée par les ménages en milieu rural, le programme a commandité une étude pour collecter des informations sur la qualité technique et les paramètres sociaux et culturels de la technologie.

### **▪ Contexte de l'étude :**

En 2010, 63% de la population mondiale utilisent de toilettes améliorées ou d'autres installations d'assainissement selon le Rapport 2012 du Programme commun OMS/UNICEF. Les efforts des pays en matière d'assainissement sont actuellement concentrés sur l'équipement des ménages en latrine. Mais, ces efforts sont insuffisants pour éloigner le péril fécal des habitats. Face à cette situation, l'assainissement a trouvé sa place dans l'agenda de la politique mondiale. Il a été intégré aux Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) et plus spécifiquement dans l'OMD7, Cible 10, qui vise à réduire de moitié en 2015 la proportion des personnes n'ayant pas d'accès durable à de l'eau potable et à un assainissement de base. Cette population est passée de 63% en 2010 à 67% en 2015, ce qui est en deçà de la Cible des OMD qui est de 75%. En dépit d'amélioration dans la plupart des régions en développement, la Cible OMD relative à l'assainissement n'a pas été atteinte. C'est pour cette raison que les Objectifs de Développement Durable (ODD) ont pris la relève en septembre 2015 qui en étant plus ambitieux et s'inscrivent dans un programme à l'échelle mondiale.

Les Cibles visées par les ODD sont : d'ici 2030, assurer l'accès de tous, dans les conditions équitables, à des services d'assainissement et hygiène adéquat et mettre fin à la défécation en plein air, en accordant une attention particulière aux besoins des femmes et des filles et des personnes en situation vulnérable.

En Afrique subsaharienne, la situation de l'accessibilité à l'assainissement est moins reluisante.

Les statistiques montrent que depuis 1990 (ligne de base pour les OMD) jusqu'en 2011, les pays d'Afrique Subsaharienne en matière d'accomplissement des OMD pour l'assainissement, sont passés de 19 à 24% en milieu rural et de 43 à 42% en milieu urbain (UNICEF & WHO, 2013). En milieu rural, plus de 60 % des ménages pratiquent la défécation à l'air libre et qui met en danger l'ensemble de la communauté. Il y a eu une faible amélioration durant cette période, mais par contre la situation en milieu urbain a régressé.

Sans être exhaustif, les raisons qui sont à la base de ce retard, en d'autres termes de cet échec sont entre autres : i) la croissance démographique non maîtrisée (ONU & HABITAT, 2013), ii) le manque de moyens financiers, iii) le manque de personnel qualifié pour la mise en place et la maintenance des technologies d'assainissement adaptées aux pays en développement de façon générale et à l'Afrique en particulier (Mara, 2003).

Au Burkina Faso, depuis plus d'une dizaine d'années, de nombreuses initiatives ont été développées et mises en œuvre à travers des projets et programmes d'amélioration à l'accessibilité de l'assainissement au profit des populations. Selon le rapport bilan annuel du Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA) 2014, ces initiatives ont permis de passer de 0,8% en 2010 à 9% en 2014 en milieu rural et de 15% en 2007 à 32% en milieu urbain en 2014. Malgré ces efforts, la situation de l'assainissement reste toujours préoccupante, et surtout en milieu rural. Les principales contraintes qui expliquent cette situation sont entre autres : i) le faible revenu de la population ; ii) le nombre très limité des plans stratégiques en matière d'assainissement ; iii) les facteurs socioculturels (PN-AEPA).

Pour contribuer à lever ces contraintes, surtout celles liées au revenu, des innovations technologiques sont proposées. Parmi ces innovations, il y a la connexion des latrines au biodigester dont la vulgarisation est assurée par le Programme National de Biodigesteurs du Burkina Faso (PNB-BF).

▪ **Problématique :**

La problématique de l'assainissement des eaux usées et des excréta, se pose avec acuité au Burkina Faso actuellement et nécessite que des solutions adaptées soient trouvées.

Considérant :

- la défécation à l'air libre mettant en danger la population rurale ;
- le faible niveau de l'assainissement au Burkina Faso, 9% en milieu rural et 32% en milieu urbain en 2014 selon le rapport bilan annuel du PN-AEPA ;

- le niveau élevé des maladies liées à l'eau et l'assainissement notamment chez les enfants de moins de cinq (5) ans est significatif avec 63% ;
- la demande de plus en plus élevée de la technologie des latrines connectées aux biodigesteurs au Burkina Faso ;
- les manques d'informations sur la technologie dans le contexte du Burkina Faso pour définir des perspectives pour la technologie.

C'est dans cette optique qu'une étude a été commanditée pour évaluer d'une part le niveau d'adoption de la technologie et d'autre part, pour vérifier le fonctionnement de l'ouvrage. L'étude a pour objectif principal, l'évaluation de la capacité du biodigesteur connecté à la latrine à remplir les fonctions d'assainissement en milieu rural.

Il s'agit spécifiquement de :

- Caractériser les paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des boues brutes et l'effluent ;
- Évaluer le niveau d'adoption des biodigesteurs connectés aux latrines (fonctionnement, entretien de l'ouvrage, question culturelle, coût).

Pour conduire l'étude, deux hypothèses ont été posées :

- La technologie du biodigesteur connecté à la latrine permet-elle d'assainir l'environnement de ménages de façon significative ?
- Le biodigesteur impacte-t-il sur les conditions socioéconomiques des ménages en milieu rural à travers la production du biogaz et d'engrais organique ?

Nous tenterons de vérifier ces hypothèses dans les lignes qui suivent.

Le présent mémoire est articulé autour de trois (3) principaux chapitres :

- Présentation du principe de la biodigestion et du PNB ;
- le deuxième chapitre présente les matériels et méthodes utilisés pour l'étude ;
- le dernier chapitre fait l'analyse, l'interprétation et la discussion des résultats obtenus.

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU PRINCIPE DE LA BIODIGESTION ET DU PROGRAMME NATIONAL DE BIODIGESTEURS

Cette partie permet de présenter le principe de biodigestion et de parler du Programme National de Biodigesteurs dans ses différentes activités.

### I.1. Présentation du principe de la biodigestion :

#### I.1.1. Définition des termes :

- ✓ **La méthanisation** : c'est la transformation de la matière organique en biogaz (principalement méthane et gaz carbonique) par une communauté bactérienne fonctionnant en anaérobiose.

La digestion anaérobie est applaudie comme l'une des meilleures façons de gérer les déchets. C'est un processus biologique naturel dans lequel des matériaux organiques complexes sont décomposés en molécules plus simples en l'absence d'oxygène (Christel, et al., 2013). La digestion anaérobie est un type d'assainissement qui assure une bonne élimination des pathogènes dont la digestion mésophile détruit à 99% des germes pathogènes et celle thermophile abat 99,99% des germes pathogènes (Doublet, et al., 2004). La digestion a alors un pouvoir hygiénisant très important sur les boues. Un temps de séjour adéquat dans le digesteur permet la dégradation biologique de la matière organique accessible aux microorganismes. À la fin du processus, l'activité biologique diminue fortement en raison de l'accès de plus en plus difficile à la fraction organique, en partie transformée en biogaz. Cette action dite, de stabilisation, diminue fortement les émissions d'odeurs des boues et la masse de matière organique dans les boues est abattue de l'ordre de 50%.

- ✓ **Le biodigesteur** est une enceinte fermée dans laquelle se passe un processus naturel de dégradation de la matière organique qui se réalise en absence d'oxygène et qui s'accompagne d'une production d'un gaz combustible, le « biogaz » qui est composé essentiellement de méthane, gaz inflammable après laquelle, il résulte un liquide « l'effluent » qui est utilisé comme fertilisant du sol (Lylian et Preston & Sama et Thiombiano, 2012).
- ✓ **Biogaz** : est un mélange de combustibles composé de 60% de méthane, 30% de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de 5 à 10% d'hydrogène (Laurent, 2008). Il est pratique pour une gamme d'utilisations dans la cuisson des aliments et l'éclairage.
- ✓ **Le terme « effluent »** désigne tout fluide résiduaire traité ou non traité d'origine agricole, industrielle ou urbaine rejeté directement ou indirectement dans l'environnement (Glausser, et al., 1993).

- ✓ **Le digestat** : est la matière résiduelle humide et riche en matière organique partiellement stabilisée obtenue après une digestion anaérobie. Il est généralement envisagé le retour au sol du digestat éventuellement après une phase de maturation par compostage.

### I.1.2. Différentes étapes de la méthanisation :

La digestion anaérobie est un processus biologique, complexe, mettant en œuvre les étapes schématisées à la figure 1. Cette digestion anaérobie se déroule en quatre (04) étapes (hydrolyse, acidogènes, acétogénèse, méthanogénèse) qui font intervenir chacune des bactéries possédant des caractéristiques spécifiques.

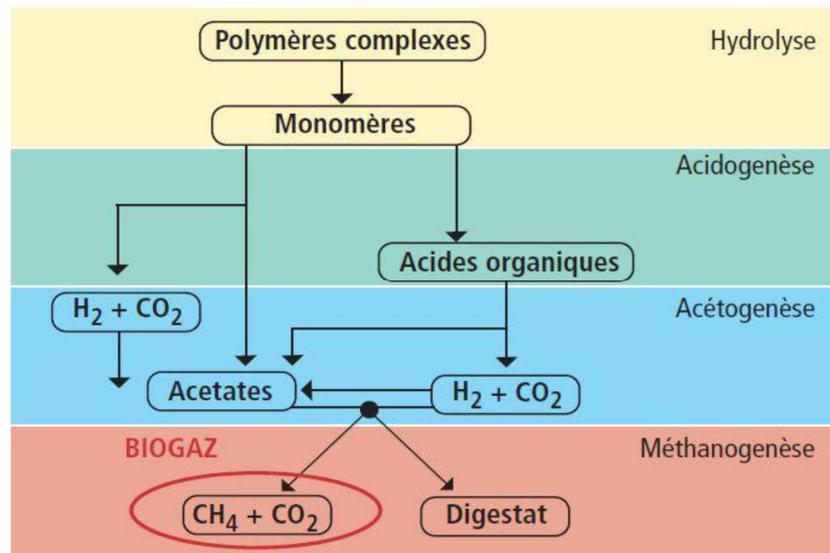


Figure 1:Étape de la méthanisation (source : cours de formation SNV sur le biogaz).

- Polymères complexes : ce sont des déjections animales, excréments humains, déchets agricoles alimentaires, etc.
- Monomères : ce sont les matières organiques simples (sucre, alcool, acides aminés, etc.)

#### Hydrolyse :

Au cours de l'hydrolyse, les macromolécules sont décomposées en micromolécules (sucres simples, acides aminés, acides gras à longue chaîne et bases azotées) sous l'action d'enzymes hydrolytiques. Ainsi, les composés tels que les polysaccharides (comme la cellulose), les protéines, les lipides sont hydrolysés en sucres simples, en acides aminés et en glycérol et acides gras respectivement (Bruffière & al, 2007). L'étape d'hydrolyse est importante car elle permet la fragmentation de la matière organique ce qui facilite l'action des bactéries qui interviennent par la suite mais reste tout de même une étape non obligatoire de la fermentation méthanique si la matière organique est facilement accessible par les microorganismes.

#### Acidogénèse :

Les monomères issus de l'étape précédente sont transformés en acides gras volatiles, en acides organiques, en alcool, en hydrogène et en dioxyde de carbone (Godon, 2011). Cette transformation s'effectue par deux voies (Tholen, et al., 1990) :

- la voie hétéro fermentaire conduisant à la formation de dioxyde de carbone et d'hydrogène principalement, ainsi que d'autres produits tels que le pyruvate, le propionate et le butyrate.
- la voie homoacétogène produisant de l'acétate exclusivement à partir des molécules organiques.

### **Acétogénèse :**

L'étape d'acétogénèse permet la transformation des acides gras volatiles (AGV) en acétate, en dioxyde de carbone et en hydrogène qui sont des précurseurs directs du méthane. Malgré le fait que les acétogènes produisent de l'hydrogène, leur action est inhibée par ce même produit en excès dans le milieu. Heureusement que dans les digesteurs, les méthanogènes agissent en symbiose en consommant de l'hydrogène au fur et à mesure de sa formation (Dolfing, et al., 1998). Les bactéries qui réalisent cette étape sont désignées comme les bactéries productrices obligées d'hydrogène (OHPA, Obligate Hydrogen Producing Bacteria) et les bactéries mono ou homo acétogènes.

### **Méthanogénèse :**

C'est la réaction chimique qui conduit à la formation de méthane. Lors de cette réaction, il se forme aussi du dioxyde de carbone. Les espèces méthanogènes les plus courantes sont généralement réparties en deux groupes :

- Les acétotrophes responsables de 65 à 70% de la production de méthane dans les digesteurs utilisant l'acétate.
- Les hydrogénotrophes qui utilisent l'hydrogène et le dioxyde de carbone (Pavlostathis et Giraldo-Gomez, 1991).

Il convient de signaler qu'en digestion anaérobie, pour des composés difficilement biodégradables, l'étape limitante est l'hydrolyse, alors que pour les composés facilement biodégradables est la méthanogénèse (Pauss, et al., 1990).

### **I.1.3. Principe de fonctionnement du biodigesteur :**

Un biodigesteur permet de produire du biogaz à partir des déchets organiques tels que les excréments humains ou animaux, à travers un processus naturel de fermentation qui dégrade la matière organique sans oxygène (digestion anaérobie).

Le produit essentiel de cette fermentation est le méthane(CH<sub>4</sub>), gaz inflammable. Le biogaz

peut être produit avec des excréments d'origine humaine et/ou animale. Pour une production optimale pour la méthanogenèse le rapport carbone/azote (C/N) de la matière au sein du biodigesteur est compris entre 8 - 25. Le tableau 1 présente le ratio de carbone/azote de la matière organique.

*Tableau 1: Ratio de carbone/azote de la matière organique, (source : SNV 2012)*

Origine de la matière organique	Ratio C/N moyen
Bouse de vache	16,5-25
Crottin de porc	6,5-13,5
Fiente de volaille	5-9,6
Excrément humain	6-10

Ainsi, pour une dégradation efficace, les microorganismes ont besoin de carbone et d'azote pour le processus métabolique. Comme les bactéries consomment plus de carbone que d'azote, le ratio optimal est de disposer de 20 à 30 fois plus de carbone que d'azote. Un ratio C/N très élevé (c'est-à-dire une faible valeur d'azote) résultera en un manque rapide d'azote, ce qui limitera la production de biogaz car l'absence d'azote est un facteur d'inhibition et si le rapport C/N est très bas, le pH augmentera et aura un effet toxique sur les bactéries. Par contre, un rapport adéquat permet d'avoir un digestat riche en éléments azotés, essentiels pour l'amendement des sols. Si le digesteur est alimenté uniquement avec des excréments d'origine humaine, le rapport C/N sera très éloigné des valeurs optimales. Il convient donc de rajouter des excréments animaux.

#### **I.1.4. Paramètres physico-chimiques de la méthanisation :**

Plusieurs paramètres doivent être contrôlés pour le déroulement optimal de la méthanisation, et un suivi continu de ces paramètres est nécessaire pour maintenir la stabilité du processus.

Les principaux paramètres physico-chimiques qui affectent le procédé de digestion anaérobie sont la température, le pH, l'humidité, le potentiel d'oxydoréduction et le temps de rétention hydraulique.

##### **✓ Température :**

La variation de la température est un élément très important à prendre en compte car elle peut affecter irréversiblement la quantité des microorganismes de méthanisation. Ainsi, une variation brusque de température détruira les microorganismes et inhibera le processus de transformation.

Il existe trois types de digestion anaérobie : la digestion psychrophile (la température autour de

6 à 15°C), la digestion mésophile (température à environ 30 à 35°C) et la digestion thermophile (température supérieure à 40°C). La digestion anaérobie thermophile est la plus efficace : la réaction est accélérée par la chaleur. Cependant, dans la pratique, la digestion anaérobie est plus souvent utilisée dans les conditions mésophiles : compromis entre les performances et les dépenses énergétiques dues au chauffage et plus grande stabilité du système (Almansour, 2011). Dans ce travail, il est question de la digestion mésophile. D'après (Smith, 2003), en digestion mésophile, la température n'est pas directement responsable de réduction des pathogènes, d'autres facteurs entrent en jeu. Les principaux facteurs responsables sont : la limitation du substrat, la compétition entre les bactéries, l'optimisation du procédé pour stabiliser la matière organique et le temps de rétention hydraulique.

✓ **Potentiel d'hydrogène (pH) :**

Le pH optimum de la digestion anaérobie se situe autour de la neutralité. Il est le résultat du pH optimum de chaque population bactérienne : Celui des bactéries acidifiantes se situe entre 5,5 et 6. Les acétogènes préfèrent un pH proche de la neutralité tandis que les méthanogènes ont une activité maximale dans une gamme de pH comprise entre 6 et 8.

L'accumulation d'acides gras volatiles ou d'hydrogène peut produire une acidification dans le méthaniseur et inhiber ainsi la méthanisation. Il est très important de suivre la valeur de pH, de l'ajuster si nécessaire en injectant de la soude diluée (Hydroxydes de sodium) normalement sous forme liquide pour baisser l'acidité du milieu dans le digesteur (Almansour, 2011).

✓ **Humidité :**

Comme pour toute activité biologique, la présence d'eau est indispensable. L'humidité minimale est de 60 à 70%. L'humidité des déchets doit être suffisante pour l'hydrolyse, première étape de la méthanisation, puisse se dérouler normalement. Si au contraire l'humidité est insuffisante, l'acidification se fait trop vite au détriment de la méthanisation, de ce fait le substrat organique doit être très dilué : 85 à 90% d'eau avec 10 à 15% de matière sèche (AFEDES, 1982).

✓ **Potentiel d'oxydoréduction :**

Ce paramètre représente l'état de réduction du système, il affecte l'activité des bactéries méthanogènes. Ces bactéries exigent en effet, outre l'absence d'oxygène, un potentiel d'oxydoréduction inférieure à 330 mV pour initier leur croissance.

✓ **Le temps de rétention hydraulique (TRH) :**

Ce temps de rétention représente la durée de dégradation progressive du substrat (le mélange de déjection et d'eau), depuis son introduction dans le digesteur jusqu'à son évacuation dans le bassin de sortie. Il est fonction de la viscosité du substrat et de la situation géographique. Ainsi, le TRH est de 50 à 60 jours dans les zones tropicales et 75 jours dans les zones tempérées.

#### **I.1.5. Principaux inhibiteurs de la méthanisation :**

Il y a des composés organiques ou inorganiques qui peuvent être toxiques sur les microorganismes. Les acides gras volatiles (AGV) sont les inhibiteurs organiques les plus rencontrés lors des surcharges organiques (Réné, 2008). Le développement des bactéries méthanogènes peut aussi être entravé par la présence d'agents inhibiteurs tels que : les antibiotiques et les antiseptiques (détergents et savon), les concentrations élevées en sulfures, en ammoniac et en certains cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et les métaux lourds (Cu, Ni, Zn, Pb) (ADEOSSI, 2013).

L'azote peut se retrouver en quantité importante dans les effluents d'élevage. Il réduit sous forme ammoniacale au cours de la méthanisation. Au-delà de quelques grammes par litre, l'azote ammoniacal est inhibiteur de la méthanisation et plus particulièrement de la méthanogenèse acétoclaste. Cet effet inhibiteur est dû principalement à la forme libre  $\text{NH}_3$ . Il est dépendant du pH et de la température. Ainsi la concentration en  $\text{NH}_3$  est élevée en conditions thermophiles.

#### **I.1.6. Pertinence du choix de la méthanisation et Principales utilisations du biogaz domestique :**

Le contenu énergétique du biogaz dépend principalement de son contenu en méthane. Ainsi, la présence de dioxyde de carbone, d'azote, de vapeur d'eau et autres gaz rend la combustion du biogaz moins exo-énergétique que celle du butane (contenu énergétique environ deux fois plus élevé) ou du méthane pur (plus de deux fois plus élevé). C'est un mélange de gaz combustibles composé de 60 % de méthane, 30 % de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et 5 à 10 % d'hydrogène (Laurent, 2008). C'est un combustible pratique pour une gamme d'utilisations telles que la cuisson des aliments et l'éclairage (Figure 2).



**Figure 2: Utilisation du biogaz (Source : Sama et al. 2012)**

Le tableau 2 présente les différents taux de substitutions entre le biogaz et les autres formes d'énergies.

**Tableau 2 : Ratio de substitution (Source : SNV, 2012)**

Combustible	Unité U	Pouvoir calorifique primaire	Application principale	Rendement %	Production équivalente KWh/U	Quantité équivalente de biogaz U/m <sup>3</sup>
Bouse de vache	Kg	2,5	Cuisson	12	0,3	11
Bois de chauffe	Kg	5	Cuisson	12	0,6	5,5
Charbon	Kg	8	Cuisson	25	2	1,7
Butane	Kg	13,6	Cuisson	60	8,2	0,4
Propane	Kg	12	Cuisson	60	7,2	0,5
Diesel	Kg	12	Moteur	30	3,6	0,9
Électricité	KWh	1	Moteur	80	0,8	4,1
Biogaz	m <sup>3</sup>	6	Cuisson	55	3,3	1

### **I.1.7. Différents types de biodigesteurs :**

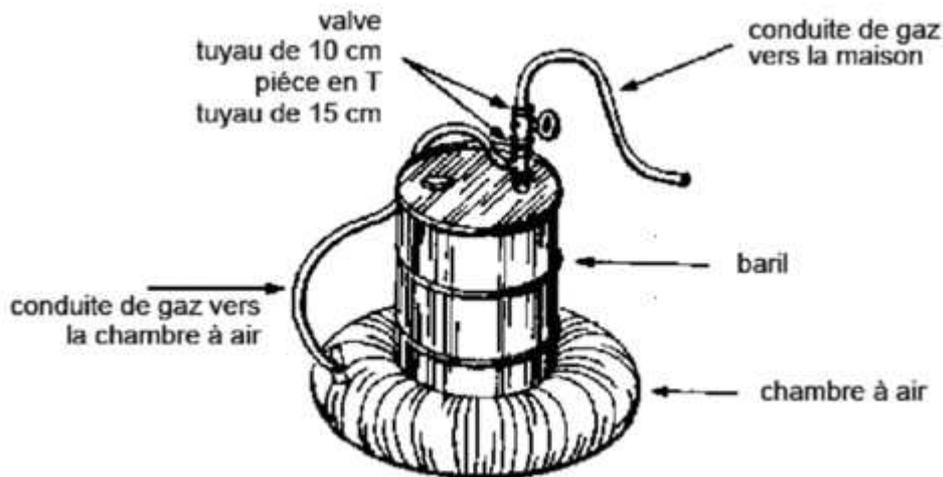
Il existe deux types de biodigesteurs : le biodigesteur à fonctionnement discontinu et le biodigesteur à fonctionnement continu.

#### **✓ Biodigesteur à fonctionnement discontinu :**

En fonction de sa taille, on procède d'abord par son remplissage. Il sera vidé et rechargé au bout d'une période donnée correspondant à un arrêt de production de biogaz dû à la consommation totale de la matière fermentescible (Legros & Clara., 2012).

Ce type de biodigesteur est composé de plusieurs modules. On les fait généralement avec un baril en métal de 200 litres dont le haut comprend deux orifices filetés, un gros et un petit. Il faut que le baril soit hermétique et en bon état.

Le gros peut être utilisé pour remplir le baril de lisier pour ensuite être scellé. Le petit orifice sert de sortie du biogaz.



*Figure 3 : Biodigérateur à fonctionnement discontinu (Source : Beth et Nate 2008)*

✓ **Biodigérateur à fonctionnement continu :**

Le Biodigérateur à fonctionnement continu est d'abord rempli une première fois pour initialiser la production du gaz, puis est quotidiennement chargé afin de conserver la quantité de matière initiale. Dans ce type de biodigérateur, il existe de nombreux modèles de biodigérateur à méthane. Ils peuvent être complexes ou simples, grands ou petits. Au Burkina Faso, c'est le biodigérateur à fonctionnement continu qui est maintenant promu, après l'échec de celui à fonctionnement discontinu.

**I.2. Présentation du Programme National de Biodigérateurs du Burkina :**

Le Programme National de Biodigérateurs du Burkina Faso (PNB-BF) est un programme conduit par le Ministère des Ressources Animales et Halieutique (MRAH) dans un processus multi-acteurs et multisectoriels. Le Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (MRAH), en coopération avec l'Africa Biogaz Partnership Programme (ABPP), exécute le PNB-BF. Ce programme est mis en œuvre en partenariat avec l'Organisation Néerlandaise de Développement (SNV) et la Fondation « Institut Humaniste pour la Coopération avec les pays en voie de développement (HIVOS) ». Le siège du PNB-BF est à Ouagadougou. Le PNB est prévu pour s'exécuter en plusieurs phases :

- Une première phase de cinq (5) ans, exécutée de 2009 en 2013.
- Une deuxième phase de quatre (4) ans, en cours d'exécution couvre la période de 2014 à 2017.

Le PNB-BF couvre toutes les régions de Burkina Faso. Son financement est facilité par : une subvention du gouvernement néerlandais, une contribution du gouvernement burkinabè, un apport des bénéficiaires. Le public Cible est le ménage rural et périurbain disposant d'au moins quatre (4) têtes de bœufs ou huit (8) têtes de porcs (PNB-BF, 2010).

### Les objectifs du PNB-BF :

Ce programme a pour objectif global, la création d'un nouveau secteur économique viable et permanent (orienté vers le marché) de construction de biodigesteurs au profit des ménages ruraux et périurbains afin d'améliorer les conditions de vie, d'accroître de manière durable des productions agro-pastorales et de réduire la pauvreté (document de mise en œuvre du programme, 2009). Les ménages qui désirent, connectent directement leurs latrines au biodigesteur en vue d'une bonne gestion des excréta.

Les objectifs spécifiques qui concourent à l'atteinte de ces objectifs globaux sont :

- la construction de 6000 biodigesteurs en phase 1 et 18200 en phases 2 ;
- l'établissement d'une infrastructure permettant le fonctionnement permanent des biodigesteurs ;
- l'adoption de la stabulation des animaux ;
- l'intégration des installations dans le système de production des ménages ;
- encouragement à la connexion des latrines au biodigesteur comme moyen d'assurer l'assainissement dans les ménages.

Les principales fonctions et la stratégie de mise en œuvre du PNB-BF sont illustrées par la figure 4 ci-dessous :

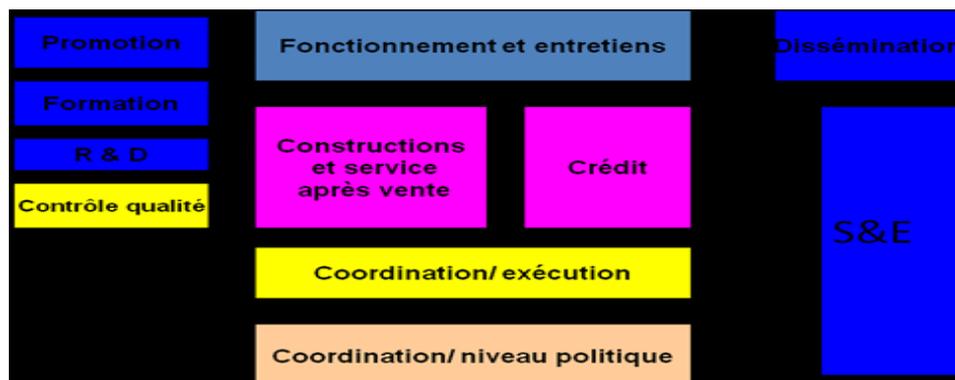


Figure 4: Principales fonctions du PNB-BF (PNB-BF, 2009)

### I.3. Méthode de connexion des latrines au biodigesteur :

La méthode consiste à relier directement les latrines aux biodigesteurs. Par conséquent, les matières fécales fraîches sont soumises immédiatement à la digestion.

Peu de travaux ont été menés pour voir si le fait d'employer des déchets murs et partiellement digérés provenant des latrines à fosse était faisable pour produire du biogaz.

De nos jours, l'excrément humain représente une ressource qui pourrait être mieux utilisée pour promouvoir la vie humaine et améliorer la qualité de l'environnement grâce à l'utilisation comme engrais et comme source d'énergie.

La technologie de biodigester contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre. C'est un potentiel de réduction des agents pathogènes et la production de biogaz en Afrique subsaharienne (Cyimana, et al., 2013).

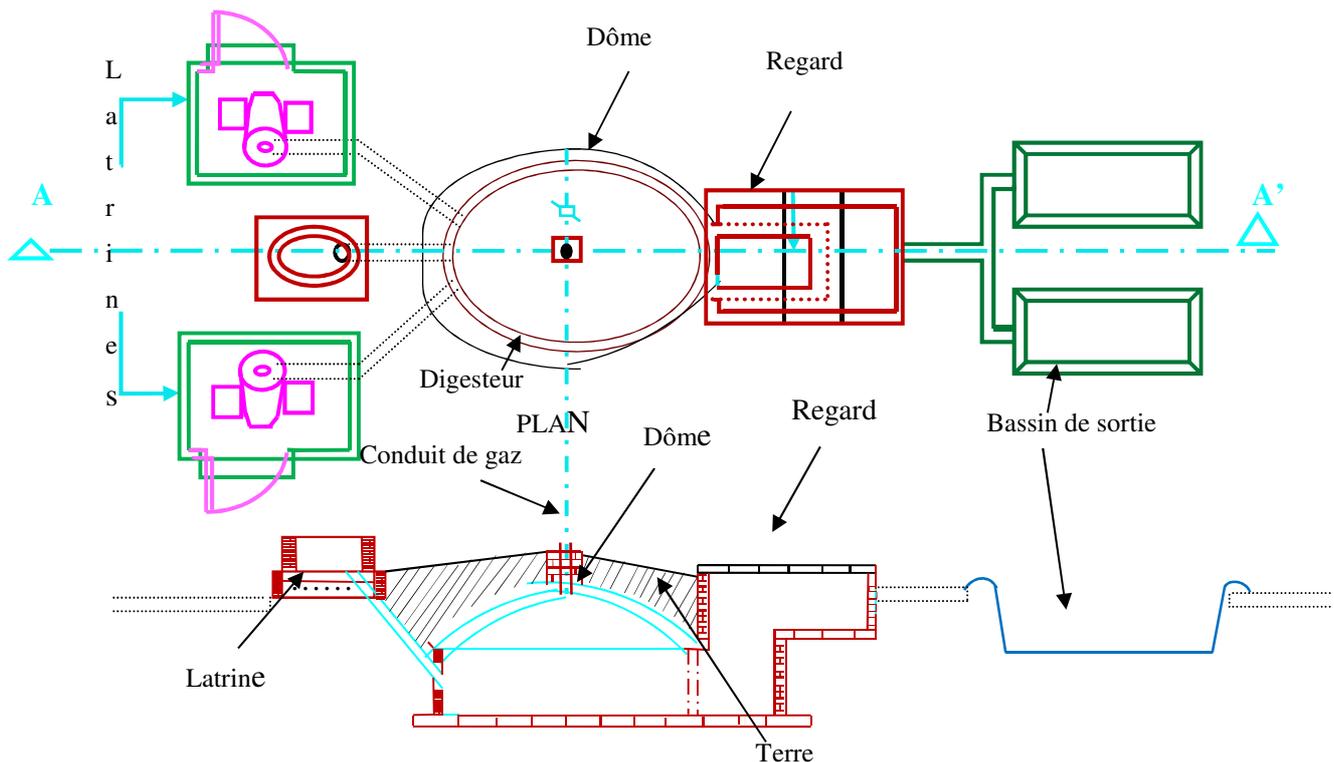


Figure 5: Principe de connexion de la latrine au biodigester (PNB-BF, 2013).

### I.3.1. Présentation du prototype de biodigester de PNB-BF :

Le biodigester développé au Burkina Faso est du type Global Gas Company (GGC) 2047 modifié, inspiré du modèle chinois développé et construit en Chine dès 1936. C'est une construction semi enterré à dôme fixe dans le sol, en maçonnerie de moellons, de briques ou en béton. Il est destiné à recevoir des déjections animales (de bovins ou de porcs) mélangées à de l'eau en vue de produire du biogaz et de l'effluent. Dans cette enceinte fermée, le mélange de matières organiques est soumis à l'action des bactéries dans des conditions anaérobiques.

Toutefois, les ménages qui le désirent peuvent utiliser en complément, les excréments humains en connectant leur latrine au digesteur (Sama, et al., 2012).

Mais en 2015, le PNB a vulgarisé un nouveau modèle de biodigester appelé FASO-BIO 15.

Ce nouveau modèle de biodigester est moins coûteux et de plus grande capacité.

Le biodigesteur GGC 2047 se compose de sept (07) principales parties :

- le bassin d'alimentation ou bassin d'entrée, c'est le bassin où les déjections animales et l'eau sont mélangées avant d'être introduites dans le digesteur ;
- le corps du digesteur, c'est un compartiment de maçonnerie de briques enterré, où se fait la dégradation du mélange introduit ;
- le dôme, c'est la chambre de stockage du gaz juste au-dessus du digesteur. C'est là où le gaz produit à partir de la dégradation est stocké ;
- le regard ou trou d'homme, c'est un trou permettant le passage du mélange dégradé du digesteur vers le bassin de sortie ;
- le bassin de sortie du mélange dégradé, c'est le lieu de stockage de l'effluent liquide après fermentation. Il déverse l'effluent dans les fosses à compost au fur et à mesure que le digesteur est chargé ;
- le système de conduites du gaz, ce sont des tuyaux qui conduisent le gaz vers les différents points d'utilisation (cuisine, éclairage) ;
- les fosses à compost, au nombre de deux, elles ont été intégrées au dispositif pour permettre un compostage direct des matériaux biodégradables comme les résidus de récoltes, les déjections animales et autres se trouvant dans l'exploitation agricole.

NB : Le digesteur et le dôme de stockage de gaz sont combinés en une seule unité.

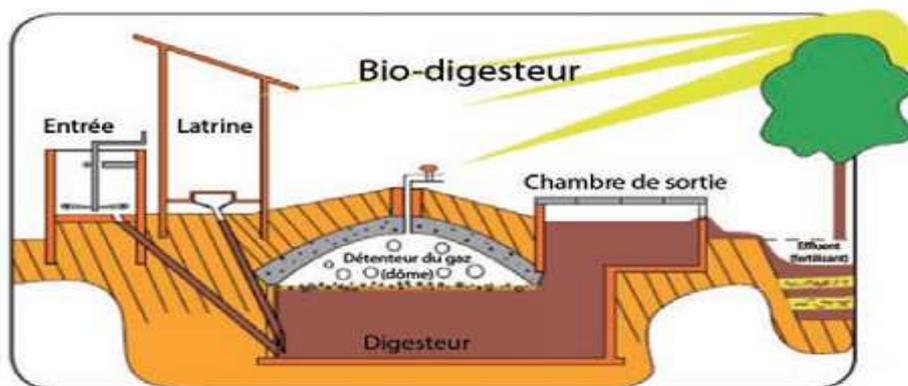


Figure 6: Principe de base du biodigesteur à dôme fixe (Source : SNV 2012)

### I.3.2. Technologie de la connexion des latrines aux biodigesteurs :

La technologie de la connexion des latrines aux biodigesteurs est une possibilité qui permet non seulement d'avoir de l'énergie mais aussi assurer la gestion des excréments dans les ménages. En reliant les toilettes à l'installation de biogaz, la propagation de la maladie causée par la reproduction des mouches peut être éliminée (Sara, 2011).

Il empêche également les maladies infectieuses, et dans une moindre mesure, il évite la contamination de l'eau par les déjections humaines.

Ce modèle exige moins de mise de capitaux et il est rapidement efficace. La technologie de connexion des toilettes au biodigesteur répond à deux défis économiques et sanitaires : l'amélioration de condition d'hygiène et l'approvisionnement en énergie (G.Sibanda, et al., 2013).

#### **I.4. Aspect financier lié à la construction de la latrine et du biodigesteur :**

La construction de la latrine à connecter au biodigesteur est à la charge entière des bénéficiaires. Le prix varie selon les types de matériaux de construction. S'agissant du biodigesteur, une subvention de 160 000 frs CFA soit 50,67% pour un coût total de 305 750 frs CFA est allouée par le gouvernement à chaque client qui souhaite acquérir la technologie indépendamment du volume choisi. La part du bénéficiaire est de 145 750 frs CFA soit un pourcentage de 49,33%. La subvention traduit la reconnaissance de la contribution de la technologie au développement durable. Les différents matériaux utilisés sont entre autres les matériaux artificiels (ciment, acier, malaxeur, etc.), les matériaux locaux (sable, gravier etc.) et les mains d'œuvre. Les détails sur le prix sont résumés dans les tableaux en annexe (2).

#### **I.5. Mode d'assainissement :**

La réglementation distingue deux grands modes d'assainissement des eaux usées et excréta. Il s'agit de l'assainissement collectif et l'assainissement non collectif. Pour cette étude, c'est le mode d'assainissement non collectif qui est adopté.

##### **I.5.1. Assainissement collectif :**

C'est le mode d'assainissement constitué d'un réseau public destiné à collecter les eaux usées domestiques. Celles-ci sont acheminées vers une station d'épuration, équipement public, en vue de leur traitement efficace.

##### **I.5.2. Assainissement non collectif :**

L'assainissement non collectif appelé également assainissement autonome ou individuel désigne tout système d'assainissement réalisé par le propriétaire sur une parcelle privée, en l'absence de réseau public. Il permet de collecter et de traiter sur place les eaux usées et excréta. Ce mode d'assainissement intègre plusieurs technologies qui sont utilisées pour gérer les eaux usées et excréta produits au niveau du ménage. Le recours à l'une ou l'autre technologie tient compte d'un certain nombre de critères.

##### **I.5.3. Technologies d'assainissement non collectif :**

Les technologies utilisées par les ouvrages d'assainissement non collectif se déclinent en trois (3) catégories qui sont : technologies sèches, technologies sèches ECOSAN et technologies humides.

#### **I.5.4. Technologies de recueils des eaux usées et excréta au niveau du ménage :**

##### **I.5.4.1. Technologies sèches :**

Les technologies sèches sont des technologies qui ne nécessitent pas d'eau pour fonctionner, elles ne recueillent que les excréta ainsi qu'une faible quantité d'eau (celle de nettoyage anal et d'entretien de la latrine) (Van Nostrand & Wilson, 1983). Les technologies sèches sont les plus souvent utilisées quand le ménage n'est pas approvisionné en eau à l'intérieur de la parcelle. En exemple on peut citer la latrine traditionnelle, latrine VIP à simple fosse et latrine à double fosse.

##### **I.5.4.2. Technologies sèches ECOSAN :**

Ces technologies, en plus de jouer le rôle de prévention des maladies et de la protection de l'environnement à l'instar des autres technologies conventionnelles, s'intéressent à la récupération et au recyclage des nutriments, en particulier l'azote, contenus dans les urines et fèces pour servir d'amendement du sol d'une façon séparée et conjointe (Tumwebaze, et al., 2011).

##### **I.5.4.3. Technologies humides :**

Ces technologies nécessitent d'eau pour fonctionner. Les principales variantes de cette catégorie sont : fosse septique, latrine à siphon hydraulique (Tumwebaze, et al., 2011), latrine connectée au biodigester qui fonctionne par méthanisation et qui concerne notre étude contribuant à l'amélioration de l'assainissement en milieu rural.

#### **I.6. Cadre institutionnel et réglementaire de la gestion des boues au Burkina :**

Le Burkina Faso a connu ces dernières années l'adoption et la mise en œuvre de textes fondamentaux qui ont permis des avancées significatives, techniques et institutionnelles dans le secteur de l'assainissement. À l'heure actuelle, il n'existe pas une réglementation spécifique en matière des gestions des boues mais à défaut des textes spécifiques pour les boues, les textes relatifs à la gestion des eaux usées et excréta peuvent servir de guide. Les décrets 2001-185 fixent les normes de déversement des eaux usées dans les eaux de surface et des égouts. Ce décret ne fixe pas les normes pour le rejet ou la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture en fonction des cultures à irriguer donc il serait mieux de compléter ces valeurs avec celles recommandées par l'OMS.

Le Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement à l'horizon 2015 (PN-AEPA 2015) est le document de référence pour le développement de l'assainissement des eaux usées et des excréta.

Concernant le volet rural du programme, la stratégie de mise en œuvre consiste à mettre en place un dispositif de promotion adapté au contexte rural afin de susciter une demande massive de la population et d'impulser le développement des infrastructures y afférentes (Composante 2 du volet rural du PN-AEPA).

De façon spécifique, le programme prévoit :

- la mise en place d'un dispositif de promotion, sensibilisation et éducation des populations pour des pratiques sanitaires appropriées et le développement d'initiatives d'investissement dans le domaine de l'assainissement ;
- le renforcement des capacités des acteurs du secteur Eaux Usées et Excréta ;
- l'accroissement du taux d'accès à l'assainissement en milieu rural de 0,8% en 2010 à 9% en 2014, correspondant à 5,7 millions de personnes supplémentaires desservies.

## **CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODE**

Ce chapitre, fait la description des outils et méthode qui ont été utilisés pour atteindre les objectifs. Il permet de situer le cadre d'étude et ainsi que le choix des zones d'études.

Tout comme les outils, plusieurs approches méthodologiques ont été mises à contribution. Il s'agit : de la recherche documentaire, les observations directes, les prélèvements des boues et effluents issus de digesteurs et les analyses dans les laboratoires, les enquêtes auprès d'un échantillon représentatif des ménages ainsi que les traitements et interprétations de données collectées.

### **II.1. Cadre d'étude :**

#### **II.1.1. Le choix et situation géographique de la zone d'étude :**

Deux critères ont été considérés dans le choix des zones d'études. Il s'agit des conditions agro-climatiques qui scindent le Burkina Faso en trois zones que sont : la zone sahélienne, la zone sahélo-soudanienne et la zone soudanienne ou soudano-guinéenne et le temps d'utilisation de la technologie supérieure à un an. La combinaison de ces 2 critères a permis de recenser au total 13 ménages répartis dans les régions du Nord, du Centre-nord et du Centre-sud. L'étude a été menée dans cinq (05) provinces à savoir les provinces de Passoré, Yatenga, Sanmatenga, Bam et Zoundweogo avec respectivement Ouahigouya, Kaya et Manga comme principales villes concernées (voir la carte).

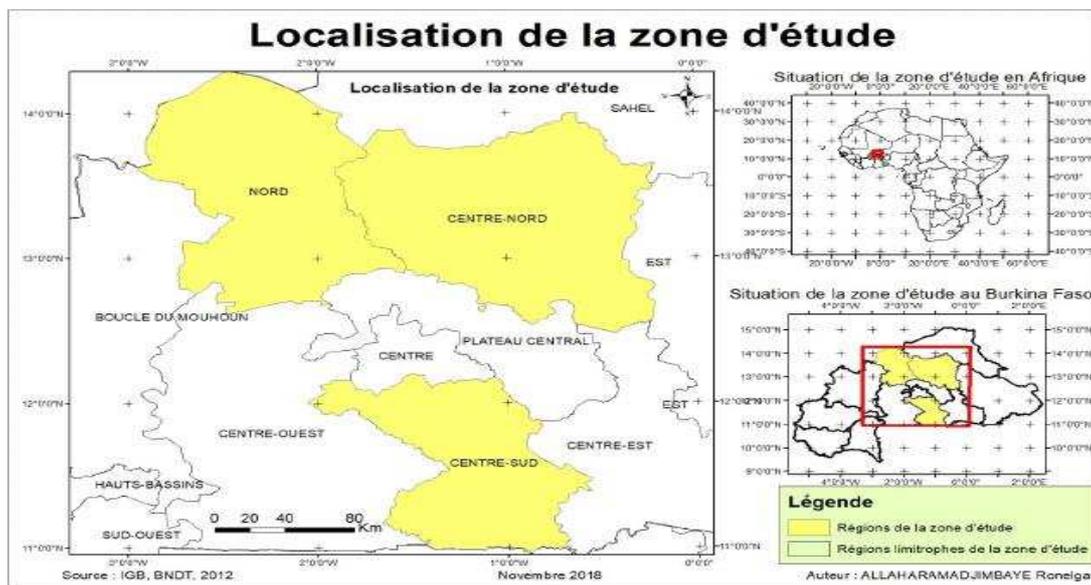
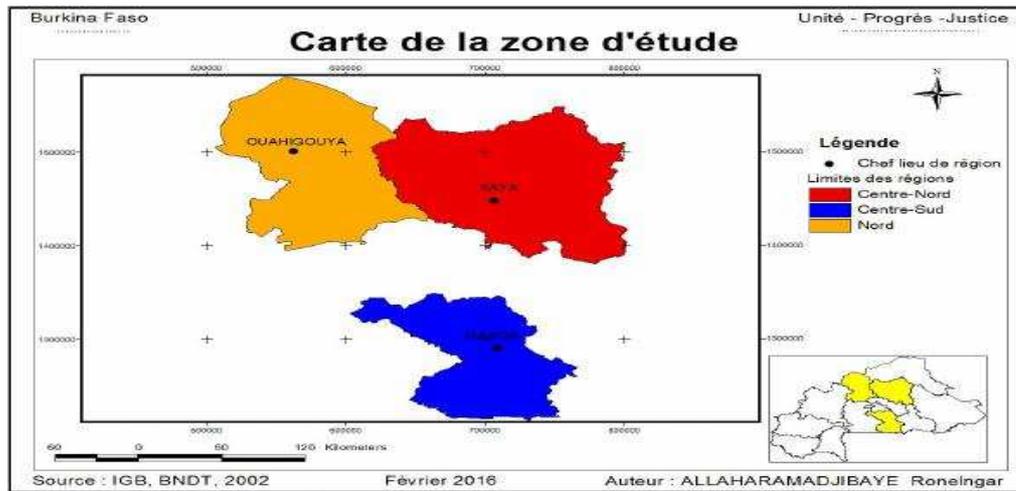


Figure 7: Carte de la zone d'étude

## II.1.2. Méthode de prélèvement, de transport et de conservation des échantillons :

### II.1.2.1. Prélèvement des échantillons des boues brutes et effluents :

Pour cette étude, un prélèvement ponctuel de dix-huit (18) échantillons des boues et effluents ont été effectués dans six (06) villages notamment six (06) échantillons dans la zone de Ouahigouya, six (06) à Kaya et six (06) à Manga afin d'avoir une idée sur la performance de l'ouvrage. Parmi ces 18 échantillons, douze (12) échantillons sont issus des biodigesteurs connectés aux latrines et six (06) échantillons alimentés par les bouses des animaux. Le tableau 3 montre les zones et lieux de prélèvement des échantillons.

**Tableau 3 : lieux de prélèvement des échantillons**

<b>Zones d'études</b>	<b>Ouahigouya</b>		<b>Kaya</b>		<b>Manga</b>	
<b>Lieux de prélèvement</b>	Thebo	Thiou	Barsalgho	Pissila	Zigla	Goyenga
<b>Nbre d'échantillons issus de connexion aux latrines</b>	02	02	02	02	02	02
<b>Nbre d'échantillons non issus de connexion</b>	00	02	00	02	00	02

Pour tous les lieux, les prélèvements ont été effectués une seule fois (à l'entrée et à la sortie). Par ailleurs, ce type de prélèvement ne permet pas d'évaluer la performance épuratoire de l'ouvrage car il a été effectué une seule fois au niveau des latrines et bassins de sortie pour les échantillons issus des biodigesteurs connectés aux latrines et dans le bassin de chargement et bassin de sortie pour les échantillons non issus des biodigesteurs connectés aux latrines.

Compte tenu du diamètre de latrines qui est petit, la technique de prélèvement a constitué à attacher une louche à une tige et introduire dans la latrine pour prélever les échantillons qui sont ensuite versés dans les flacons préalablement stérilisés pour la circonstance. Après cela, la louche est désinfectée à l'alcool pour éviter la contamination d'autres échantillons. Par contre, au niveau du bassin de sortie, les flacons sont directement introduits dans le bassin afin de prélever les échantillons. Pour les échantillons non issus des biodigesteurs connectés aux latrines, les flacons sont introduits dans le bassin de chargement et bassin de sortie pour le prélèvement.



*Figure 8: Prélèvement des échantillons*

### **II.1.2.2.**

#### **des échantillons :**

#### **Transport et conservation**

Pour éviter que la teneur initiale en germe des boues et effluents ne subisse de modification, le transport vers le laboratoire a été fait dans les 24 heures qui suivent la séance de prélèvement. Les échantillons des boues brutes et effluents ont été conservés dans une glacière contenant des morceaux de glace ou des accumulateurs du froid préalablement préparés pour cet usage. Au laboratoire en attendant le début des séances d'analyse, tous les échantillons sont gardés dans la chambre froide ou au réfrigérateur.



*Figure 9: Conservation des échantillons*

### **I.1.3. Méthode d'analyse des échantillons :**

#### **Caractérisation des substrats et digestats :**

Cette caractérisation a consisté à mesurer in situ ou aux laboratoires certains paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques. Les analyses ont été réalisées au Laboratoire National d'Analyses des Eaux (LNAE) et Laboratoire National d'élevage à Ouagadougou. Les paramètres mesurés dans le cadre de cette étude sont :

- Le pH le potentiel d'hydrogène qui mesure l'acidité de boues et effluents, la concentration en ions hydrogène (H<sup>+</sup>), l'appareil utilisé est les 3505 pH-mètres Wagtech.

- La Température, elle est mesurée avec un thermomètre 3505 Wagtech.
- La Conductivité, l'appareil utilisé est le conductimètre.
- Les matières en suspension(MES) : elles sont mesurées par filtration a à l'aide de filtre GFC.
- La demande chimique en oxygène(DCO) : la mesure est faite par la méthode de colorimétrie avec un spectrophotomètre DR/3800.
- La demande biochimique en oxygène (DBO). Elle est mesurée à l'aide de dispositif Oxytop.
- L'Ortho-phosphates : c'est par mesure colorimétrique avec un spectrophotomètre 8048 HACH DR/3800.
- Les nitrites : le principe est par la mesure colorimétrique avec un spectrophotomètre 8506 HACH DR/3800.
- Les nitrates: le principe est la mesure colorimétrique avec un spectrophotomètre 8171 HACH DR/3800.
- Les sulfates : c'est par la mesure colorimétrique avec la méthode HACH DR/3800.
- Les coliformes Thermotolérants (fécaux) sont des coliformes qui dégradent de lactose à 44°C en 24h.
- Les streptocoques fécaux sont cultivés sur le milieu de Slanet-Bartley pour l'étude. La température et la durée d'incubation sont respectivement de 37°C en 48 heures.

Les échantillons ont été dilués à différents degré ( $10^{-1}$  à  $10^{-4}$ ) afin de permettre une bonne répartition des bactéries. La méthode utilisée pour cette analyse est celle de la dilution pour la recherche des Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux.

Ces germes sont peu ou pas pathogènes. Ils sont révélateurs de contamination fécale et entraînent par leur abondance la présomption des contaminations plus dangereuses.

Par contre, pour la recherche des œufs d'helminthes et les protozoaires, c'est la méthode qualitative (présence ou absence) qui a été appliquée pour leur recherche au microscope optique.

Pour la recherche des protozoaires et helminthes enfin, c est par la méthode de coprologie qui consiste à :

- pour les petits animaux (mouton, chèvre, porc...), on prélève 3 g de déjection pour 45 ml de NaCl selon la méthode Œuf par gramme (OPG) et méthode de sédimentation. La lecture est faite grâce à la cellule de Mac Master.
- pour les excréments humains, on prélève 2g de matière fécale pour la méthode de

- Willis et une petite quantité de matière fécale pour étalement, le tout monté entre lame et lamelle et visualisé grâce au microscope optique à l'objectif 10 à 40, c'est la méthode de l'examen direct.

Le dénombrement des coliformes et streptocoques fécaux a été réalisé par comptage direct des colonies sur les boîtes de Pétri.



*Figure 10 : Mise d'échantillons à l'étuve*

## **II.2. Méthode et technique d'enquête :**

### **II.2.1. Les techniques de collecte de données :**

Dans le cadre de la présente étude, la méthode de collecte de données est ci-dessous décrite :

- Élaboration de questionnaires d'enquête avec des variables de type quantitatif. Ces questions sont fermées et ouvertes qui portent sur les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés, les facteurs socioéconomiques, facteurs socioculturels et facteurs liés aux impacts du biodigester dans les ménages.
- Administration des questionnaires d'enquête aux ménages identifiés qui consiste à poser les questions aux chefs de ménages afin de recueillir leurs appréciations sur l'utilisation de l'ouvrage.
- Traitement et analyses des données collectées.

Les enquêtes ont été conduites dans onze (11) villages dont pour la zone de Ouahigouya (Kona, Ouenon, Thebo, Thiou), dans la zone de Kaya (Barsalgho, Pissila, Woussé) et celle de Manga (Goyenga, Gon-Boussougou, Kiougou et Zigla). Au total, treize (13) ménages qui ont adopté les latrines connectées aux biodigesteurs ont été enquêtés. Le questionnaire est administré à l'homme ou à la femme selon la disponibilité de l'un ou l'autre en tenant compte des contraintes de genre (au moins un homme sur deux ou vice versa). Nous avons aussi enquêté vingt-deux (22) ménages n'utilisant pas les biodigesteurs soit deux (2) ménages par village pour recueillir

leurs impressions sur la technologie en voie de vulgarisation. Tous les vingt-deux (22) ménages sont voisins de ceux utilisant les biodigesteurs.

L'entretien par questionnaire s'est déroulé au mois de janvier 2016.



*Figure 11: Enquête dans les ménages.*

### **II.2.2. Analyses et traitements des données :**

Les fiches de collecte des données renseignées auprès des ménages ont été dépouillées et saisies à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel et traitées avec les logiciels SPHINX pour la conception de la base de données et pour l'analyse statistique et ORIGINE 60 pour les histogrammes.

### **II.2.3. Limite du travail :**

L'étude ne s'est pas faite sans difficultés. Il s'agit entre autres de manque de moyen financier de la part du PNB pour effectuer les prélèvements par fréquence afin d'évaluer la performance épuratoire de l'ouvrage.

## CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Sous-chapitre 1 : Caractérisation des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des boues brutes et de l'effluent.

#### III.1. Caractéristiques physico-chimiques des substrats et des digestats :

Les résultats des analyses sont consignés dans le tableau 4. Ces valeurs sont des valeurs moyennes des observations provenant de six (06) échantillons par zone soit au total 18 échantillons dont douze (12) issus des biodigesteurs connectés aux latrines et six (06) échantillons issus des biodigesteurs alimentés par les bouses des animaux. Chaque observation est mesurée à l'entrée (substrat) et à la sortie (digestat) par expérimentation au laboratoire. Le tableau 4 présente les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des trois zones d'étude.

*Tableau 4 : Résultats des analyses physico-chimiques*

Paramètres	Valeur	Ouahigouya	Kaya	Manga
pH	Substrat	7,5	7,4	7,5
	Digestat	7,4	7,1	7,3
Température en °C	Substrat	30	29	30
	Digestat	29,5	28,5	30
MES (mg/L)	Substrat	954	864	871
	Digestat	630,5	722,25	627,25
DCO (mg O <sub>2</sub> /L)	Substrat	832	700	680
	Digestat	543	557,5	535
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	Substrat	531,5	535	497,5
	Digestat	301	308	311
Nitrites (mg/L)	Substrat	24,04	20,03	18,33
	Digestat	15	12,03	11,49
Nitrates (mg/L)	Substrat	78,26	71	77,17
	Digestat	52,5	53,5	55
Sulfates (mg/L)	Substrat	6,04	4,98	5,6
	Digestat	5,01	4,01	4,15

	Substrat	31,76	20,54	22,52
Ortho-phosphates (mg/L)	Digestat	26,13	15,3	17,77

Ces résultats montrent une similarité entre les échantillons quelle que soit leur origine (Ouahigouya, Kaya et Manga), ce qui permet de tirer une moyenne des valeurs pour l'ensemble de la zone d'étude. Le tableau 5 ci-dessous présente les moyennes des valeurs dans les substrats et digestats humains analysés.

**Tableau 5: Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans le substrat et digestat**

Paramètres	Valeurs moyennes dans les substrats	Valeurs moyennes dans les digestats	Taux moyen de réduction en %
pH	7,6	7,3	
Température en °C	29,5	29	
MES (mg/L)	896	660	26,33
DCO (mg O <sub>2</sub> /L)	837,3	545,2	35
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	528	306	42,04
Nitrites (mg/L)	20,8	12,8	35
Nitrates (mg/L)	75,5	53,7	29
Sulfates (mg/L)	5,5	4,4	
Orthophosphates(mg/L)	24,9	19,7	21

Le tableau 6 présente les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans les substrats et digestats animaux analysés.

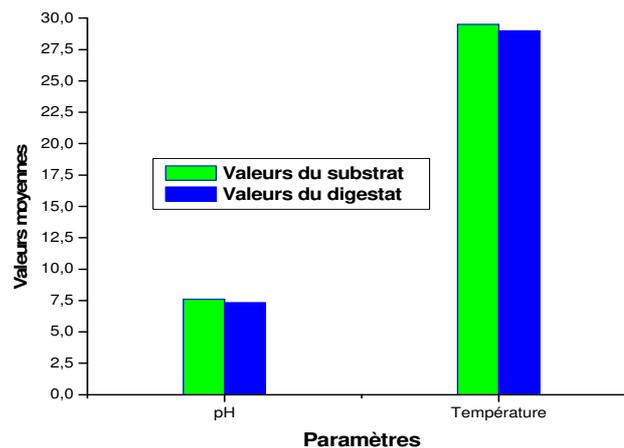
**Tableau 6: Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans le substrat et digestat**

Paramètres	Valeurs moyennes dans les substrats	Valeurs moyennes dans les digestats	Taux moyen de réduction en %
pH	7,4	7,2	
Température en °C	29,5	29	
MES (mg/L)	836	620	25,83
DCO (mg O <sub>2</sub> /L)	815,3	517,2	36,56
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	522,8	312	40,32
Nitrites (mg/L)	18,3	11,5	37
Nitrates (mg/L)	69,8	47,7	31
Sulfates (mg/L)	4,2	4	
Orthophosphates(mg/L)	22,6	17,5	22

Les résultats montrent que les valeurs trouvées dans les substrats et digestats animaux se rapprochent de celles trouvées dans les substrats et digestats humains. Il est nécessaire de donner les détails sur les différentes valeurs trouvées pour les paramètres analysés qui sont les suivants :

✓ **Paramètres physiques (pH et température) :**

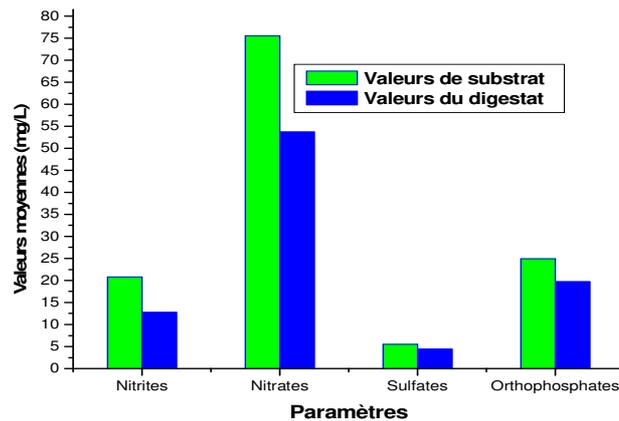
La figure 12 ci-après indique les valeurs de pH et de températures des échantillons avant l'introduction dans le biodigesteur et ceux après séjour dans le biodigesteur. Pour le pH, les valeurs que présentent les substrats sont de 7,6 et celles que présentent les digestats sont de 7,3, donc elles se situent dans la plage recommandée (6,8 à 7,5) pour la méthanisation. Ces valeurs corroborent celles de (ADEOSSI, 2013) qui sont de 7 à 7,8 en caractérisant les déchets bovins et porcins. Quant à la température, les valeurs sont respectivement de 29,5°C dans les substrats et 29°C dans les digestats, qui se situent aussi dans la marge recommandée (18-40°C). Cette valeur montre qu'il s'agit de digestion mésophile.



*Figure 12: Valeurs moyennes du pH et température du substrat et digestat*

✓ **Paramètres chimiques (nitrites, nitrates, sulfates et d'Ortho-phosphates) :**

La figure 13 illustre les valeurs des nitrites, nitrates, sulfates et d'ortho-phosphates dans les substrats et les digestats. Concernant les valeurs des nitrites, les valeurs moyennes trouvées sont de 20,8 mg/L dans le substrat et 12,8 mg/L dans le digestat avec un taux de réduction de 39%. Pour les nitrates, les valeurs passent de 75,5 mg/L à 53,7 mg/L avec un taux de réduction de 29%. S'agissant des sulfates, les valeurs trouvées dans le substrat et dans le digestat sont de 5,5 mg/L à 4,4 mg/L. Et enfin pour les ortho-phosphates, les valeurs varient de 24,9 mg/L à l'entrée contre 19,7mg/L dans le bassin de sortie avec un taux de réduction de 21%. Les différentes valeurs trouvées se rapprochent de celles rencontrées dans la littérature.



*Figure 13: Valeurs moyennes de nitrites, nitrates, sulfates et ortho-phosphates*

✓ **Paramètres de la pollution organique (MES, DCO, DBO) :**

Concernant les MES, les valeurs que présentent les substrats sont de 896 mg/L et de 660 mg/L celles des digestats. Le taux de réduction est de 26,33%. Du côté de la DCO, les substrats présentent les valeurs de 837,3mg/L et celles des digestats sont de 545,2 mg/L avec un taux de dégradation de 35%. Ces valeurs dépassent largement celles autorisées par la norme du Burkina Faso (150 mg/l).

La DBO5 mesure les matières biodégradables en 5 jours à 20 °C. Les substrats présentent les valeurs de 528 mg O<sub>2</sub>/L et celles de digestat sont de 306 mg O<sub>2</sub>/L qui correspondent au taux de dégradation de 42,04%. Ces taux de dégradation de DCO et DBO ne témoignent pas la bonne performance de l'ouvrage installé par le PNB dans la dégradation des matières organiques. Ces taux sont quand même en accord avec des valeurs rencontrées dans la littérature. Une étude conduite par (Kalloum, et al., 2013) sur le traitement des boues en Algérie a trouvé un taux de 88% pour le DCO et 90% pour la DBO. Ces taux sont supérieurs à cette étude. La différence peut s'expliquer par le fait que leurs résultats sont obtenus en digestion thermophile (38°C) et pour notre étude, en digestion mésophile (29,5°C). Cela permet de dire qu'en digestion thermophile, les biodigesteurs sont plus performants dans la dégradation qu'en digestion mésophile.

La figure 14 ci-dessous montre les valeurs des matières en suspension, de demande chimique en oxygène et de demande biochimique en oxygène.

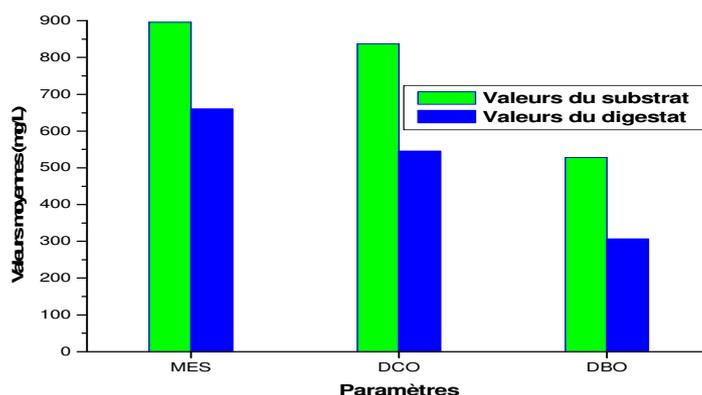


Figure 14: Valeurs moyennes de MES, DCO et DBO dans le substrat et digestat

### III.1.2. Évaluation microbiologique des substrats et digestats humains et animaux :

L'analyse des substrats et des digestats humains et animaux donne des informations sur les indicateurs de contamination fécale.

Le tableau 7 montre les valeurs moyennes dans les substrats et digestats des zones de prélèvement.

Tableau 7: Microbiologie de substrat et digestat humain.

Site	Échantillon	Coliformes fécaux			Streptocoques Fécaux		
		Nbre UFC/100ml	Abattement		Nbre UFC/100ml	Abattement	
			%	Ulog		%	Ulog
Ouahigouya	Substrat	5,80 10 <sup>6</sup>			1,70 10 <sup>6</sup>		
	Digestat	3,01 10 <sup>5</sup>	93,81		1,11 10 <sup>5</sup>	93,46	
Kaya	Substrat	4,67 10 <sup>6</sup>			1,45 10 <sup>6</sup>		
	Digestat	2,20 10 <sup>5</sup>	95,12	1,3	1,10 10 <sup>5</sup>	92,41	1,3
Manga	Substrat	4,40 10 <sup>6</sup>			1,70 10 <sup>6</sup>		
	Digestat	2,40 10 <sup>5</sup>	93,56		1,10 10 <sup>5</sup>	93,53	

Ces résultats montrent une similarité entre les échantillons quelle que soit leur origine (Ouahigouya, Kaya et Manga), ce qui permet de tirer une moyenne des valeurs pour l'ensemble de la zone d'étude.

Le tableau 8 ci-dessous présente les valeurs moyennes des indicateurs dans les substrats et digestats après séjour dans le digesteur.

**Tableau 8: Valeurs moyennes des indicateurs dans le substrat et digestat humain.**

Indicateurs	Valeurs présentées par les substrats	Valeurs présentées par les digestats	Abattement en %
Coliformes Fécaux UFC/100ml	4,8210 <sup>6</sup>	2,5010 <sup>5</sup>	94
Streptocoques Fécaux UFC/100ml	1,5210 <sup>6</sup>	1,0810 <sup>5</sup>	92

Les concentrations de Coliformes fécaux que présentent les substrats sont de 4,8210<sup>6</sup> UFC/100mL et de 2,5010<sup>5</sup> UFC/100mL pour les digestats soit avec un taux de réduction de 94% soit 1,3 Ulog. Du coté des streptocoques, la concentration à l'entrée du biodigesteur est de 1,52.10<sup>6</sup> UFC/100mL et de 1,08.10<sup>5</sup> UFC/100mL à la sortie soit un taux de réduction de 92% soit 1,5 Ulog.

Les concentrations pour cette étude sont maintenant inférieures à celles rapportées par (Al-Muzaini, 2008) à Jahra avec 4,6210<sup>8</sup> UFC/100 mL et (Radaidah & Al-Zboon, 2011) en Jordanie avec 4,6010<sup>8</sup> UFC/100mL. Cela peut s'expliquer par le fait que les biodigesteurs installés par le PNB sont performants dans la réduction des pathogènes.

Le tableau 9, présente les résultats des échantillons issus des biodigesteurs alimentés par les bouses des animaux de différents lieux de prélèvement.

**Tableau 9: Microbiologie de substrat et digestat animal.**

Lieux	Échantillon	Coliformes fécaux			Streptocoques Fécaux		
		Nbre UFC/100ml	Abattement %	Ulog	Nbre UFC/100ml	Abattement %	Ulog
Ouahigouya	Substrat	5,3210 <sup>6</sup>			1,2910 <sup>6</sup>		
	Digestat	3,2310 <sup>5</sup>	93,93		1,15 10 <sup>5</sup>	90,95	
Kaya	Substrat	4,3010 <sup>6</sup>			1,40 10 <sup>6</sup>		
	Digestat	2,6610 <sup>5</sup>	93,82		1,30 10 <sup>5</sup>	91,43	
				1,3			1,3
Manga	Substrat	4,7010 <sup>6</sup>			2,05 10 <sup>6</sup>		
	Digestat	2,8910 <sup>5</sup>	93,86		1,1010 <sup>5</sup>	94,37	

Ces concentrations en coliformes fécaux et Streptocoques fécaux ont même tendance selon les lieux de prélèvements.

Cela permet de calculer les moyennes qui sont consignées dans le tableau 10 ci-après.

**Tableau 10: valeurs moyennes des indicateurs dans le substrat et digestat animal.**

<b>Indicateurs</b>	<b>Valeurs que présentent les substrats</b>	<b>Valeurs que présentent les digestats</b>	<b>Abattement en %</b>
Coliformes Fécaux UFC/100ml	4,7710 <sup>6</sup>	2,9210 <sup>5</sup>	94
Streptocoques Fécaux UFC/100ml	1,5510 <sup>6</sup>	1,0610 <sup>5</sup>	93

Les concentrations en Coliformes fécaux dans le substrat animal varient de 4,77 10<sup>6</sup> UFC/100mL à 2,92 10<sup>5</sup> UFC/100 mL dans le digestat soit un taux de réduction de 94%, soit 1,3 Ulog. Pour les Streptocoques fécaux, les valeurs passent de 1,55.10<sup>6</sup> UFC/100 mL dans le substrat à 1,06.10<sup>5</sup> UFC/mL dans le digestat avec un taux de réduction de 93%.

Les résultats obtenus par (DEREJI, 2007) dans la gestion des déchets lien vers l'agriculture, cas de la production du biogaz au niveau des écoles en Éthiopie ont montré un taux d'élimination des coliformes fécaux de 98,85% en digestion mésophile qui se rapprochent de cette étude qui est de 94%. Cette différence serait due au temps de séjour de la matière organique dans le digesteur et à la différence de température, 35°C pour son étude et 29,5°C pour cette étude. Une étude similaire a été faite aussi par (ADEOSSI, 2013), et a trouvé un taux de 99,82% à l'issue de la Caractérisation des substrats bovins et porcins au Burkina Faso. Les taux d'élimination trouvés pour cette étude sont inférieurs (94%), cela serait lié au temps de séjour dans le digesteur.

Ces différents résultats montrent que quel que soit le type d'échantillons, ces résultats ont une même tendance. Cela permet de faire une comparaison entre les valeurs trouvées.

Le tableau 11 ci-dessous est le tableau comparatif entre les échantillons issus des biodigesteurs alimentés par les bouses des animaux et ceux issus des biodigesteurs connectés aux latrines afin de voir la performance du traitement de ces biodigesteurs sur les types d'excréments.

**Tableau 11: Valeurs moyennes comparatives entre les échantillons issus des biodigesteurs non**

*connectés aux latrines et ceux issus des biodigesteurs connectés.*

Indicateurs	Échantillons pour les biodigesteurs connectés aux latrines		Échantillons pour les biodigesteurs non connectés aux latrines		Pourcentage d'abattement	
	Valeurs moyennes dans le substrat	Valeurs moyennes dans le digestat	Valeurs moyennes dans le substrat	Valeurs moyennes dans le digestat	Biodigesteur connecté	Biodigesteur non connecté
Coliformes fécaux UFC/100ml	4,8210 <sup>6</sup>	2,5010 <sup>5</sup>	4,7710 <sup>6</sup>	2,9210 <sup>5</sup>	94	94
Streptocoques fécaux UFC/100ml	1,5210 <sup>6</sup>	1,0810 <sup>5</sup>	1,5510 <sup>6</sup>	1,0610 <sup>5</sup>	92	93

Pour les Coliformes fécaux, les valeurs que présentent les substrats pour les biodigesteurs connectés aux latrines sont de 4,8210<sup>6</sup> UFC/100mL et de 2,50 10<sup>5</sup> UFC/100mL pour les digestats ; les valeurs que présentent les substrats pour les biodigesteurs non connectés aux latrines sont de 4,77 10<sup>6</sup> UFC/100 mL et de 2,9210<sup>5</sup> UFC/100 mL pour les digestats. Du côté des Streptocoques fécaux, les valeurs que présentent les substrats pour les biodigesteurs connectés aux latrines sont de 1,5210<sup>6</sup> UFC/100mL et 1,0810<sup>5</sup> UFC/100mL pour les digestats ; les valeurs que présentent les substrats pour les biodigesteurs non connectés aux latrines sont de 1,5510<sup>6</sup> UFC/100mL et 1,0610<sup>5</sup> UFC/100mL pour les digestats. Quant au taux d'abattement pour les Coliformes fécaux, il est le même pour les deux types d'excréments qui est de 94%. Au niveau des Streptocoques fécaux, le taux est de 92% pour les substrats issus des biodigesteurs connectés aux latrines contre 93% pour les digestats issus des biodigesteurs non connectés aux latrines. Nous pouvons dire que les biodigesteurs installés par le PNB-BF ont même performance d'élimination des pathogènes quel que soit les types d'excréments.

### III.1.3. Évaluation parasitologique des substrats humains et animaux :

Les résultats sur les concentrations moyennes des protozoaires et les œufs d'helminthes.

Le tableau 12 présente les nombres des parasites dans les substrats et digestats humains.

**Tableau 12: Parasitologie du substrat et digestat humain.**

Sites	Œufs	Nombre échantillon	Résultats	
			Entrée	Sortie
Manga	Ascaris lombricoïde	4	-	-
	Kystes <i>Entamoeba coli</i>	4	+	-
	<i>Trichirus trichira</i>	4	-	-
	Ascaris lombricoïde	4	-	-
Kaya	Kystes <i>Entamoeba coli</i>	4	+++	++
	<i>Trichirus trichira</i>	4	-	-

Les résultats montrent qu'il y a présence de kystes *Entamoeba coli* dans les substrats et qui sont réduits dans les digestats après séjours dans le digesteur.

Le tableau 13 montre les nombres des parasites dans les substrats et digestats animaux.

**Tableau 13: Parasitologie du substrat et digestat animal.**

Sites	Œufs	Nombre échantillon	Résultats	
			Entrée	Sortie
Manga	Ascaris	2	-	-
	Strongles	2	-	-
	Paramphistomes	2	+	-
Kaya	Ascaris	2	-	-
	Strongles	2	-	-
	Paramphistomes	2	-	-

Il s'agit des analyses qualitatives qui consistent à montrer la présence ou l'absence des œufs et protozoaires recherchés dans les différents échantillons (pour biodigesteur connectés aux latrines et biodigesteurs non connectés). Il ressort clairement dans le tableau 13 qu'il y a absence des ascaris lombricoïde et de *Trichirus trichira* et qui ne se rencontrent pas chez les animaux.

Par contre, au niveau des kystes d'*Entamoeba coli*, il y a leur présence dont :

- + : ce signe indique la présence de 1 à 2 kystes d'*Entamoeba coli* dans les échantillons analysés selon les indications du laboratoire.
- ++ : ce signe montre 2 à 4 *Entamoeba coli* dans les échantillons analysés.

- +++ : ce signe indique la présence de 5 à 10 kystes d'*Entamoeba coli* dans les échantillons.

➤ **L'élimination des parasites et œufs :**

Selon l'analyse des résultats, dans les substrats humains, les parasites sont plus nombreux mais ils sont réduits dans les digestats. On note aussi l'absence des *Ascaris lombricoïde* et *Trichirus trichira* dans les substrats et digestats.

Dans les substrats, les parasites sont plus nombreux que dans les digestats.

On constate la présence de Paramphistomes dans le substrat et une absence dans le digestat. Il y a aussi absence des *Ascaris* et Strongles dans les échantillons issus des biodigesteurs non connectés analysés. Cela montre la capacité du biodigesteur installé par le PNB à assurer l'élimination significative des parasites.

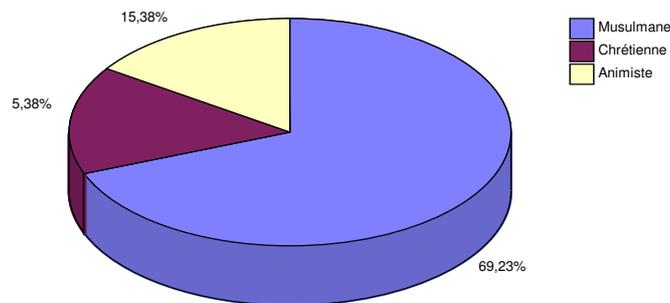
**Qualité sanitaire des digestats :**

Après la caractérisation des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques, sur le plan sanitaire, la manipulation de l'effluent n'est pas sans risque car les valeurs des indicateurs de contamination trouvées sont largement supérieures aux normes prévues au Burkina Faso. Pour les Coliformes fécaux, les valeurs trouvées sont de  $2,5010^5$  UFC/100 mL pour les échantillons issus des biodigesteurs connectés aux latrines et  $2,9210^5$  UFC/100mL pour les échantillons issus des biodigesteurs non connectés aux latrines qui sont supérieures aux normes du Burkina Faso qui sont de **2000 UFC/100mL**. S'agissant des Streptocoques fécaux, les valeurs sont respectivement de  $1,0810^5$  UFC/100mL pour les échantillons issus des biodigesteurs connectés et  $1,0610^5$  UFC/100mL pour ceux issus des biodigesteurs non connectés. Ces valeurs sont aussi supérieures aux normes prévues au Burkina Faso qui sont de **10000UFC/100 mL**. Du côté de la parasitologie, il y a la présence des kystes d'*Entamoeba coli* dans le digestat issu des excréments humains donc la manipulation du digestat n'est pas sans risque car la norme prévue est de 0 kyste d'*Entamoeba*/mL.

## Sous-chapitre 2 : Evaluation du niveau d'adoption des biodigesteurs connectés aux latrines (fonctionnement, entretien de l'ouvrage, question culturelle, coût).

### ➤ Facteurs sociodémographiques :

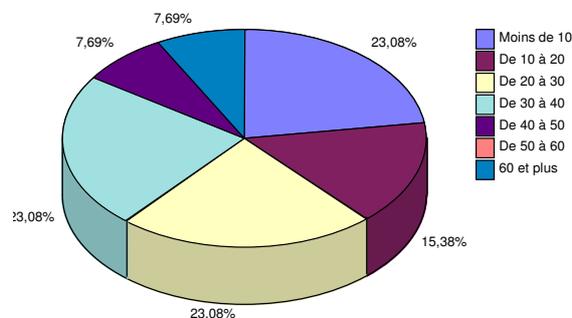
La figure 15 ci-après présente la répartition des enquêtés suivant leur religion.



*Figure 15: Répartition des enquêtés selon leur religion*

La plupart de la population enquêtée est de la religion musulmane (69,23%). Les chrétiens et les animistes sont respectivement de 15,38%.

La figure 16 ci-dessous présente la répartition des ménages suivant leur taille (nombre d'utilisateurs de la latrine).



*Figure 16: Répartition des enquêtés selon la taille des ménages*

Il ressort de cette figure 16 que 23% d'utilisateurs sur 100 de latrines connectées au biodigesteur sont issus soit de ménages de moins de 10 personnes, soit de ménages de 20 à 30 personnes ou soit de ménages de 30 à 40 personnes. Environ 8 personnes sur 100 sont issues de ménages de 40 à 50 personnes. Le ménage ayant les membres de famille de 50 à 60 n'existe pas. L'endroit où il y a plus de 60 membres est de 7,69%. La plus grande taille est de 120. C'est un centre de jeunes et non un ménage. La taille des ménages a alors un impact sur le chargement des biodigesteurs connectés afin de d'avoir le biogaz en quantité importante pour les besoins des

ménages ruraux.

➤ **Facteurs socioéconomiques :**

Le tableau 14 suivant présente l'appréciation des enquêtés sur le coût de l'ouvrage dans les trois régions.

**Tableau 14: Appréciation du coût de l'ouvrage par les enquêtés**

Zones	Appréciation par rapport au		Total
	coût de l'ouvrage		
	Abordable	Peu abordable	
Ouahigouya	4	1	<b>5</b>
Kaya	2	1	<b>3</b>
Manga	3	2	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>13</b>

À Ouahigouya et à Kaya, respectivement 20% des enquêtés et 40% à Manga trouvent que le coût de l'ouvrage est peu abordable.

Pour ce résultat, il y a 80% des enquêtés à Ouahigouya, 67% à Kaya et 60% à Manga trouvent que le coût de l'ouvrage est abordable car la subvention par le PNB est significative. Ces taux élevés des enquêtés qui trouvent le coût de l'ouvrage abordable prouve leur engagement à adopter la technologie car ils déclarent que la contribution de l'ouvrage est importante dans leur vie.

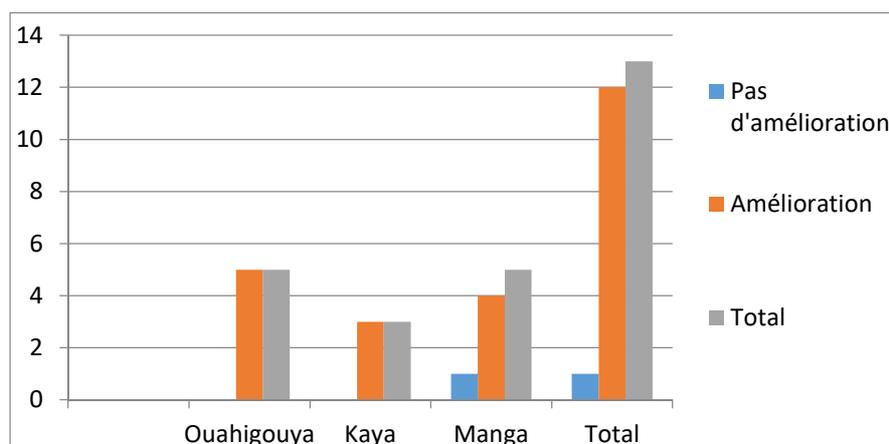
Le tableau 15 montre la condition d'hygiène des enquêtés avant l'utilisation du biodigesteur selon les régions.

**Tableau 15: Appréciation sur la condition d'hygiène avant l'ouvrage selon les régions enquêtées**

Zones	Condition d'hygiène avant		Total
	l'utilisation du biodigesteur		
	Bonne	Mauvaise	
Ouahigouya	1	4	<b>5</b>
Kaya	0	3	<b>3</b>
Manga	1	4	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>13</b>

Il ressort du tableau 15 qu'à Kaya, 100% des enquêtés trouvent que leur condition d'hygiène avant l'utilisation de l'ouvrage n'était pas bonne. Par ailleurs, dans les régions de Ouahigouya et Manga, 80% des enquêtés la trouvent aussi mauvaise. Les utilisateurs confirment que leur

condition d'hygiène s'est améliorée avec l'utilisation des biodigesteurs.



**Figure 17: Appréciation de condition d'hygiène des enquêtés après installation des biodigesteurs selon les régions**

À Ouahigouya et à Kaya, 100% des enquêtés constatent une amélioration dans leur condition d'hygiène après l'utilisation de l'ouvrage. Par contre à Manga, 20% constate une amélioration non significative de sa condition d'hygiène.

➤ **Facteurs socioculturels :**

Le tableau 16 illustre l'avis sur l'utilisation des sources d'énergie provenant du biodigester.

**Tableau 16: Acceptation du biogaz pour source d'énergie**

Avis des enquêtés	Nombre des enquêtés	% des enquêtés
Acceptation	13	100
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

Tous les enquêtés des trois régions cibles trouvent que le biogaz convient bien les ménages ruraux. Ils déclarent que la quasi-totalité des ménages utilisaient à 100% de bois de chauffe, suivi du charbon de bois et quelque fois des résidus agricoles pour la cuisson et l'éclairage avant l'installation de biodigester. Après l'installation, les ménages utilisaient le biogaz à 100% suivi de bois de chauffe en complément. Alors les ménages ont diminué et d'autres ont abandonné l'utilisation du bois de chauffe. Ces résultats corroborent ceux du PNB-BF (2012) qui ont montré qu'un biodigester de 6 m<sup>3</sup> préserve 3000 kg de bois/an. Le biodigester est alors une solution alternative plus écologique disponible. Son utilisation vise à maintenir voire restaurer la biodiversité à l'échelle nationale.

Le tableau 17 présente l'avis des enquêtés sur l'acceptation de l'engrais provenant de biodigester pour l'agriculture.

**Tableau 17: Appréciation de l'engrais produit pour l'agriculture**

<b>Avis des enquêtés</b>	<b>Nombre des enquêtés</b>	<b>% des enquêtés</b>
Acceptation	13	100
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

Tous les enquêtés soient 100% des trois régions à savoir Ouahigouya, Kaya et Manga apprécient l'engrais provenant du biodigester pour l'accroissement du rendement agricole.

Ils ont témoigné qu'avant la technologie de biodigesteurs, les gens appliquaient dans leurs champs les engrais chimiques, les insecticides et les herbicides qui sont les causes majeures de la pollution de l'eau et de l'air. Avec la vulgarisation de la technologie, les producteurs diminuent l'application des produits chimiques au profit de l'engrais organique. Ainsi, les utilisateurs pensent que la technologie de biodigester a un avantage car elle permet d'économiser l'apport en engrais chimique. Ce même constat a été fait par (Sibanda, et al., 2013) qui soulignent que l'utilisation de l'effluent comme fertilisant permet d'économiser l'apport en engrais chimique à plus de 80% donc préserve l'environnement.

Le tableau 18 présente l'avis sur les aliments amendés par l'effluent.

**Tableau 18: Acceptation des aliments amendés par l'effluent par les enquêtés**

<b>Avis des enquêtés</b>	<b>Nombre des enquêtés</b>	<b>% des enquêtés</b>
Acceptation	13	100
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

Toutes les trois régions apprécient les aliments amendés par l'effluent provenant du biodigester.

➤ **Facteurs liés aux impacts des biodigesteurs connectés aux latrines dans les ménages :**

Le tableau 19 indique l'avis des enquêtés sur la protection de l'environnement par la technologie de biodigester.

**Tableau 19: Appréciation de la technologie de biodigester dans la protection de l'environnement.**

<b>Avis des enquêtés</b>	<b>Nombre des enquêtés</b>	<b>% des enquêtés</b>
Appréciation	13	100
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

Dans toutes les trois (03) régions, les enquêtés apprécient la technologie du biodigesteur comme l'une des solutions pour protéger l'environnement.

Ces enquêtés trouvent que la technologie de biodigesteur permet de protéger l'environnement. Selon eux, cette technologie permet aussi de réduire les émissions des gaz à effet de serre, de gérer les excréta des ménages. Ces types de constats ont pu être effectués par d'autres auteurs travaillant sur la problématique de biogaz (Gaël, 2008, PNB-BF, 2009 ; Sama et al.2012 et PNB-BF, 2012).

Le tableau 20 montre une autonomie énergétique pour la cuisine et éclairage provenant du biodigesteur dans les trois (03) régions.

**Tableau 20: Autonomie énergétique liée au biodigesteur**

Zones	Quantité d'énergie produite		Total
	Suffisante	Non suffisante	
Ouahigouya	4	1	<b>5</b>
Kaya	3	0	<b>3</b>
Manga	4	1	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>13</b>

À Kaya, 100% des enquêtés pensent que l'énergie produite par le biodigesteur est suffisante pour leurs besoins en cuisine et éclairage. Par contre, à Ouahigouya et à Manga, 20% des enquêtés pensent que l'énergie produite par la technologie ne leur rend pas totalement autonomes, donc ils complètent avec le bois de chauffe et du charbon.

Le tableau 21 illustre l'avis sur la nuisance olfactive de l'ouvrage selon les enquêtés par régions.

**Tableau 21: la nuisance olfactive**

Zones	Dégagement d'odeur	
	Non	Total
Ouahigouya	5	5
Kaya	3	3
Manga	5	5
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>13</b>

Dans toutes les trois (03) zones d'étude, 100% des enquêtés déclarent que le fonctionnement du système est sans nuisance olfactive. Selon eux, les riverains ne se sont jamais plaints à cause d'odeur. Ils ajoutent que l'ouvrage permet de réduire la charge de travail des femmes et des enfants, d'améliorer le cadre de vie, d'améliorer les conditions sanitaires en limitant les

maladies liées à la fumée et aux odeurs. Ces constats ont été aussi faits par (Doublet et al., 2004) qui soulignent que l'utilisation du biodigester connecté à la latrine diminue fortement les émissions d'odeurs des boues et la masse de matière organique dans les boues est abattue de l'ordre de 50%.

➤ **Avis des enquêtés n'utilisant pas les biodigesteurs :**

Pour les enquêtés n'utilisant pas la technologie de biodigester, sur les vingt-deux enquêtés, soit 100% ont convoité les utilisateurs de la technologie. Ils ont déclaré qu'ils n'ont pas pu utiliser la technologie par faute de moyen financier. Ils ont aussi témoigné que les utilisateurs des biodigesteurs ont de l'énergie pour la cuisson et l'éclairage permettant aux enfants d'étudier la nuit au lieu d'utiliser à chaque fois les lampes à pétroles. Ils ont déclaré que la technologie a permis aux utilisateurs de la technologie d'augmenter les rendements agricoles à travers l'engrais organique et aussi a permis d'assurer l'assainissement de leur environnement. Ils ont demandé à l'Etat Burkinabè de revoir la subvention pour leur permettre d'accéder à la technologie.

➤ **L'adoption de la technologie des biodigesteurs.**

L'adoption de la technologie et de ses sous-produits comme le biogaz est une des énergies renouvelables par excellence parce qu'elle est l'une des plus accessibles et plus adaptées pour les pays en voie de développement. Ses avantages sont énormes selon les enquêtés car le biogaz permet de réduire les dépenses énergétiques des ménages. Quant à l'assainissement, les populations déféquaient à 100% à l'air libre. Après installation de l'ouvrage, plus de 90% utilisent les latrines en vue de bien gérer leurs excréta afin de limiter les dangers liés au manque d'assainissement. Ils pensent que le biodigester est un élément important dans la protection de l'environnement et permet un usage raisonné des intrants sur les services des écosystèmes. Après l'analyse des différents résultats, toutes les opinions des enquêtés de Ouahigouya, Kaya et Manga convergent et déclarent que la technologie de biodigesteurs est une technologie qui produit du biogaz et du compost ainsi que la contribution à l'amélioration de l'assainissement. Selon eux, la technologie impacte significativement leur condition de vie d'où l'adoption simultanée à la technologie de biodigesteurs connectés aux latrines par les populations rurales.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES :**

Le biodigesteur est une technologie considérée comme une alternative pour relever les défis de la population rurale au Burkina Faso. Il est une technologie adaptée et porteuse de solution aux questions de développement économique, agricole, énergétique et environnementale aux utilisateurs. C'est dans cette optique qu'une étude a été commanditée par le Programme National de Biodigesteurs du Burkina Faso (PNB-BF) dont le thème « **Evaluation de la performance des biodigesteurs connectés aux latrines pour l'amélioration de l'assainissement en milieu rural au Burkina Faso** » qui a avait pour objectif d'évaluer le niveau d'adoption de la technologie des biodigesteurs connectés aux latrines et de caractériser les paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des boues brutes et de l'effluent. Les résultats du laboratoire ont montré le taux d'abattement des coliformes fécaux de 94% et celui de Streptocoques de 93%. Il y a présence d'Entamoeba coli et de Paramphistomes chez les animaux. Ces taux d'abattement ne permettent pas d'apprécier la performance épuratoire de l'ouvrage car les prélèvements ont été effectués de façon ponctuelle. Par ailleurs, la manipulation du digestat présenterait alors des risques sanitaires non négligeables et son utilisation directe en agriculture poserait de problèmes de santé.

Pour les enquêtes, les résultats ont montré que le biodigesteur a substitué l'utilisation de bois de chauffe, de charbon de bois ainsi que la dépendance en engrais organique qui est écologique et cela à plus de 80%. Par contre, 20% des enquêtés ont déclaré que l'énergie produite ne leur rend pas indépendant dont ils font recours au bois de chauffe et charbon de bois en complément et cela est lié à la taille de ménages. L'étude a montré aussi que l'utilisation du biodigesteur contribue de façon significative à atténuer les conséquences des changements climatiques et est considéré comme un noyau d'assurer l'assainissement dans les ménages en connectant leurs latrines aux biodigesteurs.

Plus de 90% ont un intérêt marqué par les retombées socioéconomiques produites par l'ouvrage. La priorité pour elle concerne l'éloignement de péril fécal, l'obtention du biogaz et d'engrais à bon marché.

L'efficacité de la méthanisation contre les pathogènes ne se limite pas à des simples considérations de température. En effet, d'autres facteurs entrent en jeu, et notamment la grande variété de procédés de digestion anaérobie qui crée de nombreux cas particuliers. Cette grande diversité rend difficile l'obtention des résultats généralisables.

❖ **PERSPECTIVES :**

Il serait aussi utile de mener une étude en considérant les prélèvements par fréquence pour apprécier la performance épuratoire de l'ouvrage afin de proposer les mesures pour l'utilisation directe de l'effluent comme fertilisant en intégrant l'évaluation de l'abattement sur les salmonelles, les bactéries sporulées telles que les Clostridium, la teneur en métaux lourds et la capacité de bioconcentration des cultures pour lesquelles les digestats sont appliqués. Il est aussi nécessaire de vérifier la qualité du compost avant son épandage.

- Les savons et les détergents inhibent la croissance normale des bactéries dans le digesteur et donc influencent négativement le processus de fermentation. De ce fait, éviter de les introduire dans le biodigesteur.
- Formation, éducation et sensibilisation des populations sur l'assainissement autonome et la gestion des boues.
- Mettre en place un système de crédit aux utilisateurs afin d'augmenter l'accessibilité à la technologie écologique du biodigesteur.
- Construire les puits ou forages à proximité des villages pour éviter la corvée d'eau par les femmes ainsi que des hangars en tôle pour la protection des composts pendant la saison des pluies.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

- ADEOSSI, F. G. F., 2013.** Caractérisation du biogaz produit à partir des substrats bovins et porcins dans la région du Centre du Burkina Faso. Mémoire de Master, p. 56.
- AFEDES, 1982.** Photosynthèse - Biomasse – Energie – Ressources et Techniques. Collection des cahiers de l'AFEDES, N°6 .
- Almansour, E., 2011.** Bilans énergétiques et environnementaux de filières biogaz : Approche par filière-type. Thèse de doctorat, p. 147.
- Al-Muzaini, S., 2008.** Performance of sand drying beds for sludge dewatering. Environmental Science Department 9.
- BIGUMANDONDERA, P., 2014.** Étude de l'assainissement non collectif en Afrique subsharienne: Application à la ville de Bujumbura. Thèse de doctorat, p. 301.
- Bruffière & al, 2007.** Guide méthodologique pour l'exploitation d'unités de méthanisation de déchets solides. Guide, p. 40.
- Christel, E., Manyi-Loh & al., S., 2013.** Microbial Anaerobic Digestion (Bio-Digesters) as an Approach to the Decontamination of Animal Wastes in Pollution Control and the Generation of Renewable Energy. Article, Issue Int.J. Environ. Res. Public Health, 10, 4390-4417.
- Cyimana, M., Qichun, H. & Pan., K., 2013.** Dissemination and Problems of African Biogas Technology. Biogas Institute of Ministry of Agriculture, Chengdu, China, pp. 506-512.
- DEREJI, G., 2007.** Gestion des déchets Lien vers l'agriculture urbaine: le cas de la production de biogaz à kokebe Tsebah Ecole secondaire supérieur et supérieur 12 Institut technique et la formation professionnelle. Thèse de doctorat à l'Université d'ADIS ABBEBA, p. 147.
- Dolfing, J., Tiedje & M. and, J., 1998.** Acetate inhibition of methanogenic, syntrophic benzoate degradation.. Applied and environmental microbiology, 54(7), pp. 1871-1873.
- Doublet, S., Leclerc, C., C., C. & Berger, S., 2004.** La qualité agronomique des digestats. p. 181.
- EauVive, 2010.** Etude des conditions de diffusion des ouvrages d'assainissement autonome en milieu rural sahelien. Rapport, p. p.25.
- G.Sibanda, D.Musandemba & L.Zanamwe, H. a., 2013.** A Feasibility Study of Biogas Technology to Solving Peri-urban Sanitation Problems in Developing Countries. A Case for Harare, Zimbabwe. Article.
- Glausser, M., Kasermann, G. & Lagier, G., 1993.** Digestion des déchets et effluents industriels et ménagers. Suisse.

**Godon, J., 2011.** Aspects biochimiques et microbiologiques de la méthanisation. (pp 61-85)in "la méthanisation. 2ème édition, Lavoisier, p. 552.

**Kalloum, S., Bouabdessalem, H., Touzi, A. & Iddou.and, A., 2013.** Utilisation duBiogas Production from the Sludge of the Municipal Waste Water Treatment Plant of Adrar City (Southwest of Algeria). Biomass and Bioenergy, Vol. 35, N°7, pp. 2554 – 2560., p. 8.

**Laurent, L., 2008.** Fabrication d'un biodigester familial, Hybrid Energies. Rapport d'atelier, p. 5.

**Legros & Clara., 2012.** Biogaz en Afrique, Lomé: s.n.

**Lylia et Preston, I. & Sama et Thiombiano, P., 2012.** Manuel d'installation d'un Biodigester. Ho Chi Minh/Vietnam. p. 22P..

**Mara, D., 2003.** Water, sanitation and hygiene for the health of developing nations. Public Health,117(6), pp. 452-456.

**Mbéguéré, M. D. P.-H. a. K. D. & al., 2009.** Gestion des boues de vidange:optimisation de la filière. Dakar,Sénégal:EAWAG: s.n.

**ONU & HABITAT, 2013.** Time to think urban.. p. 32.

**Pauss, A., Andre, G. & Perrier, M. e. G. S. R., 1990.** Liquid-to-gas mass transfer in anaerobic:inevitable transfer limitations of methane and hydrogen in the biomethanation. Applied and Environmental Microbiology, 56(6), pp. 1636-1644.

**Pavlostathis S.G.et Giraldo-Gomez, E., 1991.** Kinetics of anaerobic treatment : a critical review, Critical Reviews in Environmental Control. pp. 411-490.

**Radaidah, J. & Al-Zboon, K., 2011.** Increase the Efficiency of Conventional SandDrying Bedsby using Intensive Solar Energy:A case study from Jordan. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology 6, 5..

**RECCORD, 2003.** Méthanisation des déchets organiques : Etudes bibliographiques. Etude bibliographique, p. 194p..

**Réné, M., 2008.** Méthanisation. s.l.:s.n.

**Sama, H., Thiombiano & and, T. S., 2012.** Le biogaz à des fins domestiques., Ouagadougou/Burkina Faso: s.n.

**Sara, J., 2011.** Researching the threats and opportunities presented by human waste.. Volume Volume 31 Issue 2, pp. 761-769.

**Sylvanus, I., 2007.** Obstacles socioculturels et dynamique de l'assainissement écologique en milieu rural : cas de Petit Badien S/P de Dabou. Mémoire de DEA, p. p.69.

**Tholen, A., Brune & A.and, 1990.** Localization and in situ activities of homoacetogenic bacteria in the highly compartmentalized hindgut of soil-feeding higher termites(*Cubitermes* spp). *Applied and environmental microbiology* 65(10), pp. 4497-4505..

**Tumwebaze, I. K. et al., 2011.** Ecological sanitation coverage and factors affecting its uptake in Kabale municipality, Western Uganda.. *International journal of environmental health research*, 21(4), 294-305..

**UNICEF & WHO, 2013.** Progress on Drinking-water and sanitation. WHO press Geneva-Switzerland, p. 39.

**Van Nostrand, J. & Wilson, J., 1983.** Le Cabinet d'aisances amélioré à double fosse ventilée:Manuel de construction pour Botswana. Banque Internationale pour la Reconstruction et le développemen/Banque Mondiale, Washington, U.S.A, p. 49.

## **ANNEXES :**

### **Annexe 1 : protocole d'analyse des paramètres :**

Analyse des paramètres caractéristiques de pollutions organiques et pollutions physico-chimiques

#### **1.1.1. Le prélèvement :**

Le prélèvement est l'acte le plus important car c'est de lui que dépend tous les bons résultats. À l'aide des flacons de 50 ml, des prélèvements ponctuels des boues fécales et effluents issus du bio- digesteurs ont été effectués en plusieurs points dans trois régions du Burkina Faso à savoir la région du Nord, la région du Centre-Nord et la région du Centre-sud. Au total, 18 échantillons ont été prélevés dont 6 provenant des substrats (à l'entrée du digesteur) et 6 issus du digestat (à sortie du biodigesteur (excréments humains) et 6 autres échantillons dont 3 substrats animaux et 3 digestats qui sont :

Région du Nord

A1 : substrat humain (l'entrée du digesteur)

A2 : digestat humain

B1 : substrat humain

B2 : digestat humain

C1 : substrat animal

C2 : digestat animal

Région du Centre-sud

D1 : substrat humain

D2 : digestat humain

E1 : substrat humain

E2 : digestat humain

F1 : substrat animal

F2 : digestat animal

Région du Centre-nord

G1 : substrat humain

G2 : digestat humain

H1 substrat humain

H2 : digestat humain

I1 : substrat animal

I2 : effluent animal

## Caractéristique des matières en suspension (MES)

### But

Les matières en suspension (MES) constituent la partie non dissoute de la pollution. L'analyse de MES permettra donc de connaître la quantité de matières non dissoutes, organiques ou minérales, présentes dans un échantillon.

### Principe

Les matières en suspensions sont obtenues après filtration de volume d'échantillon de boue fécale et de son effluent à l'aide d'un filtre GFC.

#### • Matériels utilisés

- Filtres de porosité 1 mm ;
- Balance ;
- Étuve ;
- Pince à membrane ;
- ✓ Éprouvette de 100 ml ;
- ✓ Dessiccateur.

#### • Mode opératoire

- ✓ Peser la masse à vide  $M_1$  du filtre ;
- ✓ Homogénéiser et prélever un volume  $V = 0,1L$  de l'échantillon à analyser que l'on transvase sur le dispositif de filtration au-dessus du filtre ;
- ✓ Faire décanter l'échantillon en activant la pompe d'aspiration ;
- ✓ Récupérer le filtre de filtration et le mettre à l'étuve sous une température de  $105^{\circ}C$  pendant 1h30 mn.
- ✓ Laisser refroidir dans le dessiccateur ;
- ✓ Lire à la balance la masse  $M_2$  du filtre.

L'analyse des MES permettra donc de connaître la quantité de matières non dissoutes, organiques ou minérales, présentes dans un échantillon. La relation qui permet de les évaluer est la suivante :

$$MES \text{ (mg/L)} = \frac{M_2 - M_1}{V} * 1000$$

[M.E.S] : concentration de la matière en suspension (mg/l), d'où

$M_1$  : masse du filtre sec avant filtration (mg).

$M_2$  : masse du filtre sec après filtration (mg).

V = 100 mL: volume d'échantillon prélevé à l'éprouvette

### **1.1.2. Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La demande en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique. Cette dégradation de la matière organique par les microorganismes commence à 20° C et s'accompagne d'une consommation d'oxygène dans le milieu. C'est cette consommation d'oxygène en cinq jours qui est mesurée par la DBO<sub>5</sub> en mg/L.

Matériel

Dispositif de mesure Oxytop;

Armoire thermorégulatrice;

Bouteilles de mesure de 510 ml;

Carquois (étuis) en caoutchouc;

Trop-plein;

Barreaux magnétiques;

Agitateur magnétique;

#### **Mode opératoire :**

1. Mettre dans le trop-plein, 20 gouttes de la solution inhibitrice de la nitrification NTH 600 pour chaque litre d'échantillon prélevé;
2. Préalablement, agiter et homogénéiser l'échantillon prélevé de sorte que les substances qui le contiennent soient uniformément réparties et cela, en vue d'obtenir un échantillon représentatif; diluer le prélèvement afin d'avoir une valeur de la DBO<sub>5</sub> comprise entre 100 et 200 mg/l;

#### **Neutraliser le pH de l'échantillon si cela est nécessaire :**

3. Mesurer la température de l'échantillon d'eau usée; elle doit être comprise entre 15 et 20 °C pendant le dosage; si nécessaire conditionner l'échantillon;
4. Rincer le trop-plein de 250 ml avec l'échantillon d'eau usée diluée;
5. Verser dans ce trop-plein, 250 ml de l'échantillon d'eau usée diluée;
6. Verser l'échantillon dilué dans une bouteille de mesure;
7. Remplir le trop-plein avec 250 ml d'eau de dilution;
8. Verser ces 250 ml d'eau de dilution dans une bouteille de mesure (constituant ainsi le blanc);
9. Verser dans une bouteille de mesure 250 ml de l'échantillon d'eau usée à l'aide du trop-plein;
10. Introduire dans chaque bouteille de mesure un barreau magnétique;
11. Placer ensuite l'étui en caoutchouc dans le goulot de chaque bouteille de mesure;
12. Mettre deux pastilles d'hydroxyde de sodium dans l'étui de chacune des bouteilles;

13. Visser un dispositif de mesure Oxytop sur chaque bouteille;
  14. Démarrer la mesure en appuyant simultanément sur les touches S et M jusqu'à ce que le compteur affiche "00";
  15. Les bouteilles sont ensuite placées dans l'armoire thermorégulatrice à 20°C sur l'agitateur magnétique;
- Durant 5 jours, les agitateurs magnétiques ne doivent cesser tourner; le dispositif Oxytop, chaque 24 heures, affiche automatiquement la valeur de la DBO

Elle est déterminée par la relation suivante :

$$\underline{DBO_5 \text{ en } O_2 \text{ mg/l}} = (\text{facteur multiplicatif}) \times (\text{nombre lu le 5}^{\text{e}} \text{ jour})$$

### **Mesure demande chimique en oxygène(DCO) :**

La demande chimique en oxygène correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique présente dans un échantillon donné. Elle s'exprime en mg/L d'oxygène. L'oxydation est réalisée ici par un réactif, le dichromate de potassium, en milieu acide. La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO.

La méthode par reflux qui est la méthode de référence dite macrométhode ;

La méthode colorimétrique : c'est la microméthode ;

Micro-méthode par titrimétrie

Appareillage et matériel

Réacteur à DCO réglable à 150 +/- 2°C ou bloc thermostaté ;

Tube en verre Pyrex de 16x100 mm, 20X150 mm ou 25x100 mm avec des bouchons en Téflon.

### **Réactifs :**

Solution de digestion, bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  à 0,1 N ;

Solution sulfurique;

Indicateur à la ferroïne;

Solution titrante de ferrosulfate d'ammonium à 0,1 N  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  ;

Acide sulfurique concentré ;

Potassium hydrogène phtalate : solution standard à 1000 ppm (mg/l) ;

### **Mode opératoire :**

Le tableau ci-dessous donne les quantités d'échantillons, de réactifs à prendre en fonction de la capacité du tube utilisé ; suivre l'ordre établi.

Disposer les tubes bien lavés et séchés sur un portoir ;

Débarrasser des échantillons de particules grossières (travailler sur des échantillons très homogènes) ;

Suivre l'ordre d'introduction des réactifs suivant le tableau ci-dessus et bien mélanger ( $H_2SO_4$  dégage de la chaleur) après avoir bien fermé les tubes (s'assurer que le capuchon du tube est muni du joint en liège à l'intérieur, sinon ne pas l'utiliser au risque de favoriser l'explosion de l'acide) ;

Placer le tube dans le réacteur, préchauffer à 150 °C et chronométrer pour deux heures ;

Laisser refroidir à la température du laboratoire ;

Ajouter un à deux gouttes d'indicateur de ferroïne et agiter rapidement ; titrer ensuite avec du ferrosulfate d'ammonium en agitant toujours ;

Point de virage, la solution passe du bleu-vert au rouge violacé (à la première goutte qui provoque le virage de la solution, arrêter immédiatement le titrage ; noter le volume de titrant versé) ;

La solution de  $Fe(NH_4)(SO_4)6H_2O$ , (FSA) est très instable ; il faut donc vérifier avant chaque dosage son titre exact ; pour cela, procède comme suit :

Mettre dans un tube les quantités de réactifs selon le tableau ; ici le volume d'échantillon sera substitué à l'eau distillée ; laisser refroidir et ajouter un à deux gouttes de ferroïne ;

Titrer avec le FSA.

### **Mesure des nitrates :**

Les nitrates comme les nitrites, l'ammonium et les ortho-phosphates sont déterminés à partir de l'échantillon filtré. Le principe utilisé est la spectrophotométrie d'absorption moléculaire. Pour la détermination des nitrates, le procédé consiste à prélever 50ml de l'échantillon que l'on divise en deux. Ainsi on considère 25 ml de l'échantillon que l'on minéralise en présence de nitra-vert. La lecture des nitrates s'est faite au programme 355 avec une longueur d'onde de 500 nm. Les résultats obtenus doivent être multipliés par le facteur 4,43.

### **Mesure des nitrites :**

#### **Matériel utilisé**

- ✓ Gélule de 10 ml ;
- ✓ Cuve de 10 ml ;

✓ Réactif nitra-vert ;

✓ Bêcher

• **Mode opératoire :**

✓ prélever 2.5 ml de l'échantillon à analyser et y verser 10 ml de réactif nitra-vert ;

✓ temps de réaction 5 mn

✓ régler l'appareil sur le programme 371 et à la longueur d'onde de 507 nm

✓ utiliser le blanc (eau distillée) pour calibrer l'appareil

✓ installer les échantillons à analyser et faire les lectures

**2.1.7. ORTHOPHOSPHATES**

**Objet :**

Ce mode opératoire décrit la détermination de la teneur en orthophosphates des boues par mesure colorimétrique.

**Principe**

L'orthophosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. L'acide ascorbique réduit le complexe, donnant une coloration intense de bleu de molybdène.

La lecture est faite à 880 nm.

**Mode opératoire**

Ce mode opératoire est propre à la méthode 8048 HACH DR/3800.

Mettre le spectrophotomètre en marche.

Appuyer sur "programme HACH".

Sélectionner le programme "490 P React. PV", puis appuyer sur "démarrer".

Remplir le tube test avec 10 ml de l'échantillon.

Ajouter le contenu d'un sachet PhosphaVer3, fermer.

Mettre le chronomètre en marche et agiter pendant deux minutes.

Pendant les deux minutes d'agitation, constituer le blanc en remplissant un autre tube test gradué avec 10 ml de l'échantillon sans y ajouter de réactif puis le fermer.

Essuyer soigneusement les tubes test avec du papier absorbant.

Placer le blanc dans le spectrophotomètre et appuyer sur "zéro".

Le compteur affiche 0.00 mg de  $PO_4^{3-}/L$ .

Retirer immédiatement le blanc et placer l'échantillon préparé.

Appuyer sur la touche "Lire". Le résultat s'affiche directement à l'écran en mg de  $PO_4^{3-}/m/L$ .

### **2.1.8. SULFATES :**

#### **Objet :**

Ce mode opératoire décrit la méthode utilisée pour déterminer la teneur en sulfates des boues par mesure colorimétrique.

#### **Principe**

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif SulfaVer4 et produisent une turbidité due au sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration du sulfate.

Le réactif sulfaVer 4 contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

#### **Mode opératoire :**

Ce mode opératoire est propre à la méthode HACH DR/3800.

Mettre le spectrophotomètre en marche.

Appuyer sur ‘programme Hach.

Sélectionner le programme ‘680 Sulfate ’, puis appuyer sur ‘démarrer’.

Remplir un tube test avec 10 ml de l'échantillon.

Ajouter le contenu d'un sachet SulfaVer4, fermer et agiter pendant quelques instants.

Mettre le chronomètre en marche.

Laisser l'échantillon au repos pendant 5 minutes. Éviter d'agiter le tube pendant ce temps.

Constituer le blanc en remplissant un autre tube test gradué avec 10 ml de l'échantillon sans y ajouter de réactif, puis le fermer.

Essuyer soigneusement les tubes tests avec du Latex pongés.

Placer le blanc dans la cellule de lecture du spectrophotomètre et appuyer sur ‘zéro’ Le compteur affiche 0.000 mg/L de  $SO_4^{2-}$ .

Retirer immédiatement le blanc et placer l'échantillon préparé.

Appuyer sur la touche ‘Lire’. Le résultat s'affiche directement à l'écran en mg/L de  $SO_4^{2-}$ .

Faire la lecture de l'échantillon dans les cinq minutes qui suivent l'alarme de chronomètre.

Microbiologie de l'épuration : caractérisation de la pollution bactérienne

#### **1.2.1. But de la manipulation :**

Le but de la manipulation est de rechercher les bactéries coliformes notamment, les coliformes thermo tolérants et Escherichia coli et les Streptocoques fécaux dans les effluents issus du biodigester dans les ménages en milieu rural.

### **Principe de la manipulation :**

On prélève 90 ml de liquide de Ringer que l'on introduit dans chacun des 4 tubes. Dans le premier tube on y ajoute 10 ml de l'échantillon. On homogénéise en ensuite ce mélange à l'aide du vortex. On réalise ainsi une première dilution. On utilise ensuite un embout de 1000 ml pour reprendre 1ml de la première dilution que l'on introduit dans un deuxième tube. On réalise dans ce cas une deuxième dilution. On prélève ensuite 1ml de cette solution deuxième dilution que l'on introduit dans le troisième tube pour réaliser la troisième dilution. En fin, on réalise la quatrième dilution en prélevant 1ml de la troisième dilution que l'on introduit le quatrième tube.

### **Préparation de milieu de culture :**

On entend par milieu de culture, l'ensemble des composés qui constituent pour le microorganisme une source de nutriment pouvant permettre à ce dernier d'assurer sa croissance.

#### **Milieu Chromocult Aggar :**

Pour préparer ce milieu, on a dans un premier temps pesé 34 g chromocult solide que nous avons introduit dans une fiole de 2L et le tout après homogénéisation porté sur une plaque chauffante à 37° C pendant 45 minutes.

Après refroidissement quelque temps plus tard nous avons coulé la solution dans les boites de pétri pour la recherche des Coliformes fécaux et E. coli.

#### **. Milieu de Slanet-Bartley :**

Dans un premier temps, on pèse 41,4 g de milieu solide de Slanet-Bartley qu'on introduit dans une fiole de 2 L et que l'on porte sur la plaque chauffante à 370°C pendant 45 minutes. Après refroidissement, on ajoute 1ml de solution de TTC avant de couler le liquide dans les boites de pétrie pour rechercher les streptocoques fécaux.

#### **.Matériel utilisé :**

Le matériel utilisé au cours de ces travaux est essentiellement composé :

- ✓ Bouteille avec couvercle contenant les échantillons,
- ✓ Gants,
- ✓ Micropipettes (1000 µL et 100 µL),
- ✓ Cônes pour micropipettes (Embout),
- ✓ Boîtes de pétris,
- ✓ Milieu de Slanetz-Bartley,
- ✓ Flacons pour les prélèvements,
- ✓ Bec bunsen, de pipettes râeaux,
- ✓ tubes de dilution,

- ✓ Portoir de tubes à essai,
- ✓ Béchiers, d'un vortex,
- ✓ Incubateur à 44°C,
  - ✓ Solution de Ringer qui a permis la dilution

### **Mode opératoire :**

Les échantillons ont été dilués à différents degrés ( $10^{-1}$  à  $10^{-4}$ ) afin de permettre une bonne répartition des bactéries. La méthode utilisée pour cette analyse est celle de la dilution.

Pour réaliser ces travaux, nous avons utilisé X boîtes de pétrie pour les différents échantillons dont Y contenant le milieu chromocult pour la recherche des coliformes thermotolérants y compris *Escherichia coli* et Z boîtes de pétrie contenant le milieu Slanetz-Bartley pour la recherche des *Streptocoques fécaux*.

### **Ensemencement et incubation :**

Pour notre analyse, nous avons utilisé la méthode d'ensemencement en surface qui consiste à prélever 1 ml de l'échantillon à l'aide de micropipette calibrée que l'on introduit dans des boîtes de pétrie ; à étaler ensuite l'échantillon sur le milieu de culture (chromocult Agar) et Slanetz-Bartley selon les types de bactéries recherchées à l'aide d'une pipette râteau. Ensuite, les boîtes de pétris sont mises dans l'incubateur à 44°C pendant 24 H pour la recherche des coliformes thermo tolérants y compris *E. coli* ; et à 37°C pendant 48h pour les streptocoques fécaux.

### **Dénombrement des bactéries Coliformes thermotolérants :**

Le dénombrement a été réalisé par comptage direct des colonies de couleur bleue foncée à violacée tandis que les autres coliformes fécaux prennent une coloration rose à rose violacée. Par contre, les streptocoques fécaux sont caractérisés par une couleur rose ou rouge.

### **Streptocoques fécaux :**

Le dénombrement a été réalisé par comptage direct des colonies sur les boîtes de Pétris. Pour les streptocoques fécaux, les colonies sont caractérisées par la couleur rose, rouge. Les résultats sont aussi exprimés en UFC/100 ml d'échantillon.

- La relation qui permet d'évaluer la concentration de ces bactéries est la suivante :

$$N = \frac{n}{d * V} * 100$$

Avec :

N : nombre de colonies (UFC/100mL) ; V : volume d'ensemencement en ml ; d : facteur de dilution ; n : nombre de bactéries comptés avec  $30 < n < 300$

Le calcul du taux d'abattement d'un élément (x) exprimé en % est basé sur la formule suivante :

$$\% \text{ d'abattement (x)} = [(C_i - C_f)/C_i] \times 100.$$

C<sub>i</sub> : concentration initiale de (x) dans la boue brute

C<sub>f</sub> : concentration finale de (x) dans la boue traitée

U = -log (1/R)

R : rendement épuratoire

**Tableau1 : Substrat humain à l'entrée et à la sortie du biodigesteur**

Paramètres	A1	A2	B1	B2	D1	D2	E1	E2	G1	G2	H1	H2
pH	7,8	7,4	7,6	7,4	7,6	7,2	7,8	7,2	7,8	7,4	7,6	7,2
Température °C	29	28	29	29	30	28	29	28	29	28	30	29
MES (mg/L)	943	906	1011	963	926	903	921	808	941	903	913	802
DCO (mg O <sub>2</sub> /L)	960	805	980	890	970	820	710	620	910	850	890	680
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	630	430	700	660	610	460	400	390	660	580	510	460
Nitrites (mg/L)	21,13	18,06	29,01	27,06	22,07	17,04	19,19	20,12	19,09	21,08	17,04	13
Nitrates (mg/L)	91,5	68,4	81,17	65,3	81,07	58,02	94,02	71,1	67	48,9	59,05	56,9
Sulfates (mg/L)	5,003	5,04	6,19	4,02	6,09	6,01	5,004	5,52	6,02	4,28	5,09	4,02
Orthophosphates (mg/L)	29,6	24	36,04	31,15	29,08	28	23,09	26,18	26,01	16,1	34,01	29,07
CF (UFC/100ml)	5E+06	5E+05	3E+06	6E+05	5E+06	5E+05	5E+06	4E+05	5E+06	4E+05	5E+06	5E+05
SF (UFC/100ml)	1E+06	1E+05	1E+06	1E+05	2E+06	1E+05	1E+06	1E+05	1E+06	1E+05	2E+06	1E+05

Tableau 2 : Substrat animal à l'entrée et à la sortie du digesteur

Paramètres	C1	C2	F1	F2	I1	I2	limites
pH	7,8	7,2	7,8	7,2	7,6	7,2	
Température °C	28,5	29	29	30	28	30	<b>18-40</b>
MES (mg/L)	943	806	921	863	926	803	<b>200</b>
DCO(mg O <sub>2</sub> /L)	860	605	890	670	970	620	<b>150</b>
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	630	430	570	550	610	460	<b>50</b>
Nitrites (mg/L)	21,13	18,06	29,01	27,06	22,07	17,04	<b>3</b>
Nitrates (mg/L)	91,5	68,4	81,17	65,3	81,07	58,02	<b>50</b>
Sulfates (mg/L)	5,003	5,04	6,19	4,02	6,01	6,09	<b>600</b>
Orthophosphates	29,6	24	36,04	31,15	28	29,08	<b>5</b>
CF (UFC/100ml)	5E+06	5E+05	5E+06	4E+05	4E+06	4E+05	<b>2000</b>
SF(UFC/100ml)	2E+06	1E+05	1E+06	1E+05	1E+06	1E+05	<b>10000</b>

Parasitologie : caractérisation de la pollution parasitologique des substrats humains et animaux.

### 2.2.1. But :

Le but de la manipulation est de rechercher les protozoaires et les helminthes, dans les effluents issus du biodigesteur dans les ménages en milieu rural. Les protozoaires sont présents dans les eaux usées, les excréta sous forme de kystes, la principale forme pathogène pour l'homme est

*Entamoeba coli*, agents responsables de la dysenterie amibienne.

Quant aux helminthes, ils sont susceptibles d'être trouvés dans les eaux usées, excréta qui sont des parasites d'origine humaine. La plupart de ces parasites sont excrétés dans le milieu sous forme d'œufs et éliminés avec les matières fécales. C'est pourquoi il est nécessaire dans le cadre de ce travail de les rechercher dans les substrats humains et animaux afin de signaler leur présence qui pourrait être un danger pour la population qui utilise les effluents comme fertilisant.

#### **Méthode d'analyse :**

La méthode utilisée pour la recherche des protozoaires et helminthes est la méthode de coprologie qui consiste à :

Pour les petits animaux (mouton, chèvre, porc...), on prélève 3 g de déjection pour 45 ml de NaCl selon la méthode Œuf par gramme(OPG) et méthode de sédimentation. La lecture est faite grâce à la cellule de Mac Master.

Pour les humains, on prélève 2g de matière fécale pour la méthode de Willis et une petite quantité de matière fécale pour étalement, le tout monté entre lame et lamelle et visualisé grâce au microscope optique à l'objectif 10 à 40, c'est la méthode de l'examen direct. Les œufs d'helminthes : ascaris lombricoïde, œuf d'ankylostome et kystes d'amibes dans les substrats humains et Strongles, Ascaris et Paramphistomes dans les substrats animaux. (Voire protocole en annexe pour les différents paramètres recherchés.

### **Illustration de la microbiologie et de la méthanisation**



Figure 1 : un biodigesteur de 6 m3



Figure 2 : latrine à biodigesteur

**Annexe 2 : aspect financier lié à la construction de latrine et biodigesteur**

**Tableau : Devis estimatif et quantitatif d'une latrine à connecter au biodigesteur**

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Ciment	sac	5	6000	30000
Sable	Charrette	5	1000	5000
Tôle	U	2	3500	7000
Chevron	ml	2,5	1000	2500
Fer d'attache	ml	2,5	ff	1000
Pointe	Paquet	1	1000	1000
Sanitaire à la Turc	U	1	15000	15000
Porte (60*180)	U	1	18000	18000
PVC 100	ml	3	1000	3000
Transport	-	-	-	1000
Main d'œuvre	-	-	-	20000
<b>Total</b>				<b>103500</b>

**Le tableau : Devis estimatif et quantitatif d'un biodigester de 6 m<sup>3</sup>**

				<b>NOUVEAU MODELE: FASO BIO15</b>			
N°	DESIGNATION	UNITE	Prix	SUBVENTION		BENEFICIAIRE	
			unitaire	Qté	Prix total	Qté	Prix total
<b>I</b>	<b>MATERIAUX MANUFACTURES ET MAIN D'ŒUVRE QUALIFIEE</b>						
<b>1</b>	<b>Matériaux artificiels</b>						
1,1	Ciment CPA 45	Sac	6 500	0,00	-	10	65 000
1,2	Aciers HA 8	Barre	2 750	0	0	5	13 750
1,3	Fil de fer recuit	Rleau	1 000	1,00	0	1	1000
1,4	Malaxeurs (en option)	U	50 000	0,00	-	1,00	PM
1,5	Peinture Acrylique	Boite	17 500	0,50	8 750	0,00	-
1,6	Ens Matériel de plomberie y compris manomètre	Ens.	44 750	1,00	44 750	FF	
	<b>Sous-total matériaux manufacturés</b>				<b>53 500</b>		<b>79 750</b>
<b>2</b>	<b>Main d'œuvre Qualifiée (Q)</b>						
2,1	Main d'œuvre maçonnerie et plomberie	FF	75 000	1,00	75 000	0,00	-
	<b>Sous-total MO Qualifiée</b>				<b>75 000</b>		<b>-</b>
<b>3</b>	<b>Appareils de fonctionnement</b>						
3,1	Ens. lampe et réchaud à gaz	FF	31 500	1	31 500	0,00	-
	<b>Sous-total Appareils de fonctionnement</b>				<b>31 500</b>		<b>-</b>
	<b>SOUS-TOTAL MATERIAUX MANUFACTURES ET MOQ</b>				<b>160 000</b>		<b>79 750</b>
<b>II</b>	<b>MATERIAUX LOCAUX ET MAIN D'ŒUVRE NON QUALIFIEE</b>						
<b>1</b>	<b>Matériaux locaux</b>						
1,1	Sable (fin et mélange)	Ch.	1 000	0,00		10	10 000
1,2	Gravier quartz ou gravillon	Ch.	1 000	0,00		2	2 000
1,3	Cailloux sauvage (moellon)	Ch.	1 000	0,00		0	0
1,4	Bousse pour chargement initial	Ch.	1 000	0,00		10	PM
	<b>Sous-total matériaux locaux</b>					<b>-</b>	<b>12 000</b>
<b>2</b>	<b>Main d'Œuvre Non-Qualifiée</b>						
2,1	Exécution fouilles pour digesteur, regard de visite, bassin de sortie et puits de compostage	m3	1 500	0,00		20	30 000
2,2	Exécution fouille en rigole pour réseau de plomberie	ml	250	0,00		24	6 000
2,3	Confection de parpaings	Sac	1 000	0,00		4	4 000
2,4	Personnel de soutien à la construction du biodigester	Hjr	1 000	0,00		14	14 000
	<b>Sous-total frais de main d'œuvre NQ</b>					<b>-</b>	<b>54 000</b>
	<b>SOUS-TOTAL MATERIAUX LOCAUX ET Main d'Œuvre Non Qualifié*</b>					<b>-</b>	<b>66 000</b>
	<b>Subvention nette au bénéficiaire (en espèces)*</b>				<b>75 000</b>		
	<b>Subvention en nature (points 1.5 1,6 et 3.1)</b>				<b>85 000</b>		
	<b>SUBVENTION TOTALE DU PROGRAMME</b>				<b>160 000</b>		
	<b>TOTAL DE L'APPORT DU BENEFICIAIRE EN VALEUR FINANCIERE</b>						<b>145 750</b>
		<b>F CFA</b>					<b>305 750</b>
	<b>COUT GLOBAL DE L'INVESTISSEMENT</b>	<b>EUROS</b>					<b>466</b>

### Annexe 3 : Fiche d'enquête

#### QUESTIONNAIRE ENQUETE

Date : ...../...../2016 – Fiche N°: .....Nom de l'enquêteur.....

PROGRAMME NATIONAL DE BIODIGESTEURS DU BURKINA FASO

#### I. CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES

1. Nom et prénom

2. Sexe

1. Masculin       2. Féminin

3. Age

4. Niveau d'étude

1. Coranique       2. Primaire     3. Secondaire     4. Alphabétisé(e)

5. Religion

1. Musulmane     2. Chrétienne     3. Animiste

6. Taille de ménage

7. Nombre Homme

8. Nombre femme

#### II. CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES

11. Quel type de latrine utilisez-vous ?

1. Moderne       2. Traditionnelle       3. Autres

12. Comment avez-vous eu l'information sur le biodigesteur ?

1. Radio     2. Maçon     3. Superviseur     4. Autres

13. Votre latrine est-elle connectée au biodigesteur ?

1. Oui       2. Non

14. Pourquoi ?

15. Comment avez-vous fait pour acquérir le biodigesteur ?

1. Financement personnel       2. Appui d'un partenaire       3. Prêt

16. Le biodigesteur a-t-il été utile pour vous ?

1. Oui       2. Non

17. La technologie contribue-t-elle à l'amélioration votre condition d'hygiène ?

1. Contribue       2. Ne contribue pas

18. Pourquoi ?

19. Comment appréciez-vous le coût de l'ouvrage?

1. Abordable  2. Non Peu abordable

20. Pourquoi ?

21. Quelle source d'énergie utilisez-vous ?

1. Biogaz2.  Bois de chauffe  3. Autres

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

22. Depuis combien de temps avez-vous le biodigesteur ?

1. Un an  2. Deux ans  3. Plus

### III. CARACTERISTIQUES SOCIOCULTURELLES

23. Votre opinion sur la technologie de biodigesteur (Avis)

24. Accepterez-vous le biogaz produit à partir du biodigesteur connecté aux latrines ?

1. Acceptation  2. Non acceptation

25. Pourquoi ?

26. Accepterez-vous l'engrais produit à partir du biodigesteur à latrine ?

1. Oui engrais  2. Non pour engrais

27. Pourquoi ?

28. Acceptez-vous aliments amendés par l'effluent ?

1. Acceptation.  2. Non acceptation

### IV. IMPACTS DU BIODIGESTEUR CONNECTE AUX LATRINES DANS LES MENAGES

29. Ya-t-il des avantages à utiliser le biodigesteur connecté aux latrines sur l'environnement?

1. Avantage  2. Sans avantage

30. Pourquoi ?

31. Votre ouvrage dégage-t-il d'odeur ?

1. Oui  2. Non

32. Avez-vous eu des plaintes des riverains ?

1. Oui                       2. Non

33. Quelle stratégie mettez-vous en place pour limiter les odeurs ?

34. Ya-t-il des avantages sur le revenu des ménages en utilisant le biodigesteur ?

1. Oui                       2. Non

35. Pourquoi ?

36. Appréciez-vous l'apport de la technologie sur la production agricole ?

1. Appréciation                       2. Non appréciation

37. A quoi sert L'énergie produite à partir de latrines connectées au biodigesteur ?

1. Cuisine     2. Éclairage     3. Autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

38. Appréciez-vous la quantité d'énergie produite ?

1. suffisante     2. Pas suff     3. Autres

39. Pourquoi ?

40. Qui entretien l'ouvrage ?

1. Ménage                       2. PNB                      3. Autres

41. Avez-vous des solutions à proposer pour l'amélioration du fonctionnement de la technologie ?

42. Avez-vous des suggestions à faire au PNB-BF pour mieux réussir ?