



ETUDE DE FAISABILITE DE LA MISE EN PLACE D'UNE STATION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DE LA VILLE DE HOUNDE AU BURKINA FASO

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE
DE

MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

SPECIALITE EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 1^{er} Juillet 2019 par

Bintou SYLLA (20150121)

Directeur de mémoire : Pr Mariam DAKOURE/SOU, Maitre de Conférences, 2iE

Encadrant 2iE : Dr Seyram SOSSOU, Maître Assistant, 2IE

Maître de stage : Mme Shurstine SOME/DAGBA, Conseillère Technique, PEA/GIZ

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Yacouba KONATE

Membres et correcteurs : Dr Tadjouwa KOUAWA

Dr Seyram SOSSOU

Promotion [2017/2018]

REMERCIEMENTS

Pour ma formation durant ces années d'étude supérieure, je remercie toute l'équipe de la direction de 2iE, ainsi que tous les enseignants qui nous partagent leur savoir.

J'adresse mes sincères remerciements à :

- Professeur **Mady KOANDA**, Directeur Général de 2iE ;
- Docteur **Harinaivo Anderson ANDRIANISA**, Chef du département Eau et Assainissement,
- Professeur **Yacouba KONATE**, Chef de Laboratoire Eaux, Hydro-systèmes et Agriculture de 2iE
- Professeur **Mariam DAKOURE/SOU**, Maitre de Conférences à 2iE
- Docteur **Seyram SOSSOU** mon encadreur, pour son entière disponibilité malgré ses nombreuses obligations quotidiennes, ses précieux conseils et remarques pertinentes qui m'ont permis d'aboutir à ce résultat.
- Madame **Shurstine SOME/DAGBA** Conseillère Technique du PEA/GIZ qui a assuré le co-encadrement scientifique et administratif de cette étude pour son soutien permanent, son amour pour le travail bien fait et ses apports. Elle a été un guide et un exemple à suivre pour moi ;
- Monsieur **Wilhelm KOHLMUS**, Conseiller Technique Principal du Programme Eau Potable et Assainissement pour cette opportunité de stage au sein du programme ;
- Monsieur **Dissan Boureima GNOUMOU**, Maire de la commune de Houndé pour son bon accueil au sein de la mairie ;
- Monsieur **Maxime BAKO**, Secrétaire General de la mairie et Monsieur **Famara TRAORE**, technicien communal pour leur soutien et aide ;
- Monsieur **Moustapha OUEDRAOGO** et Monsieur **Noel TINDOURE**, pour leur soutien technique et leurs disponibilités au cours des analyses au laboratoire.
- Tout le personnel du PEA/GIZ et de la mairie de Houndé pour l'accueil, l'hospitalité et les bonnes conditions de travail dont j'ai eu droit tout au long de ce stage.

Je remercie enfin **Nadine TONI**, **Raïssa TAKO** et **Jakudel MBAINAISSEM** pour leur soutien et leur contribution à la réalisation de ce mémoire.

RESUME

La gestion des boues de vidange est une problématique majeure de santé et d'hygiène publique pour les villes des pays en voie de développement notamment la ville de Houndé. La présente étude a pour objectif général de contribuer à l'élaboration d'un plan de gestion durable des boues de vidange de la commune Houndé. Un état des lieux a été fait afin de décrire le système actuel de collecte et d'évacuation des boues en effectuant des entretiens directifs et semi-directifs. Les boues ont été quantifiées avec la méthode de la production spécifique et la méthode basée sur le comptage des camions respectivement au niveau des ménages et de la mine de Houndé. Les paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques ont été analysés. Une technologie de traitement a été choisie avec la méthode d'analyse multicritère et une analyse financière a été également faite afin d'identifier les coûts liés à la construction de la station de traitement. Les principaux résultats ont montré que les boues de vidange sont gérées de manière autonome dans deux types d'ouvrages : les latrines traditionnelles (84%) et les latrines VIP (16%). La collecte des boues est assurée par des vidangeurs manuels et le coût de la vidange varie entre 5000 et 20 000 FCFA. Les boues sont déversées à côté des concessions avant d'être acheminées dans les champs sans aucun traitement. Les acteurs clés intervenant dans la gestion des boues de vidange sont : la mairie, les vidangeurs manuels et l'ONEA. Les valeurs moyennes des paramètres analysées sont très élevées par rapport aux normes de rejet fixées par le Burkina Faso. La production annuelle de boues est estimée à 8 681.24 m³. La solution de traitement retenue est le biodigesteur suivi d'un traitement du surnageant par lagune. Le coût de réalisation de la station de traitement est estimé à 77 623 439 FCFA et la surface nécessaire est de 2437.27 m².

Mots Clés :

- 1- Biodigesteur
- 2- Boues de vidange
- 3- Gestion
- 4- Houndé
- 5- Station de traitement

ABSTRACT

Faecal sludge management is a major problem of health and public hygiene for the cities in developing countries such as the city of Houndé. The general objective of this study is to contribute to the development of a sustainable management plan for faecal sludge in the Houndé municipality. The current faecal sludge management was described by semi-structured surveys and interviews. Faecal sludge was quantified using the specific production method and the truck count method at the household and Houndé mines respectively. Physicochemical, bacteriological and parasitological parameters were analyzed. Treatment technology was chosen using the multicriteria analysis method and a financial analysis was also done to identify the costs associated with the treatment plant. The main results showed that faecal sludge is managed autonomously in two types of latrines: traditional latrines (84%) and double ventilated improved pit (16%). The desludging is manual and the emptying fee varies between 5000 and 20 000 FCFA. The faecal sludge is dumped next to the concessions before being transported to the fields without any treatment. The main stakeholders involved in the faecal sludge management are: the town hall, the manual operators and ONEA. The average values of the parameters analyzed are very high compared to discharge quality standards set by Burkina Faso. The annual sludge production is estimated at 8,681.24 m³. The treatment solution chosen is biodigester followed by a treatment of the supernatant by lagoon. The construction cost of the treatment plant is estimated at 77 623 439 FCFA and the necessary surface is 2437.27 m².

Keywords :

- 1- Biodigester
- 2- Faecal sludge
- 3- Management
- 4- Houndé
- 5- Treatment plant

LISTE DES ABBREVIATIONS

2iE	: Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEUE	: Programme National d'Assainissement des Eaux Usées et Excreta
BV	: Boues de Vidange
CF	: Coliformes Fécaux
DBO₅	: Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours
DCO	: Demande Chimique en Oxygène
EAWAG	: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
GBV	: Gestion de Boues de vidange
GIZ	: Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
HGO	: Houndé Gold Opération
LEHSA	: Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture
MATD	: Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation
MS	: Matières Sèches
MV	: Matières volatiles
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONEA	: Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PCD	: Plan Communal de Développement
PEA	: Programme Eau potable et Assainissement
PN-AEPA	: Programme National d'Alimentation en Eau Potable et d'Assainissement
PSA	: Plan Stratégique d'Assainissement
PTF	: Partenaires Techniques et Financiers
SF	: Streptocoques Fécaux
STBV	: Station de Traitement des Boues de Vidange
TRI	: Taux de Rendement Interne
VAN	: Valeur Actualisée Nette
VIP	: «Ventilated Improved Pit»

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
RESUME.....	ii
ABSTRACT	iii
LISTE DES ABBREVIATIONS	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES	ix
I. INTRODUCTION	1
II. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Définitions de quelques mots et concepts	3
2. Problématique de la gestion de boues de vidange en Afrique subsaharienne	3
3. Gestion des boues de vidange au Burkina Faso	4
3.1. Cadre réglementaire de la gestion des boues de vidange	4
3.2. Cadre institutionnel	5
4. Généralités sur la filière de gestion de boues de vidange	6
4.1. Ouvrages de production des boues	6
4.2. Collecte et transport	6
4.3. Traitement et Valorisation.....	7
5. Quantification et caractérisation des boues de vidange	8
6. Sélection de la filière de traitement	11
7. Sélection du site de traitement	12
III. MATERIEL ET METHODES	12
1. Présentation de la zone d'étude	12
2. Etat des lieux de la gestion des boues de vidange	14
2.1. Revue documentaire	14
2.2. Entretien semi-directif.....	14
2.3. Entretien directif.....	14
2.4. Echantillonnage	15
2.5. Caractérisation des acteurs	15
2.6. Flux des matières fécales.....	16
3. Quantification des boues de vidange.....	16
3.1. Au niveau de la ville de Houndé	16

3.2. Au Niveau de la mine Houndé Gold Opération	17
4. Caractérisation des boues de vidange.....	17
4.1. Echantillonnage et prélèvement des boues de vidange	17
4.2. Analyses physico-chimiques et microbiologiques	19
5. Etude technique de la mise en place d'un système de traitement des boues de vidange	20
5.1. Choix du site de traitement des boues de vidange	20
5.2. Choix de la filière de traitement.....	20
5.3. Dimensionnement de la station de traitement.	22
5.4. Estimation du volume du Biogaz	28
6. L'analyse financière de la filière de traitement.....	28
IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS	29
1. Etat des lieux de la gestion des boues de vidange à Houndé	29
1.1. Ouvrages de production de boues	29
1.2. Collecte et transport des boues de vidange	30
1.3. Traitement et valorisation.....	32
1.4. Flux des matières fécales.....	32
1.5. Acteurs impliqués dans la gestion des boues de vidange à Houndé	33
1.6. Analyse des forces et faiblesses de la gestion des boues de vidange à Houndé.....	35
2. Proposition d'amélioration de la gestion des boues de vidange.....	38
2.1. Schéma optimisé de la gestion des boues de vidange	38
2.2. Interaction des acteurs dans le schéma proposé	40
3. Quantification des boues de vidange.....	44
3.1. Au niveau de la ville de Houndé	44
3.2. Au niveau de la mine Houndé Gold Operation	44
4. Caractéristiques des boues de vidange	44
5. Etude technique de la mise en place d'un système de traitement des boues de vidange	48
5.1. Caractéristiques du site de traitement.....	48
5.2. Choix du système de traitement des boues de vidange	48
5.3. Dimensionnement de la filière de Traitement	50
6. Etude financière de la mise en place de la station de traitement et valorisation des BV	56
6.1. Coût d'investissement	56
6.2. Charges d'exploitation	57
6.3. Recettes	57

6.4. Sources de Financement.....	58
6.5. Flux financiers.....	58
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	60
BIBLIOGRAPHIE	62
VI. ANNEXES	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Critères de sélection de la filière de traitement des boues de vidange selon Strande et al. (2014)	11
Tableau II: Critères de choix d'une option de traitement (Klingel et al., 2002).....	12
Tableau III: Répartition des échantillons au niveau des ménages	18
Tableau IV: Répartition des échantillons au niveau des lieux publics.....	18
Tableau V: Méthodes d'analyse des paramètres.....	20
Tableau VI: Pondération des critères de sélection de la filière de traitement	21
Tableau VII: Formules de dimensionnement du dégrilleur.....	22
Tableau VIII: Hypothèses et Formules de dimensionnement du biodigesteur	23
Tableau IX: Paramètres de dimensionnement du bassin anaérobie	24
Tableau X: Formules de dimensionnement du bassin facultatif	25
Tableau XI: Hypothèses et formules de dimensionnement du bassin de maturation.....	26
Tableau XII: Hypothèses et formules de dimensionnement de l'aire de stockage	28
Tableau XIII: Classification des acteurs de la GBV	35
Tableau XIV: Analyse des forces et faiblesses de la GBV	37
Tableau XV: Implication des acteurs la GBV optimisée	41
Tableau XVI: Rôles et responsabilités des acteurs	42
Tableau XVII: Quantification des boues au niveau des ménages	44
Tableau XVIII: Quantification des boues au niveau de la mine HGO.....	44
Tableau XIX: Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des BV	45
Tableau XX: Notation des critères de sélection de la filière de traitement.....	49
Tableau XXI: Dimensions du dégrilleur	51
Tableau XXII: Dimensions du biodigesteur.....	52
Tableau XXIII: Dimensions du bassin Anaérobie	52
Tableau XXIV: Dimensions du bassin facultatif	53
Tableau XXV: Dimensions du bassin de maturation	54
Tableau XXVI: Dimensions de l'aire de stockage du digestat	55
Tableau XXVII: Estimation de la quantité de biogaz	56
Tableau XXVIII: Estimation des Coûts en FCFA de la réalisation de la STBV	56

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Synthèse des technologies de traitement des BV (Klingel et al., 2002)	8
Figure 2: Présentation de la zone d'étude	13
Figure 3: (a) Mesure de la profondeur, (b) prélèvement de la boue (c) Renversement dans le seau, (d) transvasement dans le bocal plastique	19
Figure 4: Taux de couverture et typologie des ouvrages de production des boues.....	30
Figure 5: Fréquence de vidange des boues.....	31
Figure 6: Appréciation du coût de la vidange manuelle.....	31
Figure 7: Pratique de la vidange manuelle à Houndé.....	32
Figure 8: Diagramme de flux des boues de vidange	33
Figure 9: Schéma actuel de la GBV	39
Figure 10: Schéma proposé pour l'amélioration de la GBV	39
Figure 11: Interaction des acteurs dans la GBV optimisée	40
Figure 12: Localisation du site d'implantation de la STBV	48
Figure 13: Présentation de la station de traitement des boues de vidange	51
Figure 14: Flux financiers entre les différents acteurs	59

I. INTRODUCTION

L'assainissement collectif dans les pays en voie de développement est rare ou marqué par une mauvaise gestion. En effet, les réseaux d'assainissement collectif représentent des investissements très importants et sont délicats à entretenir et à gérer. Les efforts en matière d'assainissement se sont donc concentrés vers l'assainissement autonome à travers l'équipement des ménages en latrines (Rochery et al., 2012). Dans plus de 90 % des villes des pays en développement, les populations utilisent principalement des latrines ou des fosses septiques pour la gestion des excréta et des eaux usées (Mbégué et al., 2011). Ces pratiques d'assainissement sont de réelles sources de production de boues. Si ces boues ne sont pas collectées régulièrement, transportées et traitées dans une station de traitement, elles peuvent causer de graves nuisances à l'environnement et à la santé publique (Klingel et al., 2002).

Au Burkina Faso, L'accès à l'assainissement autonome représente un enjeu important. Plusieurs projets et programmes de développement ont vu le jour mais beaucoup se sont focalisés sur la réalisation des latrines. Cela se remarquait déjà dans l'objectif du millénaire pour le développement (OMD, 2000-2015) sur l'accès à l'assainissement, qui s'était focalisé principalement sur la réduction du taux de défécation à l'air libre par l'augmentation du nombre de latrines dans les ménages. Or, la construction de latrines n'est pas suffisante pour éloigner le péril fécal des habitats. C'est pourquoi l'Objectif 6 des Objectifs du Développement Durable (ODD, 2015-2030) s'est focalisé non seulement sur l'accès aux toilettes mais aussi sur la gestion durable de l'assainissement. Afin de mieux répondre aux objectifs du Développement Durable, le Burkina Faso s'est doté d'un Programme National d'Assainissement des Eaux Usées et Excreta (PN AEUE 2030). Ce programme met l'accent sur la construction d'ouvrages couplée à une gestion des boues de vidange à travers son action 5 et son objectif spécifique 3. Cette gestion de boues de vidange stipule une collecte des boues produites, leur acheminement vers les sites autorisés en vue de leur traitement.

Ainsi dans le but d'atteindre les objectifs fixés par le PN-AEUE, le Burkina Faso veut se doter de tous les moyens nécessaires et des partenariats internationaux pour relever ce défi. C'est dans ce cadre que s'inscrit le Programme Eau potable et Assainissement (PEA) piloté par la GIZ (organisme agissant dans le cadre du partenariat bilatéral Burkina-Allemagne). Ce programme est mis en œuvre dans six communes de trois régions dont la région des Hauts Bassins dans laquelle se trouve la commune de Houndé où il n'existe pas un système adéquat d'évacuation et de traitement des eaux usées et excréta. C'est dans ce cadre que le PEA- GIZ appuie la commune de Houndé à aboutir à une stratégie municipale de gestion durable et

efficace des boues de vidange et de mettre en place un système de traitement adéquat des boues de vidange d'où s'inscrit le thème proposé pour cette étude.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'élaboration d'un plan de gestion durable des boues de vidange de la ville de Houndé. Il s'agit spécifiquement de :

- faire un état des lieux de la gestion des boues de vidange ;
- quantifier et caractériser les boues de vidange ;
- faire une étude technique de la mise en place d'une station de traitement;
- faire une étude financière de la mise en place d'une station de traitement.

Le présent document est structuré en trois parties (03) : la première partie présente une revue bibliographique sur la gestion des boues de vidange, la deuxième partie traite de la méthodologie adoptée et la troisième partie présente les différents résultats obtenus.

II. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définitions de quelques mots et concepts

Assainissement autonome : ensemble des dispositifs à mettre en œuvre pour le traitement et l'élimination des eaux usées domestiques qui ne peuvent être évacuées par un système d'assainissement collectif en raison de la faible densité des habitants.

Boues de vidange : mélange de matières fécales et d'urine de consistance variable collectées par des systèmes d'assainissement non raccordés au réseau d'égouts (latrines, fosse septiques, toilettes publiques (Montangero et al., 2002). Ils désignent les boues fraîches (ou partiellement digérées) ou solides résultant du stockage des eaux vannes ou excreta et provenant des systèmes d'assainissement autonome tels que les fosses septiques, les latrines à eau (Klingel et al., 2002). Les boues sont composées de matières décantables et de matières flottées.

DEWATS (Decentralised Wastewater treatment systems) : Ce sont des systèmes de traitement décentralisé basés sur un ensemble de principes de traitement sélectionnés pour leur fiabilité, leur longévité, leur souplesse, et leur tolérance vis-à-vis des variations de charges entrantes, et par-dessus tout, ne nécessitant pas de système sophistiqué de contrôle et d'entretien (Sasse, 1998).

Gestion des boues de vidange : manière de gérer le contenu des fosses des ouvrages autonomes. La filière de GBV peut être subdivisée en trois parties : en amont de la filière avec les ouvrages d'assainissement et la production de boues, puis la collecte et le transport et en aval le traitement et la valorisation.

Latrines : ouvrages de stockage matières fécales en vue de leur digestion et de leur évacuation hygiénique.

2. Problématique de la gestion de boues de vidange en Afrique subsaharienne

L'assainissement autonome est le mode d'assainissement à la portée de la majorité des populations de l'Afrique subsaharienne, plus de 80% des habitations dans les grandes villes et jusqu'à 100% dans les villes moyennes sont équipées d'installations d'assainissement autonome (Strauss et al, 2000). Ce mode d'assainissement produit un véritable gisement de boues qu'il faut gérer. La grande majorité de la population pour la vidange des fosses se débrouille par elle-même ou fait appel à des vidangeurs manuels ou des opérateurs de la vidange mécanique qui travaillent dans des conditions précaires et non régulées. les boues vidangées sont déversées de façon non règlementée dans l'espace public (rues, espaces non bâtis) ,

périphéries des agglomérations (Koanda, 2006) ou par jet dans un cours d'eau ou abandon dans la cour (Mindele, 2016). Certains ménages par contre, qui ne peuvent pas se payer les services des vidangeurs, profitent malheureusement de la tombée des grosses pluies pour vider leurs fosses, mélangeant par conséquent les boues avec les eaux pluviales ((Mindele, 2016). Ainsi déversés, ces boues de vidange sont à l'origine d'une recrudescence des maladies infectieuses au sein des populations riveraines de même qu'elles sont responsables des dégradations environnementales (Montangero et al., 2002). Les populations les plus touchées sont les populations défavorisées et vulnérables parce que les décharges sauvages sont souvent situées à proximité de leurs habitations. De façon générale, le traitement des boues est quasiment inexistant et rare sont les villes qui disposent de sites de dépotage respectant les normes de rejets. Le dépotage clandestin reste répandu sur tout le continent africain.

3. Gestion des boues de vidange au Burkina Faso

3.1. Cadre réglementaire de la gestion des boues de vidange

Au niveau national, des lois encadrent la gestion des BV. Ces lois et leurs décrets d'application portent principalement sur les obligations des propriétaires en matière d'assainissement des eaux usées et des excréta, sur la gestion des boues de vidange, les normes de rejet, les normes de qualité des sous-produits de vidange utilisés en agriculture, les procédures à respecter pour la construction de centres de traitement de boues. Il s'agit :

- La Loi n° 23/14/ADP portant Code de la santé publique;
- La Loi n°002-2001/an portant Loi d'orientation relative à la gestion de l'eau ;
- La Loi n° 055-2004/an portant Code Général des Collectivités Territoriales au BF;
- La Loi ° 022 – 2005 / AN du 24 mai 2005 portant Code d'Hygiène Publique ;
- La loi n°17-2006/AN du 18 mai 2006 portant Code de l'urbanisme et de la construction;
- La Loi n° 06 – 2013 / AN du 02 Avril 2013 portant Code de l'Environnement.

Au niveau de la commune de Houndé, il existe un cadre réglementaire encadrant la gestion des boues de vidange. On peut citer :

- L'arrêté N° 2008-004/CUHND/PTUY portant réglementation de l'hygiène publique relative aux ordures ménagères dans la ville de Houndé.
- L'arrêté N° 2018-11/MATD/RHBS/PTUY/CHND/M/SG portant réglementation de la propreté dans la ville de Houndé.

3.2. Cadre institutionnel

Les acteurs intervenant dans la GBV au Burkina Faso sont des structures institutionnelles étatiques et des structures institutionnelles autonomes. Les Structures institutionnelles étatiques sont :

- Ministère de l'eau et de l'assainissement: leur rôle et leurs responsabilités sont d'élaborer les politiques et la réglementation en matière d'assainissement (cadre institutionnel, objectifs et stratégies, instruments et mécanismes financiers) et d'assurer leur mise en œuvre et leur suivi en matière de protection de l'environnement et d'amélioration du cadre de vie.
- L'ONEA : leur rôle est l'élaboration d'un plan stratégique d'assainissement des eaux usées et excréta de la ville, de mettre en œuvre la politique du gouvernement par la fourniture du service, la gestion des systèmes collectifs et la mobilisation des financements. L'ONEA assure aussi la collecte et la gestion d'une taxe d'assainissement lui permettant de financer les activités de planification et les installations d'assainissement collectif et autonome.
- Les communes : elles ont la mission d'assurer l'hygiène et la salubrité publiques dans la commune en élaborant des textes réglementaires locaux en concordance avec les politiques nationales, et en assurant l'organisation et la gestion de l'assainissement au sein de la commune.

Les Structures institutionnelles autonomes sont :

- Les Prestataires de service de vidange : Ils sont actifs dans la construction des ouvrages, la vidange des latrines, la collecte et le transport des boues, la gestion de station de traitement des boues.
- Les ONG et associations : elles sont en général actives dans le marketing social (sensibilisation des populations aux pratiques d'hygiène) et la promotion des technologies alternatives à faible coût.
- Les ménages : ce sont les principaux demandeurs du service d'assainissement ; par leurs comportements et capacités à payer, ils définissent le type de service à développer.
- Les agriculteurs: les agriculteurs et maraichers sont la plupart ceux qui réutilisent les produits de vidange soit à la forme brute (provenant directement des fosses) soit les produits préalablement traités.

4. Généralités sur la filière de gestion de boues de vidange

4.1. Ouvrages de production des boues

Les boues sont produites au niveau des ouvrages d'assainissement autonome. Ces ouvrages sont disposés dans les ménages et les lieux publics (marchés, écoles, etc...). Les ouvrages de production de boues sont :

- **Latrine traditionnelle à fosse sèche** : elle est composée d'une simple fosse de 80 à 90 cm de diamètre, profonde de 3 à 5m, recouverte par une dalle possédant un trou de défécation et d'une cabine pour assurer l'intimité. Ce type de latrine produit des boues très compactes difficilement aspirables par un camion de vidange (Koanda, 2006).
- **Latrine à fosses ventilées (VIP) ou latrine améliorée** : elle possède une superstructure, une toiture et une cheminée d'aération. L'urine, l'eau d'entretien de la dalle sont admises dans la fosse. Mais doivent être utilisées en quantité minimum pour garder la fosse sèche. Les matériaux biodégradables et pas très encombrants utilisés pour le nettoyage anal peuvent être également admis dans la fosse
- **Toilettes à chasse manuelle (TCM)** : elle est constituée d'une superstructure, d'une dalle portant une cuvette de défécation et un siphon relié à la fosse à l'aide d'une conduite. La fosse est décalée de la cuvette au moyen d'un bout de tuyau ou d'une rigole couverte qui les relie l'une à l'autre. Les excréta sont évacués avec de l'eau versée à la main.
- **Fosse septique** : C'est une fosse dont les parois sont complètement étanches. Elle reçoit uniquement les eaux vannes (sanitaires). Parfois en plus des eaux vannes, les fosses peuvent recevoir les eaux ménagères (cuisine, lavage) : on parle dans ce cas de fosses toutes eaux

4.2. Collecte et transport

La vidange des boues dans les pays en développement se fait actuellement en utilisant trois options technologiques: la vidange mécanique, la vidange semi-mécanique et la vidange manuelle (Mindele, 2016).

- **La vidange mécanique** : elle utilise un engin muni d'un moteur pour fournir la puissance requise afin de tirer les boues se trouvant dans la fosse. Elle fait appel à l'utilisation des camions vidangeurs. Ce type de vidange est assuré par des entreprises publiques et privées pour la plupart (Koanda, 2006).

- La vidange semi-mécanique : son principe est tel qu'une force manuelle est appliquée mais un mécanisme enlève les boues. La vidange semi mécanique résout les problèmes d'accessibilité rencontrés en vidange mécanique où les camions de grand calibre ont des difficultés de passer dans des ruelles qui se rencontrent dans les quartiers non planifiés des pays en développement (Mindele, 2016).
- La vidange manuelle : elle consiste à vider « manuellement » la fosse des latrines. elle est pratiquée par les vidangeurs manuels ou les membres de la famille du propriétaire de l'ouvrage vidangé, ou par des petits opérateurs privés qui travaillent de manière informelle. Les vidangeurs manuels travaillent avec du matériel rudimentaire comme la pelle et le seau (Koanda, 2006). Cette vidange présente des risques sanitaires élevés tant pour les vidangeurs que pour les habitants de la parcelle vidangée et les ménages environnants étant donné que les boues vidangées sont dépotées pour la plupart des cas clandestinement (Klingel et al., 2002).

4.3. Traitement et Valorisation

Le choix d'une technologie de traitement des BV dépend principalement des caractéristiques des boues générées ainsi que des objectifs de traitement (réutilisation agricole, mise en décharge des biosolides ou déversement des liquides traités dans des cours d'eaux récepteurs) (Koné et Strauss, 2004). Cependant le manque d'entretien et le sous dimensionnement des ouvrages, ainsi que le choix non judicieux des options techniques ont transformé la plupart de des stations de traitement qui existent en simples sites de dépotage ou de transit vers les cours d'eau et la mer (Mindele, 2016). La figure 1 présente les options de traitement adaptées pour les pays en voie de développement :

(b) Digestion anaérobie avec production de biogaz : la digestion des BV avec production de biogaz peut être une option intéressante s'il existe un potentiel d'écoulement du biogaz. Seules les BV fraîches (issues de toilettes publiques par ex.) se prêtent mieux à la production de biogaz.

(c) Décanteur-digesteur : le décanteur digesteur peut être utilisé pour la décantation et la digestion simultanée des BV insuffisamment stabilisées. Il peut être utilisé quand les conditions ne sont pas favorables au fonctionnement d'un digesteur avec production de biogaz et quand le site n'offre pas suffisamment d'espace pour des étangs de stabilisation.

(d) Bassins de sédimentation/épaississement : les bassins de sédimentation conviennent au traitement des BV partiellement stabilisées comme celles provenant de fosses septiques ou de la plupart des autres systèmes d'assainissement.

(e) Etangs de sédimentation/stabilisation : les étangs de sédimentation/stabilisation peuvent servir au traitement primaire des BV lorsque la station dispose de suffisamment d'espace et que les BV sont fraîches.

(f) Lits de séchage non plantés : les lits de séchage sont constitués d'un filtre à gravier/sable équipé d'un système de drainage. Ils peuvent être utilisés en première ou en deuxième étape de traitement pour la déshydratation des boues décantées issues de systèmes de sédimentation comme ceux décrits en b), c), d) et e). Les lits de séchage ne peuvent accueillir les BV fraîches non diluées (mauvaise déshydratation, odeurs).

(g) Lits de séchage plantés (filtres plantés) : les lits plantés à écoulement vertical sont des lits de séchage à filtre de sable et de graviers drainés dans lesquels croissent des plantes marécageuses. Les lits de séchage plantés sont préconisés lorsqu'une valorisation agricole est envisagée.

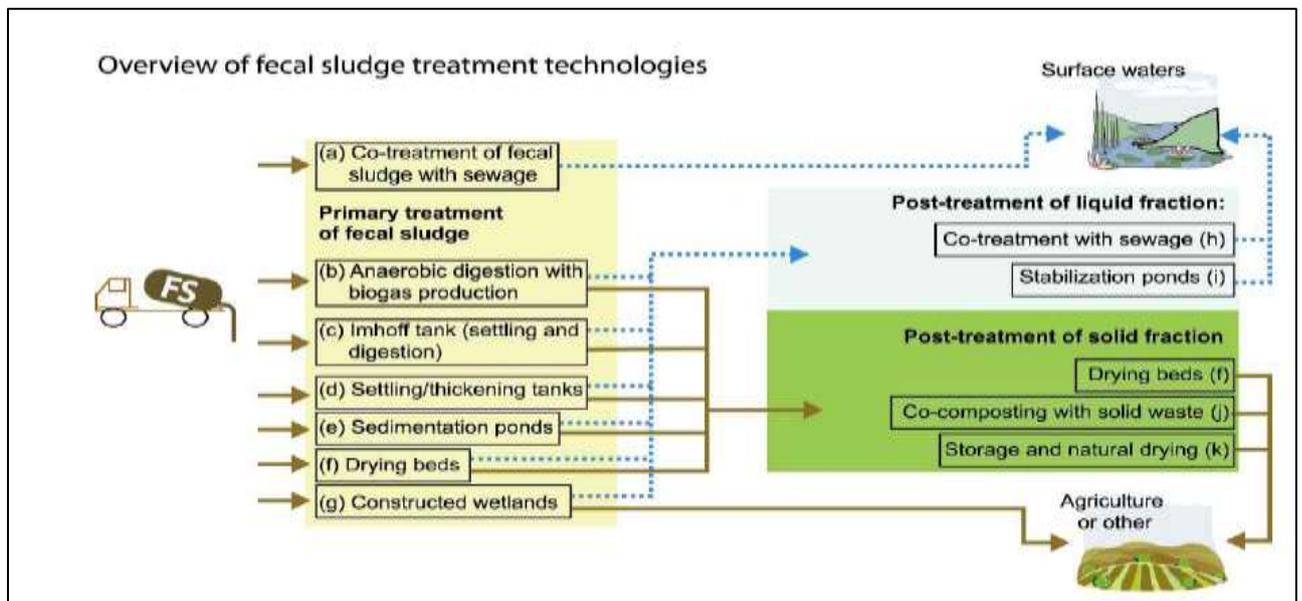


Figure 1: Synthèse des technologies de traitement des BV (Klingel et al., 2002)

5. Quantification et caractérisation des boues de vidange

La connaissance des caractéristiques des boues de vidange est primordiale pour le choix et la conception de systèmes de traitement performants et durables (Strauss et al., 2000). Les BV sont des matières dangereuses et toxiques contenant des pathogènes, des odeurs nauséabondes et sont de véritables sources de pollution des eaux souterraines et de surface. Selon Koné et Strauss (2004), les concentrations de substances polluantes contenues dans ces matières sont 10 à 100 fois plus élevées que dans les eaux usées municipales. Les caractéristiques des boues varient selon le climat, les types de toilettes, la durée de stockage, le mode de vidange

(Montangero et al., 2002). Ces caractéristiques varient même à l'intérieur d'une commune. Par conséquent pour obtenir des résultats significatifs, Klingel et al. (2002) recommande un intervalle de 30 à 50 échantillons car selon lui un échantillonnage de moins de 30 échantillons donnera des tendances plutôt que les résultats. Quant à Dinepa (2012), il recommande au moins 30 échantillons. Il faut noter que la caractérisation des boues aide à comprendre les conditions locales et donc à dimensionner les stations de traitement ainsi qu'à évaluer la valeur potentielle des produits.

La quantification des boues est un paramètre incontournable non seulement pour les acteurs mais aussi pour le dimensionnement d'un système de traitement (Koanda, 2006). Plusieurs méthodes de quantification des volumes de BV produits ont été élaborées, nous allons présenter les méthodes développées par Koanda (2006) :

- **Méthode de la production spécifique**

Cette méthode se base sur la quantité de boues produite par habitant, par jour, par type d'ouvrage, et le nombre d'habitants. La quantité totale de boues produite dans une localité est donnée par la formule suivante :

$$Q = 365 \times \sum_i P_i \times \frac{q_i}{1000}$$

Q [m³/an] : Quantité totale de boues produites par an

P_i : Nombre de personnes utilisant la latrine de type i

q_i [L/jour/habitant] : Production spécifique de boues pour la latrine de type i

i : Typologie d'ouvrages d'assainissement

- **Méthode de la demande en vidange mécanique**

Cette méthode est basée sur la demande en vidange mécanique. Elle dépend du nombre de rotations effectuées par camion et par jour, du volume vidangé par rotation, de la fréquence moyenne de vidange des installations et de la proportion de la population ayant recours au service des camions. Dans le cas de plusieurs camions, le paramètre **v_i** devrait être la moyenne des volumes utiles des camions. La quantité totale de boue vidangée mécaniquement est :

$$Q_{mec} = \sum_i N \times \frac{p_{meci}}{f_{meci}} \times v_i \times n_i$$

N : Nombre total d'ouvrages existant dans la localité

Q_{mec} [m³/an] : Quantité de boues vidangées mécaniquement

p_{meci} [%] : Proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement

f_{meci} [an] : Fréquence de vidange des ouvrages vidangés mécaniquement

V_i [$m^3/rotation$] : Volume utile du camion (dans les cas où il y aurait plusieurs camions, prendre la moyenne des volumes utiles)

n_i [rotations/ouvrage] : Nombre de rotations nécessaires pour vider un ouvrage d'assainissement de type i . Il se calcule en rapportant le volume utile du camion au volume moyen de l'ouvrage en question.

i : Typologie d'ouvrages d'assainissement

- **Méthode des caractéristiques de l'ouvrage d'assainissement**

Cette méthode se base sur les résultats de la caractérisation des ouvrages d'assainissement autonome. Pour tenir compte du fait que le camion n'aspire pas tout le contenu de la fosse, il existe un coefficient de correction. Cette correction ne concerne pas les ouvrages vidangés manuellement car ils sont en général totalement vidés de leur contenu.

$$Q_{mec} = \sum_i N \times \frac{p_{meci}}{f_{meci}} \times V_i \times \alpha_i$$

$$Q_{man} = \sum_i N \times \frac{p_{mani}}{f_{mani}} \times V_i$$

$$Q = Q_{mec} + Q_{man}$$

Q_{mec} [m^3/an] : Quantité de boues produites dans les ouvrages vidangés mécaniquement

Q_{man} [m^3/an] : Quantité de boues produites dans les ouvrages vidangés manuellement

p_{meci} [%] : Proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement

p_{mani} [%] : Proportion de d'ouvrages vidangés manuellement

f_{meci} [an] : Fréquence moyenne de vidange mécanique

f_{mani} [an] : Fréquence moyenne de vidange manuelle

N [ouvrages] : Nombre total d'ouvrages existant dans la localité

V_i [m^3] : Volume moyen des ouvrages d'assainissement

α_i : Coefficient de correction pour tenir compte du volume de boues de fonds non aspirées par le camion.

i : Typologie d'ouvrages d'assainissement

Q [m^3/an] : Quantité totale de boues vidangées dans la localité

- **Méthode du chiffre d'affaires de l'opérateur de vidange**

Elle se base sur le compte d'exploitation des opérateurs de vidange à partir duquel on déduit le nombre de rotations effectuées par an. Cette méthode permet d'estimer la quantité de boues vidangées mécaniquement.

$$Q_{mec} = N_{rot} \times v$$

Q_{mec} [m³/an] : Quantité de boues collectées par l'opérateur

N_{rot} : Nombre de rotations par an, obtenu en rapportant le chiffre d'affaires au tarif de vidange

v [m³/rotation] : Volume effectivement vidangé par rotation

6. Sélection de la filière de traitement

Strande et al. (2014) propose des critères de sélection pour évaluer les systèmes de traitement des boues de vidange afin de choisir un système adapté pour une zone. L'évaluation des systèmes de traitement s'appuie sur une matrice multicritères dans laquelle on attribuera une note à chaque système pour chaque critère d'évaluation. Il existe 10 critères repartis en 4 catégories : performance de traitement, contexte local, besoins en exploitation-maintenance et coûts. Les critères sont énumérés dans le tableau I.

Tableau I: Critères de sélection de la filière de traitement des boues de vidange selon Strande et al. (2014)

Performance de traitement	Contexte local	Besoins en exploitation-maintenance	Coûts
Qualité de l'effluent et des boues selon les normes nationales	Caractéristiques des boues (déshydratabilité, concentration, degré de digestion, capacité d'étalement).	Compétences requises pour l'exploitation, la maintenance et le suivi-évaluation disponibles localement.	Coûts d'investissement couverts (terrain, infrastructure, ressources humaines, renforcement des capacités).
	Quantités et fréquence des dépotages de boues à la station.	Pièces détachées disponibles localement	Coûts d'exploitation-maintenance couverts.
	Climat.		
	Disponibilités foncières et coût.		

	Intérêts pour la réutilisation (fertilisant, fourrage, biogaz, compost, fuel).		
--	--	--	--

Selon Bigumandondera (2014), les critères qu'il faut prendre en compte pour choisir une technologie de traitement des boues de vidange sont : les besoins énergétiques nécessaires pour le fonctionnement des ouvrages, la surface nécessaire pour l'implantation des sites de dépôtage/ traitement et les possibilités de valorisation des boues de vidange.

Klingel et al. (2002) classe les critères de choix selon trois catégories : performance, simplicité et robustesse du procédé et coûts. Les différents critères sont résumés dans le Tableau II.

Tableau II: Critères de choix d'une option de traitement (Klingel et al., 2002)

Performance	Simplicité et robustesse du procédé	Coûts
Consistance et stabilité biochimique des biosolides obtenus	Besoins d'opération et de maintenance	Superficie nécessaire
Qualité hygiénique des biosolides	Compétences requises pour l'opération et la supervision	Coûts d'investissement
Qualité de l'effluent	Risques d'échec dus aux installations ou à des mesures de gestion ou de procédure	Coûts d'opération et de maintenance

7. Sélection du site de traitement

La localisation du site de traitement doit être judicieuse (Strande et al., 2014). Selon Koanda (2006), cette localisation (situation géographique, accessibilité, éloignement) est importante du fait de ses répercussions sur les activités des opérateurs (distances à parcourir) et des éventuelles nuisances sur l'environnement et les populations riveraines. Plusieurs approches existent pour le choix d'un site de traitement : choix d'autorité par la mairie, choix concerté, choix sur la base de critères (Diagne, 2005).

III. MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude

La ville de Houndé est située au sud-ouest du Burkina, dans la région des Hauts Bassins (figure 2). Elle est le chef-lieu de la province du Tuy. La ville couvre une superficie totale de 2,18 km²

(Rapport définitif PCD, 2017) et sa population est estimée en 2018 à environ 57 918 habitants (Mairie de Houndé, 2018). La ville de Houndé est divisée en 5 secteurs : les secteurs centraux qui sont les secteurs 2, 3 et 4, les secteurs périphériques qui sont le secteur 1 (village de Karaba) situé à 6 Km sur l'axe Houndé/Béréba et le secteur 5 (village de Koho et Yabiro) situé à 5 Km sur l'axe Houndé/Bobo.

Le relief fait partie d'un ensemble appelé les collines birimiennes et est caractérisé par un relief faiblement accidenté avec des collines ou buttes cuirassées situées sur des roches métamorphiques basiques et riches en fer. Les collines occupent la partie Est, Ouest et Nord de la ville. Elles ont une hauteur qui varie entre 1 et 300 m (PSA Houndé, 2012). Le reste du territoire communal repose sur un terrain relativement plat avec des faibles variations de hauteur. Le climat est de type nord soudanien avec une alternance d'une saison sèche de durée d'environ 8 mois (d'octobre en mai) et d'une saison pluvieuse d'environ 4 mois (de juin en septembre) avec des hauteurs annuelles variant entre 750 et 1000 mm/an (PSA Houndé, 2012). La figure 2 présente la zone d'étude.

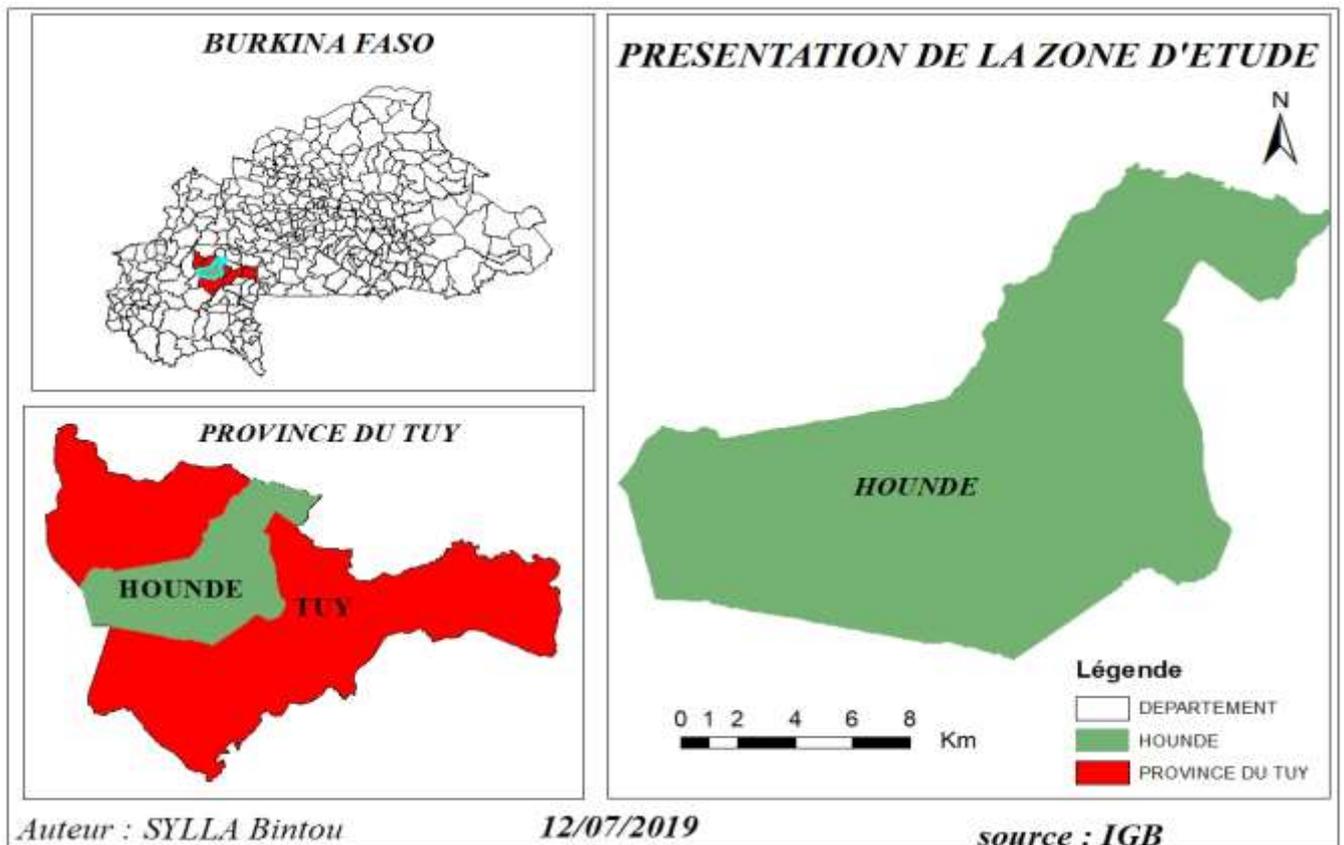


Figure 2: Présentation de la zone d'étude

2. Etat des lieux de la gestion des boues de vidange

L'état des lieux de la GBV dans la commune de Houndé a été fait en faisant une recherche documentaire, des enquêtes auprès des ménages, vidangeurs manuels, des agriculteurs et des entretiens semi-directifs auprès des acteurs locaux intervenant dans la gestion des boues de vidange tels que les autorités communales, la direction provinciale de l'environnement et le service de santé et d'hygiène publique.

2.1. Revue documentaire

Elle a consisté à rechercher dans les travaux existants, les informations disponibles sur la situation de l'assainissement dans la région des Hauts des Bassins et plus précisément dans la province du Tuy. Les informations ont été collectées au niveau des documents mis à notre disposition par la mairie, la direction provinciale de l'assainissement et la direction provinciale de l'environnement.

2.2. Entretien semi-directif

L'objectif de cet entretien est de caractériser les acteurs de la filière de GBV ainsi que de mesurer leur degré d'implication dans la filière. Un certain nombre de personnes intervenant dans la filière de GBV ont été interviewées. Les questions abordées portaient principalement sur leurs rôles et implications dans la filière:

- les autorités communales : 1^{er} Adjoint au Maire, le Directeur de cabinet du Maire, le Secrétaire Général de la mairie, le technicien communal eau et assainissement, le Chargé de communication et des relations publiques, le Responsable du développement rural ;
- la direction provinciale de l'environnement et le service de la santé et de l'hygiène publique ;
- l'Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement ;
- les opérateurs de la vidange mécanique.

2.3. Entretien directif

Il a consisté à poser aux ménages, agriculteurs et vidangeurs manuels une série de questions sur la base d'un questionnaire préalablement établi. (Annexe III)

L'enquête auprès des ménages s'est déroulée de juin 2016 à janvier 2017. Le questionnaire d'enquête a été élaboré à l'aide du logiciel AKVO FLOW. (Annexe II)

L'enquête auprès des agriculteurs et vidangeurs manuels s'est déroulée de juillet à août 2018. L'élaboration des questionnaires destinés aux vidangeurs manuels et agriculteurs de BV ont été faits sur le logiciel Sphinx.

L'ensemble des données collectées a été traité sur Excel.

2.4. Echantillonnage

La méthode appliquée pour l'échantillonnage des ménages est la méthode de l'échantillonnage aléatoire probabiliste et la formule suivante a été utilisée :

$$n = \frac{1.96^2 \times p \times (1 - p) \times N}{1.96^2 \times p \times (1 - p) + i^2 \times (N - 1)}$$

n = Taille de l'échantillon à interroger

N = Taille de la population cible (dans le cas de cette étude le nombre de ménages de la commune de Houndé, le nombre a été actualisé à partir de la taille obtenue lors du dernier recensement, N= 9 217 ménage en 2016)

i = Marge d'erreur d'échantillonnage (i=7.55%)

p : Proportion estimée de la population (p=0.5)

Le coefficient 1.96 dans la formule correspond à un taux de confiance de 95% .Au total 165 ménages ont été enquêtés dans la ville de Houndé.

Pour les vidangeurs manuels et les agriculteurs, le nombre d'échantillons a été fixé. Par conséquent 20 agriculteurs et 10 vidangeurs manuels ont été enquêtés.

2.5. Caractérisation des acteurs

Les acteurs intervenant dans la GBV ont été analysés par la méthode de « Capacity Works », développée par la GIZ. Cette méthode permet de présenter les parties prenantes qui revêtent de l'importance pour une gestion durable des boues de vidange et qui doivent être nécessairement impliquées. Si l'on tient compte des relations que les acteurs entretiennent entre eux, la carte des acteurs permet de formuler les options stratégiques et surtout d'anticiper sur les difficultés ou conflits potentiels. On distingue :

- **Les acteurs clés** : ce sont les acteurs qui peuvent influencer significativement le système de gestion du fait de leur capacité, savoir ou pouvoir ;
- **Les acteurs primaires** : ceux qui sont immédiatement concernés par le maillon ;
- **les acteurs secondaires** : ceux qui participent indirectement ou temporairement au maillon.

2.6. Flux des matières fécales

Le *Sludge Flux Diagram* (SFD) ou **diagramme de flux de matière fécale** est un outil développé par SuSanA qui permet de visualiser le parcours des excréta à l'échelle de la ville. C'est un outil efficace pour le plaidoyer en faveur de l'action pour le développement des services de gestion des boues de vidange. Ce diagramme est généré sur la base de trois données essentielles :

- les ouvrages d'assainissement (typologie et taux d'accès) ;
- la vidange, le transport et le traitement des boues ;
- les cartes des niveaux de la nappe phréatique et des perméabilités des sols pour identifier les zones à risque de la pollution des eaux souterraines (zones où la nappe phréatique est vulnérable).

Le diagramme affiche deux couleurs dont la couleur rouge (mauvaise gestion) représente la défécation à l'air libre ainsi que les boues non traitées et la couleur verte (bonne gestion) représente les boues bien gérées ou non encore vidangées.

3. Quantification des boues de vidange

3.1. Au niveau de la ville de Houndé

La méthode de la production spécifique a été utilisée pour l'évaluation des quantités de BV produites. Les hypothèses de calcul ont été :

- le volume de boues produites sera calculé à l'horizon de la stratégie communale de la gestion de la filière AEUE c'est-à-dire à l'horizon 2030 ;
- d'ici 2030 la défécation à l'air libre cessera dans la ville de Houndé ;
- tous les ouvrages d'assainissement à Houndé sont des ouvrages à voie sèche : dans ce cas le taux d'accumulation spécifique par jour et par habitant est de 0.3 L¹ (Koanda, 2006).

La formule suivante a été utilisée:

$$Q = 365 \times \sum_i P_i \times \frac{q_i}{1000}$$

Q [m³/an] : Quantité totale de boues produites par an

P_i : Nombre de personnes utilisant la latrine de type i

¹ Valeur calculée par Koanda pour une latrine sèche à Ouahigouya, Burkina Faso

qi [L/jour/habitant] : Production spécifique de boues par jour et par habitant pour la latrine de type i

3.2. Au Niveau de la mine Houndé Gold Opération

La méthode basée sur le comptage des camions a été utilisée pour l'estimation des quantités des boues pompées par an. Les hypothèses de calcul ont été:

- le camion assurant la vidange des boues dans la mine a une capacité de 5 m³ ;
- le taux de remplissage du camion est de 100% ;
- le taux de rotation mensuel du camion est de 16 tours par mois.

La formule suivante a été utilisée:

$$Q_{mec} = N_{rot} \times v$$

Q_{mec} [m³/mois] : Quantité de boues collectées par l'opérateur.

N_{rot} (mois) : Nombre de rotations par mois, obtenu en rapportant le chiffre d'affaires au tarif de vidange.

v [m³/rotation] : Volume effectivement vidangé par rotation.

Il faut noter que les boues pompées à la mine sont les boues issues des fosses septiques et de la station de traitement des eaux usées domestiques.

4. Caractérisation des boues de vidange

4.1. Echantillonnage et prélèvement des boues de vidange

Dans le cadre de cette étude, 30 échantillons de boues de vidange ont été prélevés. Les prélèvements des échantillons au niveau des ménages et des lieux publics se sont faits dans les ouvrages d'assainissement chez les producteurs. Dans l'optique d'obtenir un échantillonnage représentatif pour la ville de Houndé, les points de prélèvement au niveau des ménages ont été choisis suivant :

- les zones géographiques (05 secteurs) ;
- les caractéristiques de la zone (zone lotie, anciennement lotie, non lotie, zone inondable et non inondable) ;
- les typologies de latrines (latrines traditionnelles, latrines VIP etc...) : le nombre d'échantillons par typologie de latrine a été obtenu en fonction du taux de couverture de ces ouvrages dans la ville de Houndé ;
- l'ancienneté de la latrine : les latrines presque pleines ont été privilégiées.

Les points de prélèvement au niveau des lieux publics ont été identifiés suivant :

- les zones géographiques (05 secteurs) ;
- les caractéristiques de la zone (zone lotie, anciennement lotie, non lotie, zone inondable et non inondable) ;
- les typologies de latrines (latrines traditionnelles, latrines VIP etc...)
- le type de lieux publics (Etablissements d'enseignements, centre de santé, marchés etc.....)

Les points de prélèvement sont énumérés et détaillés à l'annexe VIII

Les tableaux III et IV présentent les plans d'échantillonnage.

Tableau III: Répartition des échantillons au niveau des ménages

	Total par type d'ouvrage	secteur 1	secteur 2	secteur 3	secteur 4	secteur 5
Latrines traditionnelles avec dalles	11	0	2	3	3	3
Latrines Sanplat améliorée	8	1	2	2	2	1
VIP double fosse	6	0	2	2	2	0
Total	25	1	6	7	7	4

Tableau IV: Répartition des échantillons au niveau des lieux publics

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 4	Secteur 4	Secteur 5
Types de lieux publics	Débit de boisson	Aire de Stationnement	Centre de santé	Gare Routière	Etablissement secondaire
Latrines traditionnelles avec dalle en béton	1	0	0	0	0
Latrines VIP-une fosse	0	0	0	0	1
Latrines VIP multi-fosses	0	1	1	1	0

La figure 3 montre les différentes étapes de prélèvement des boues dans les ouvrages comme indiqué par (Berteigne, 2012) :

- estimation de la profondeur vidangeable par l'introduction d'un bâton gradué ;
- agitation de la zone de prélèvement ;

- introduction de l'outil de prélèvement dans la fosse à travers l'orifice de la dalle, à la profondeur choisie ;
- prélèvement de l'échantillon ;
- déversement dans un seau, mélange dynamique des boues dans le seau ;
- transvasement (par déversement ou à la cuillère le cas échéant) dans des bocaux plastiques étanches pour faciliter le transport ;
- les bocaux sont ensuite conservés dans une glacière pour faciliter le transport ;
- stockage réfrigéré au laboratoire.

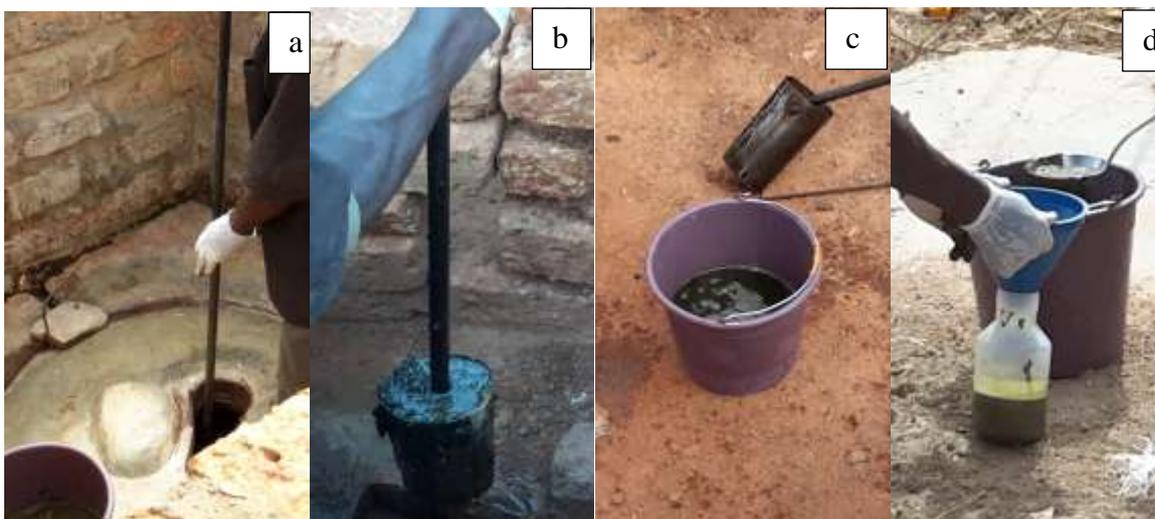


Figure 3: (a) Mesure de la profondeur, (b) prélèvement de la boue (c) Renversement dans le seau, (d) transvasement dans le bocal plastique

4.2. Analyses physico-chimiques et microbiologiques

Les paramètres physico-chimiques analysés sont : le pH, la conductivité, la matière sèche (MS), la matière volatile (MV), la DCO, la DBO₅, le NTK, le nitrite (NO₂⁻), le nitrate (NO₃⁻), l'ammonium (NH₄⁺), l'ortho-phosphates (PO₄³⁻), le calcium (Ca²⁺) et le magnésium (Mg²⁺) et la masse volumique . Pour les paramètres microbiologiques, les coliformes fécaux (CF), les E.coli, les streptocoques fécaux (SF) et les œufs d'helminthes ont été analysés.

Le pH et la conductivité ont été mesurés à l'aide d'un multi paramètre. La DBO₅ a été déterminée par la méthode manométrique, la DCO a été déterminée par l'oxydation des matières oxydables pendant deux (02) heures dans les kits DCO. Le Nitrate, le nitrite, l'ortho-phosphate et l'ammonium ont été dosés respectivement par la méthode Nitruver, Nitriver, Phosver et du Nessler puis lecture au spectrophotomètre. Les paramètres microbiologiques notamment les

coliformes et les streptocoques fécaux ont été déterminés sur une gélose de chromoculte. Les méthodes d'analyses sont récapitulées dans le tableau V.

Tableau V: Méthodes d'analyse des paramètres

Paramètres	Méthodes
pH, Conductivité	AFNOR 90-008
DCO	Méthode à petite échelle en tube fermé
DBO₅	NF 25663 Méthode manométrique
MS, MV	NF T 90-029
NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻	AFNOR T90-013 Méthodes Nessler, Nitriver, Nitriver, Phosver
Ca²⁺, Mg²⁺	Méthode titrimétrique à l'EDTA
NTK	AFNOR T90110 méthode après minéralisation en milieu acide fort
Coliformes fécaux et <i>E. coli</i>	Ensemencement sur milieux spécifiques (Chromocult coliform Agar)
Entérocoques (SF)	Ensemencement sur milieux spécifiques Chromocult Enterococci Agar
Œufs d'helminthes	AFNOR XP X33-017 Méthode par technique de triple flottation

5. Etude technique de la mise en place d'un système de traitement des boues de vidange

5.1. Choix du site de traitement des boues de vidange

Le choix d'autorité par la mairie est l'approche qui a été utilisée pour identifier le site de traitement des boues de vidange.

5.2. Choix de la filière de traitement

Les critères proposés par Strande et al. (2014) ont été utilisés pour évaluer les systèmes de traitement des boues de vidange. Les critères d'évaluation seront pondérés suivant leur importance (coefficient de pondération allant de 1 à 5) et des classes de valeur seront attribuées (classe de valeur allant de 1 à 3) (Annexe II). Le tableau VI montre les coefficients de pondération des 10 critères d'évaluation

Tableau VI: Pondération des critères de sélection de la filière de traitement

	Critères d'évaluation	Coefficient de pondération	Justification du coefficient de pondération
1	Qualité de l'effluent et des boues selon les normes nationales.	5	Les boues produites sont fortement chargées en matière polluantes. Le traitement doit abattre toutes les formes de pollution
2	Caractéristiques des boues (déshydratabilité, concentration, degré de digestion, capacité d'étalement).	4	Paramètre incontournable pour le choix et le dimensionnement d'une technologie de traitement
3	Quantités et fréquence des dépotages de boues à la station.	2	La fluctuation des volumes de boues est un aspect important dans le processus de traitement : la station doit s'adapter à la fluctuation des boues
4	Climat	3	Le climat influe significativement le système de traitement des BV
5	Disponibilités foncières et coût	1	Il ne manque absolument pas de place dans les villes moyennes. Les pouvoirs publics peuvent acheter des parcelles de tailles considérables s'ils en émettent le souhait, il y a également la possibilité de don sur négociation auprès des propriétaires terriens d'après le chef de terre de la commune
6	Intérêts pour la réutilisation (fertilisant, fourrage, biogaz, compost, fuel)	3	Il est important de fermer la boucle de l'assainissement
7	Compétences requises pour l'exploitation, la maintenance et le suivi-évaluation disponibles localement.	4	La filière doit pouvoir être gérée au niveau local
8	Pièces détachées disponibles localement.	2	Les pièces détachées doivent être disponibles localement
9	Coûts d'investissement couverts (terrain, infrastructure, ressources humaines, renforcement des capacités)	5	Données primordiales pour les pays en développement mais aussi pour les petites et moyennes villes
10	Coûts d'exploitation-maintenance couverts	4	Données très importantes pour les pays en développement mais aussi pour les petites et moyennes villes

5.3. Dimensionnement de la station de traitement.

5.3.1 Dimensionnement du dégrilleur

Les paramètres et formules de dimensionnement utilisés pour dimensionner le dégrilleur sont présentés dans le tableau VII :

Tableau VII: Formules de dimensionnement du dégrilleur

	Désignation	Formules
D (m)	Diamètre ouverture du camion	(ONEA, 2012) $D = 0.15$
S (m ²)	Surface d'ouverture du camion	$S = \pi \frac{D^2}{4}$
V _m (m/s)	Vitesse maximale à la sortie du camion	(ONEA, 2012) $V_m = 4$
Q _p (m ³ /s)	Débit de vidange	$Q_p = S \times V_m$
V _p (m/s)	Vitesse de passage des boues entre les barreaux	(Lilien et al., 2017) Nettoyage manuel : $V_p = 1 \text{ m/s}$
S _u (m ²)	Surface utile	$S_u = \frac{Q_p}{V_p}$
S _m (m ²)	Section mouillée	$S_m = \frac{S_u}{\theta(1 - C)}$
θ	Coefficient de colmatage dû à l'encombrement des barres	$\theta = \frac{e}{e + b}$
e (mm) et b (mm)	e : Espacement libre entre barreau b : Epaisseur barreau	(Lilien et al., 2017) e=15 mm et b=10 mm
C	Coefficient de colmatage dû aux boues de vidange	Nettoyage manuel : C=0.3

La largeur du canal dans lequel est logé le dégrilleur sera prise 1m afin d'éviter tout engorgement.

5.3.2 Dimensionnement du biodigesteur

Les paramètres, les hypothèses et les formules de calcul sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII: Hypothèses et Formules de dimensionnement du biodigesteur

Paramètres		Formules
Forme de digesteur	Cylindrique	
$Q_j_ménage$ (m ³ /jr)	Débit journalier au niveau des ménages	$Q_j_ménage = 365 \times \sum_i P_i \times \frac{q_i}{1000}$
Q_j_mine (m ³ /jr)	Débit journalier au niveau de la mine	$Q_j_mine = N_{rot} \times v$
$Q_{pj_ménage}$ (m ³ /jr)	Débit de pointe journalière au niveau des ménages	$Q_{pj_ménage} = Q_j_ménage$
Q_{pj_mine} (m ³ /jr)	Débit de pointe journalière au niveau de la mine	$Q_{pj_mine} = C_p \times Q_j_mine$
Q (m ³ /jr)	Débit de dimensionnement	$Q = Q_j_ménage + Q_{pj_mine}$
TRH (jours)	Temps de rétention hydraulique (TRH)	(Akpaki et al., 2016) TRH = 25 jours
V_u (m ³)	Volume utile du digesteur	$V_u = TRH \times Q$
F	Facteur de majoration pour le stockage du biogaz	(Meftah, 2017) f = 1.33
V_f	Volume final du digesteur	$V_f = f \times V_u$
G (m ³)	Volume du gazomètre	$G = V_f - V_u$
N	Nombre du digesteur	Hypothèse $N = 2$
D (m)	Diamètre du digesteur	$D = \sqrt[3]{\frac{4V_f}{\pi}}$
H(m)	Hauteur du digesteur	$H = D$
CO (Kg MV/jr/m ³)	Charge organique	$CO = \frac{Q \times MV}{V_u}$

5.3.3 Dimensionnement des ouvrages de traitement du surnageant

- **Bassin anaérobie**

Le dimensionnement des bassins de lagunage tient compte du rendement des biodigesteurs. Ainsi si les biodigesteurs fonctionnent correctement, il peut avoir une réduction en germes pathogènes de 10 à 100 fois inférieurs (Halouani, 2013). Les bassins seront de forme trapézoïdale. Les paramètres, les hypothèses et les formules de calcul utilisés pour le dimensionnement du bassin anaérobie sont fournis au tableau IX.

Tableau IX: Paramètres de dimensionnement du bassin anaérobie

Paramètres		Formules
T (°C)	Température du mois le plus froid	(PCD, 2017) $T = 25 \text{ °C}$
Cv (gDBO5/m ³ .jr)	Charge volumique	$Cv = 10T + 100$
Qs (m ³ /jr)	Débit du surnageant	Hypothèse $Qs = 80\% \times Q$
Q (m ³ /jr)	Débit brut	$Q = Q_{j_ménage} + Q_{j_mine}$
Cm (mg/l)	Concentration moyenne en DBO ₅	Laboratoire
M _{DBO5} (kg/jr)	Quantité journalière de DBO ₅	$M_{DBO5} = Q \times Cm$
R _{DBO5} (%)	Rendement d'abattement de la DBO ₅ au niveau des biodigesteurs	Hypothèse $R_{DBO5} = 60\%$
C _{DBO5} (kg/jr)	Charge journalière de DBO ₅ dans le Bassin anaérobie	$C_{DBO5} = 40\% \times M_{DBO5}$
Va (m ³)	Volume du bassin anaérobie	$Va = \frac{C_{DBO5}}{Cv}$
N	Nombre de bassins	Hypothèse $N = 1$
H (m)	Profondeur du bassin anaérobie	Hypothèse : $H = 3m$
Sa (m ²)	Surface à mi-profondeur du bassin anaérobie	$Sa = \frac{Va}{H}$
Ts (jours)	Temps de séjour	$Ts = \frac{Va}{Qs}$
R	Rapport longueur /largeur	Hypothèse $r = 2$
l (m)	Largeur à mi-profondeur du bassin	$l = \sqrt{\frac{Sa}{2}}$
L (m)	Longueur à mi-profondeur du bassin	$L = 2l$

N	Pente du talus du bassin	Hypothèse : $n = 1$
Lf (m)	Longueur du fond	$Lf = L - n \times H$
lf (m)	Largeur du fond	$lf = l - n \times H$
Sf (m ²)	Surface du fond	$Sf = Lf \times lf$
R (m)	Revanche	Hypothèse : $R = 0.5 \text{ m}$
Lsup (m)	Longueur supérieure	$Lsup = L + n \times (H + 2R)$
lsup (m)	Largeur supérieure	$lsup = l + n \times (H + 2R)$
Ssup (m ²)	Surface supérieure du bassin	$Ssup = Lsup \times lsup$

- **Bassin facultatif**

Les paramètres, les hypothèses et les formules de calcul du bassin facultatif sont présentés dans le tableau X.

Tableau X: Formules de dimensionnement du bassin facultatif

Paramètres		Formules
T (°C)	Température du mois le plus froid	(PCD, 2017) $T = 25 \text{ °C}$
R _{DBO5} (%)	Pourcentage DBO ₅ éliminé dans le bassin anaérobie	$2T + 20$
C _s (KgDBO5/ha.j)	Charge surfacique	$Cs = 350 \times (1.107 - 0.002T)^{T-25}$
Q _s (m ³ /jr)	Débit du surnageant	Hypothèse $Qs = 80\% \times Q$
Q (m ³ /jr)	Débit brut	$Q = Qj_m\acute{e}nage + Qj_mine$
Q _{DBO5} (kg/jr)	Quantité journalière de DBO ₅	$M_{DBO5} = Q \times Cm$
M _{DBO5} (kg/jr)	Charge journalière de DBO ₅ dans le Bassin anaérobie	$C_{DBO5} = 40\% \times M_{DBO5}$
C _{DBO5} (Kg/jr)	Masse journalière de DBO ₅ dans le bassin facultatif	$C_{DBO5} = (1 - \frac{R_{DBO5}}{100}) \times M_{DBO5}$
Sbf (m ²)	Surface à mi-profondeur du bassin facultatif	$Sbf = \frac{C_{DBO5}}{Cs}$
H (m)	Hauteur du bassin facultatif	Hypothèse $H = 1.5 \text{ m}$
Vbf (m ³)	Volume du Bassin facultatif	$Vbf = Sbf \times H$

R (m)	Revanche	Hypothèse $R = 0.5m$
Ts (jr)	Temps de séjour	$Ts = \frac{Vbf}{Qs}$
R	Rapport longueur /Largeur	Hypothèse $r = 2$
l (m)	Largeur à mi-profondeur du bassin	$l = \sqrt{\frac{S}{2}}$
L (m)	Longueur à mi-profondeur du bassin	$L = 2l$
N	Pente du talus du bassin	Hypothèse : $n = 1$
Lf (m)	Longueur du fond	$Lf = L - n \times H$
lf (m)	Largeur du fond	$lf = l - n \times H$
Sf (m ²)	Surface du fond	$Sf = Lf \times lf$
Lsup (m)	Longueur supérieure	$Lsup = L + n \times (H + 2R)$
lsup (m)	Largeur supérieure	$lsup = l + n \times (H + 2R)$
Ssup (m ²)	Surface supérieure du bassin facultatif	$Ssup = Lsup \times lsup$

- **Bassin de maturation**

Le tableau XI présentent les formules et les hypothèses de calcul.

Tableau XI: Hypothèses et formules de dimensionnement du bassin de maturation

Paramètres		Formules
Kb	Constante cinétique	$Kb = 2.6 \times (1.19)^{T-20}$
T (°C)	Température du mois le plus froid	(PCD, 2017) $T = 25 \text{ °C}$
Tr (jrs)	Temps de rétention	(Allaoui et al., 2016) $Tr = 5 \text{ jours}$
Qs (m ³ /jr)	Débit du surnageant	(ONEA, 2012) $Qs = 70\% \times Q$
Q (m ³ /jr)	Débit brut	$Q = Qj_ménage + Qj_mine$
N	Nombre de bassins	Hypothèse : $N = 1$

V_m (m ³)	Volume du bassin de maturation	$V_m = Tr \times Q_s$
H (m)	Profondeur du bassin	Hypothèse : $H = 1m$
S_m (m ²)	Surface à mi-profondeur du Bassin de maturation	$S_m = \frac{V_m}{H}$
r	Rapport longueur /Largeur	Hypothèse $r = 2$
l (m)	Largeur à mi-profondeur du bassin	$l = \sqrt{\frac{S}{2}}$
L (m)	Longueur à mi-profondeur du bassin	$L = 2l$
n	Pente du talus du bassin	Hypothèse : $n = 1$
L _f (m)	Longueur du fond	$L_f = L - n \times H$
l _f (m)	Largeur du fond	$l_f = l - n \times H$
S _f (m ²)	Surface du fond	$S_f = L_f \times l_f$
R (m)	Revanche	Hypothèse : $R = 0.5 m$
L _{sup} (m)	Longueur supérieure	$L_{sup} = L + n \times (H + 2R)$
l _{sup} (m)	Largeur supérieure	$l_{sup} = l + n \times (H + 2R)$
S _{sup} (m ²)	Surface supérieure du bassin	$S_{sup} = L_{sup} \times l_{sup}$

5.3.4 Dimensionnement de l'Aire de stockage du digestat

Le stockage du digestat sera fonction de la quantité de boues à la sortie des digesteurs. Ainsi si les biodigesteurs fonctionnent correctement, il peut avoir une rétention de 35 à 40% de MS et une rétention de 40 à 50% de MV. (Halouani, 2013). D'après les résultats de l'étude de faisabilité et de valorisation des boues par méthanisation, le taux d'abattement est de 49.5% pour la MS.

Le séchage naturel des boues étendues en couches fines et leur stockage prolongé (environ 3 mois) permet la destruction complète des organismes pathogènes. Cette technique est retenue du fait de sa simplicité dans un contexte de fort ensoleillement en rapport avec le climat de Houndé. L'aire de séchage doit donc permettre de stocker les boues pendant 3 mois, sur une épaisseur de 50 cm maximum. (ONEA ,2012). Le tableau XII présente les paramètres, les hypothèses et les formules de calcul utilisés pour le dimensionnement.

Tableau XII: Hypothèses et formules de dimensionnement de l'aire de stockage

Paramètres		Formules
$R_{MS}(\%)$	Taux d'élimination de la matière sèche	(Halouani, 2013) $R_{MS} = 40\%$
$R_{MV}(\%)$	Taux d'élimination de la matière volatile	(Halouani, 2013) $R_{MV} = 45\%$
MS (%)	Teneur en matières sèches	Laboratoire
Q_m (m ³ /mois)	Production mensuelle de boues de vidange	$Q = (Q_{j_ménage} + Q_{j_mine}) * 30$
P (m ³)	Production mensuelle de digestat	$P = R_{MS} \times MS \times Q_m$
ρ (kg/l)	Masse volumique des boues	Laboratoire
N	Nombre de mois de stockage	Hypothèse $N = 3\text{mois}$
V (m ³)	Volume de l'aire de stockage	$V = P * N$
H (m)	Hauteur de l'aire de stockage	Hypothèse $H = 0.5m$
S (m ²)	Surface	$S = \frac{V}{H}$

5.4. Estimation du volume du Biogaz

Le volume du biogaz attendu sera estimé à partir des résultats obtenus par des auteurs sur la biodigestion des boues de vidange. Akpaki et al. (2016) indique une production de biogaz de 100.33 ± 7.51 ml pour 1 litre de boues de vidange.

6. L'analyse financière de la filière de traitement

La méthode utilisée pour l'analyse financière est la méthode basée sur l'analyse coûts/bénéfices. Nous avons évalué le coût d'investissement de la réalisation de la station, les recettes et les charges durant l'exploitation de la station de traitement des boues de vidange. Il s'agit donc de recenser chaque année les variables du projet grâce auxquelles on pourra établir les flux de trésorerie (cash-flow).

Une fois les variables connus et les flux de trésorerie établis on utilisera les formules suivantes pour juger de la pertinence du projet.

- La Valeur Actuelle nette (VAN)

$$VAN = -I_0 + CF_1(1+i)^{-1} + CF_2(1+i)^{-2} + \dots + CF_k(1+i)^{-k} + \dots + CF_n(1+i)^{-n}$$

i : le taux d'actualisation,

n : la durée de vie de l'investissement

I₀ : l'investissement initial.

CF_n : Cash Flow

- Le taux de rendement interne (TRI)

Le TRI représente le taux d'actualisation pour lequel la dépense d'investissement est égale à la somme des cash-flows générée par cet investissement ; c'est le taux d'actualisation pour lequel la valeur actuelle nette (VAN) est nulle. On l'obtient à partir de la formule suivante :

$$TRI = i \text{ Tel que } I_0 = CF_1(1+i)^{-1} + CF_2(1+i)^{-2} + \dots + CF_k(1+i)^{-k} + \dots + CF_n(1+i)^{-n}$$

- Le délai de récupération (d)

Le délai de récupération représente le temps nécessaire au remboursement de l'investissement initial et s'obtient:

$$CF_1(1+i)^{-1} + CF_2(1+i)^{-2} + \dots + CF_d(1+i)^{-d} = I_0$$

- L'indice de profitabilité (IP)

Il représente l'indice de rentabilité et se calcul à partir de la VAN par la formule :

$$IP = \frac{VAN}{I_0} + 1$$

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Etat des lieux de la gestion des boues de vidange à Houndé

1.1. Ouvrages de production de boues

Le taux de couverture en ouvrages de production des boues de vidange est de 88,48%. Les ouvrages les plus utilisés sont les latrines traditionnelles (figure 4). Cette prédominance de latrines traditionnelles pourrait se justifier par les conditions socio-économiques de la

population de Houndé. La présence des latrines VIP se justifierait par la mise en œuvre de certains projets d'assainissement (tel le projet AAB) qui ont équipé les ménages et certains lieux publics en ouvrages de gestion d'excreta recommandés par la nouvelle politique en matière d'assainissement qui sont les latrines homologuées de type VIP. Il faut noter que les ouvrages de production de boues ne gèrent pas uniquement les boues car 8.90% recueillent en plus des boues de l'eau de douche et des eaux usées (eaux de vaisselle et lessive). La défécation à l'air libre est une pratique toujours fréquente car 16% des ménages qui ne disposent pas des ouvrages de gestion de BV défèquent en plein air.

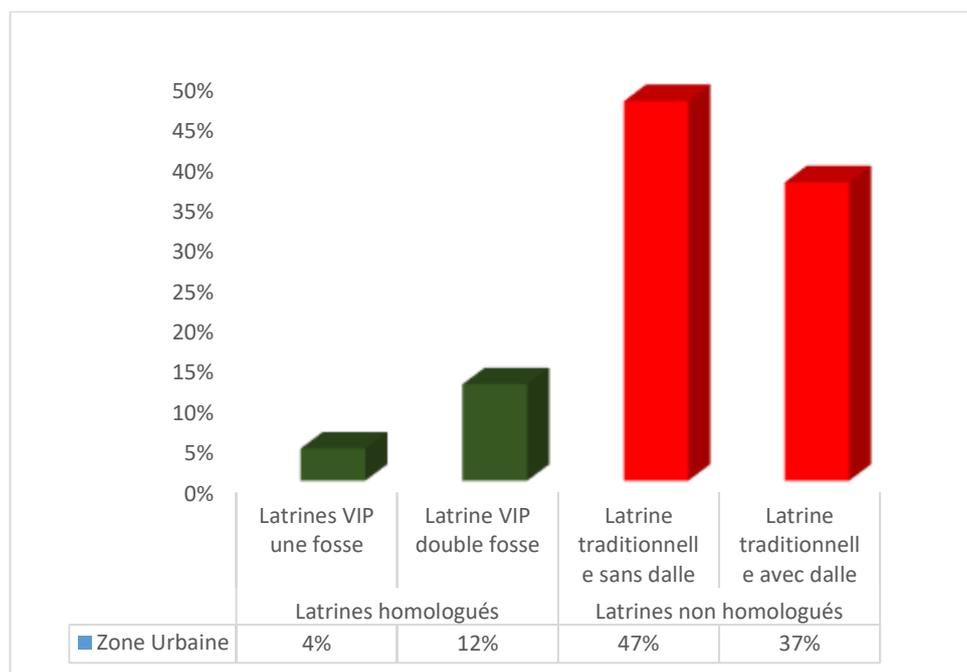


Figure 4: Taux de couverture et typologie des ouvrages de production des boues

1.2. Collecte et transport des boues de vidange

Dans la ville de Houndé seulement 17 % des ménages enquêtés ont au moins vidangé une fois leurs latrines. Au nombre de ceux qui ont déjà fait la vidange, 60% des ménages procèdent à la vidange tous les 3 ans (figure 5). Le mode de vidange le plus utilisé est la vidange manuelle car les ménages qui ont vidangé leur fosse ont tous eu recours à la vidange manuelle (100%) dont 96% ont eu recours à des vidangeurs manuels professionnels contre 4% qui l'ont effectué eux même. Cela s'explique par la typologie des latrines existantes qui produisent des boues qui ne peuvent pas être totalement aspirées par des camions de vidange (boues pâteuses, solides ou sèches) et les conditions économiques des ménages. Néanmoins un nombre restreint de ménages et de lieux publics ont recours à la vidange mécanique. Ceux-ci déplacent les camions vidangeurs depuis Bobo Dioulasso en fonction de leurs besoins.

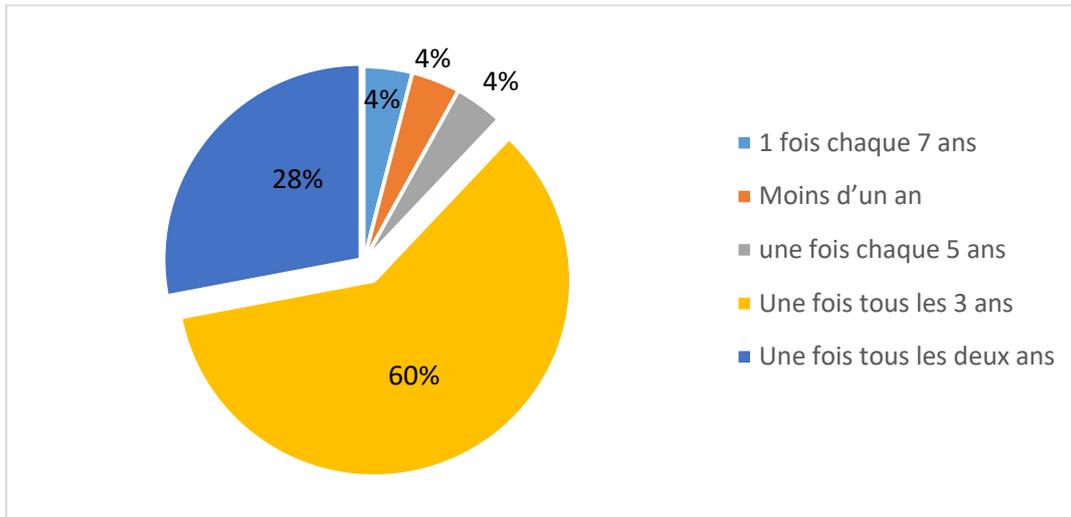


Figure 5: Fréquence de vidange des boues

Le coût de la vidange se fait en fonction de la profondeur de la fosse, le prix est fixé à 10 000 francs/m mais négociable jusqu'à 7 500/m francs. Les ménages ont payé un coût compris entre 5000 francs et plus de 20 000 francs pour la vidange de leur fosse. 60% le trouvent abordable tandis que 40% le trouvent hors de leur portée. (Figure 6)

Pour la pratique de la vidange, les vidangeurs utilisent les moyens rudimentaires et travaillent en équipe de 4 personnes sans aucune protection. Ils disposent comme outils de travail une pioche pour l'ouverture de la dalle ; une corde et une barre de bois pour fixer et maintenir la dalle ; un sceau, une pelle et des bidons pour recueillir les boues.

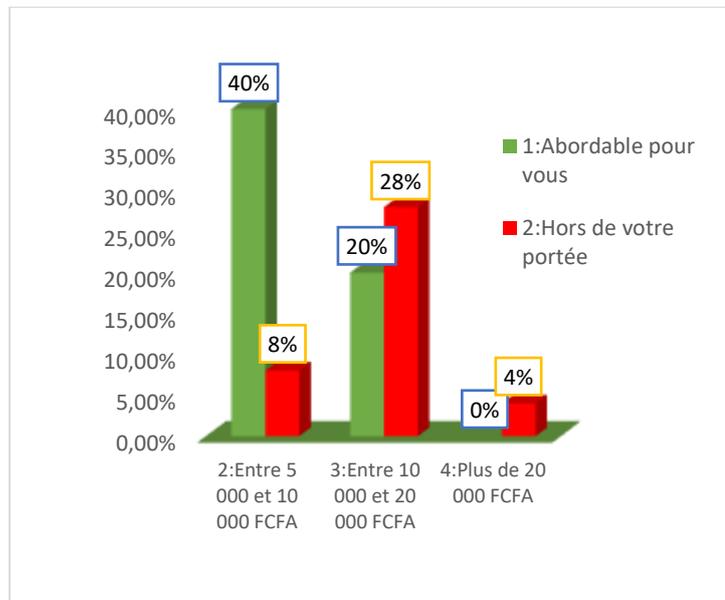


Figure 6: Appréciation du coût de la vidange manuelle



Figure 7: Pratique de la vidange manuelle à Houndé

1.3. Traitement et valorisation

Les ménages qui ont vidangé leur fosse déversent directement les boues à côté de leur concession avant d'être acheminées dans les champs sans aucun traitement préalable. C'est une situation très fréquente à Houndé car il n'existe pas encore à ce jour un site aménagé pour recueillir les boues. Néanmoins les vidangeurs ont tous affirmé qu'ils ne déverseront plus les boues extraites s'ils ont un moyen de transport de ces boues et s'il existe un site de dépôt autorisé par la mairie.

Seulement 30% des agriculteurs rencontrés ont déjà utilisé les boues de vidange sur leur parcelle de culture. Aucun traitement préalable n'est fait sur les boues mais néanmoins un séchage est fait avant l'utilisation des boues sur les parcelles. 17 % font un Co-compostage avec de la fumure organique en plus du séchage. Ils affirment tous remarquer une bonne amélioration sur le rendement après utilisation. Pour obtenir les boues les agriculteurs ont sollicité les boues soit auprès des vidangeurs soit auprès du ménage (cependant ils payent le coût de la vidange).

Tous les agriculteurs sont tous prêts à utiliser les boues traitées de la future station de traitement et le prix moyen proposé des boues traitées par charrette est de 2 400 francs FCFA.

1.4. Flux des matières fécales

La figure 8 présente le diagramme de flux des BV dans la ville de Houndé. Ce diagramme nous montre que 62% des boues produites sont mal gérées. Ces boues mal gérées proviennent de la défécation à l'air libre (11%), des boues des fosses vidangées qui ne sont pas acheminées à la station de traitement (6%), et des fosses non étanches se trouvant dans les zones inondables à risque de pollution de nappe phréatique (46%). Les boues produites dans la commune de Houndé sont donc en grande partie mal gérées.

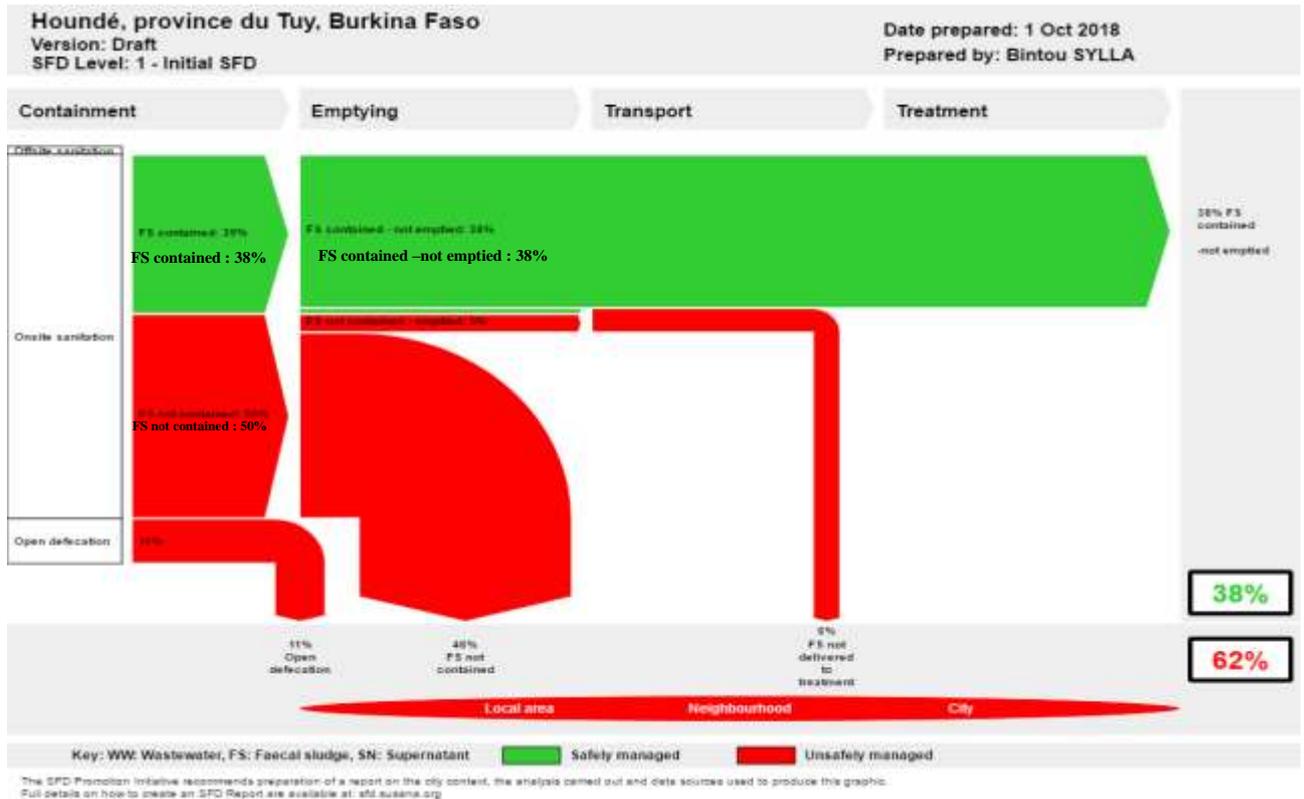


Figure 8: Diagramme de flux des boues de vidange

1.5. Acteurs impliqués dans la gestion des boues de vidange à Houndé

Les différents acteurs impliqués dans la gestion des boues de vidange à Houndé sont au nombre de 8: la commune, la direction provincial de l’environnement, l’ONEA, les ménages, les vidangeurs manuels, les opérateurs de la vidange mécanique, les agriculteurs et les partenaires techniques et financiers (PTF). Les rôles et responsabilités de chaque acteur sont :

- **La commune** : elle devrait normalement suivant la communalisation intégrale représenter l’actrice centrale et principale de la gestion des BV et être en charge de toute la filière : collecte, transport jusqu’au traitement mais ce rôle n’est pas totalement assumé. Chaque acteur occupe sa place de façon indépendante dans la chaîne sans pour autant être interconnecté ou en relation avec la commune. Néanmoins La commune de Houndé dispose de textes pour régler cette filière dont l’arrêté N°2018-11/MATD/RHBS/PTUY/CHDN/M/SG portant sur réglementation de la propreté dans la ville de Houndé adopté le 06 avril 2018. Elle dispose aussi un service technique Commission Communale de l’Eau et de l’Assainissement CCEA qui joue un rôle d’intermédiaire entre la commune et les acteurs de la GBV plus précisément les vidangeurs manuels.

- **La Direction provinciale de l'environnement** : il exerce en tant que police en assurant la mise en application de la réglementation environnementale nationale et communale en matière de GBV par l'information, la sensibilisation des acteurs (ménages, vidangeurs manuels) et occasionnellement par la répression. Il intervient sur toute la chaîne de gestion des boues de vidange.
- **Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA)**: cet acteur intervient à l'amont de la chaîne plus précisément à la source de production des boues. L'ONEA appuie la commune de Houndé dans la mise de son PSA. Il donne des conseils pratiques aux ménages pour une meilleure gestion des ouvrages, pour une meilleure utilisation et entretien afin d'assurer une vidange sans risques lorsque la fosse est pleine.
- **Les ménages** constituent le point de départ de la chaîne. Ils disposent des ouvrages de production de boues : le ménage construit soit lui-même la latrine ou bénéficie de l'appui de l'ONEA ou d'un projet. Ils ont recours aux services des vidangeurs lorsque leurs latrines sont pleines et discutent directement les prix avec eux.
- **Les vidangeurs manuels** : les vidangeurs manuels vident les fosses de tout type de latrines à la demande des ménages et des lieux publics, leur zone de couverture est toute la ville de Houndé. Ils sont organisés en association mais ne sont pas reconnus officiellement par la Mairie de Houndé. Ils exercent ce métier depuis très longtemps 90% des vidangeurs enquêtés effectuent la vidange depuis plus 15 ans. Ils vidangent de façon occasionnelle car ils effectuent tous l'agriculture comme activité secondaire. Ils travaillent en équipe de 4 personnes et utilisent des moyens rudimentaires (pioche, corde, seau, pelle, bidons..) et ne disposent d'aucun équipement de protection individuelle ni un matériel de transport.
- **Opérateurs de la vidange mécanique** : ils sont en équipe de 2 personnes. Ils gèrent le camion vidangeur de la mairie mis à la disposition uniquement de la mine HGO pour la vidange de leurs fosses septiques et des boues des stations de traitement des eaux grises. Néanmoins le camion vidangeur assure la vidange de certains particuliers (certains ménages et les lieux publics) qui font la demande. Les commandes sont toutes centralisées au niveau de la mairie. C'est un camion qui a une capacité 5 m³ et est au sein de la mairie depuis 2017. Il faut noter que les vidangeurs travaillent sans aucun équipement de protection et sans aucun suivi médical

- **Les agriculteurs** : Ce sont les acteurs ultimes de la chaîne. Ils utilisent les boues sans aucun traitement préalable. Les agriculteurs rencontrés disent tous ignorer la réglementation en matière de l'utilisation des boues de vidange.
- **Les Partenaires techniques et financiers**: la commune de Houndé bénéficie d'un appui financier et technique auprès de ses partenaires pour la réalisation d'ouvrages d'assainissement autonome et pour la formation des acteurs de filière GBV (les vidangeurs manuels, les maçons). Comme partenaires :
 - PEA-GIZ : apporte un appui technique et financier en matière d'assainissement et de GBV
 - Houndé Gold Opération : représente un des partenaires financiers important de la commune. Il appuie la commune pour la réalisation des projets communautaires (surtout dans le domaine de l'eau) mais aussi intervient dans le domaine l'assainissement.
 - DREA : apporte un appui dans la réalisation des ouvrages d'assainissement familial et institutionnel à travers les appuis budgétaires sectoriels.

Le tableau XIII présente les résultats de la caractérisation des acteurs impliqués dans la GBV. La commune, les vidangeurs manuels et l'ONEA apparaissent comme les acteurs clés de cette gestion.

Tableau XIII: Classification des acteurs de la GBV

Acteurs Clés	Acteurs Primaires	Acteurs secondaires
Commune	Ménages	Partenaires
Vidangeurs manuels	Agriculteurs	Direction provinciale de l'environnement
ONEA	Opérateurs de la Vidange mécanique	

1.6. Analyse des forces et faiblesses de la gestion des boues de vidange à Houndé

Les résultats de l'analyse des forces et faiblesses de la GBV à Houndé sont présentés dans le tableau XIV. Les résultats montrent que nous avons aussi bien des forces que des faiblesses. Il ressort que malgré la commune dispose des textes réglementaires et des documents de planification de la gestion des boues de vidange, son implication dans la GBV reste faible. La gestion actuelle des boues de vidange est qualifiée de gestion non intégré avec une absence

d'interconnexion des acteurs. Ce système de gestion est semblable à celui de la ville d'Ouahigouya décrit par (Koanda, 2006). Selon lui il y a un désintérêt de la mairie pour réglementer l'activité de vidange et souligne également l'inexistence de sites de dépotage aménagés ou de traitement. Cependant ce système est légèrement différent de la gestion des boues de vidange à Bafoussam (Defo et al., 2015). Cette différence est due au fait que la commune de Bafoussam soit impliquée dans la gestion des boues qui assure la collecte, le transport et le dépôt des boues.

Sur la base de ses forces et faiblesses énumérées, le plus grand défi à relever pour la commune de Houndé est de mieux organiser cette filière de GBV et d'aménager un site de traitement des boues de vidange adéquat et adapté afin d'éviter l'évacuation sauvage dans l'environnement et la valorisation en agriculture des boues non traitées.

Tableau XIV: Analyse des forces et faiblesses de la GBV

Aspects	Forces	Faiblesses
Technique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La commune dispose d'une commission communale en matière d'eau et d'assainissement ▪ l'appui technique de l'ONEA en ouvrages de gestion des excreta et eaux usées ▪ l'existence de la société PRESFORT pour la vidange des boues de la mine. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'inexistence d'un site de dépôt aménagé ▪ L'absence d'une station de traitement des boues de vidange ▪ Les boues ne sont pas traitées ▪ Les vidangeurs manuels ne disposent pas de dispositif de transport des boues
Financier	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La commune bénéficie d'un appui financier pour la construction d'ouvrages de gestion des excreta ▪ L'existence d'un marché potentiel de réutilisations des boues 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La commune n'a pas un budget alloué pour la GBV ▪ La commune de Houndé ne fait pas de la gestion des boues de vidange une priorité
Réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'existence au niveau communal des textes règlementant la gestion des boues de vidange ▪ L'existence de document de planification de la filière des boues de vidanges ▪ La présence d'une politique de planification en matière d'assainissement (PSA, PCD) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La non application et respect des textes existants par manque de volonté et de capacité ▪ les boues brutes sont utilisées en agriculture sans aucun traitement (pas de normes de rejet et pas de contrôle)
Organisationnel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'existence d'une vingtaine de vidangeurs manuels au niveau de la commune (15 ont été recensés par la mairie) ▪ L'ONEA vient en appui aux ménages dans la gestion des ouvrages d'assainissement ▪ Les vidangeurs sont organisés en association et travaillent dans des conditions peu recommandées 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La mauvaise organisation de la filière de GBV ▪ L'inexistence d'un cadre de concertation des différents acteurs ▪ L'absence d'intégration entre les différents acteurs

2. Proposition d'amélioration de la gestion des boues de vidange

Pour améliorer la gestion des BV des solutions adaptées seront proposées sur l'ensemble de la chaîne : il faut noter que les solutions proposées tiennent compte des recommandations des différents acteurs de la filière GBV, de la capacité financière et technique de la mairie à les mettre en œuvre, de la réalité de la ville de Houndé et également des expériences et initiatives vécues ailleurs en matière de gestion durable des boues de vidange.

2.1. Schéma optimisé de la gestion des boues de vidange

Les figures 9 et 10 présentent respectivement le schéma actuel et le schéma proposé pour améliorer la gestion des boues de vidange à Houndé. Ainsi les maillons transport et traitement qui n'existaient pas dans la filière sont proposées dans le nouveau schéma. Le transport et dépôt des boues doivent être contrôlés par la mairie pour s'assurer que les boues parviennent effectivement au niveau de la station.

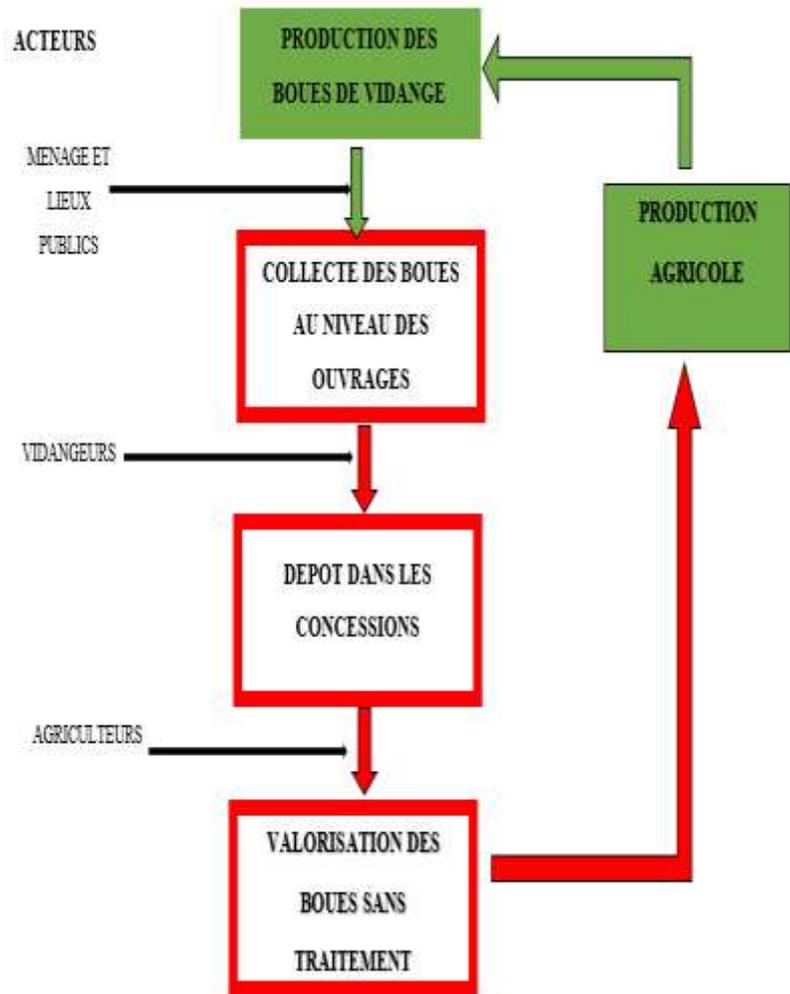


Figure 9: Schéma actuel de la GBV

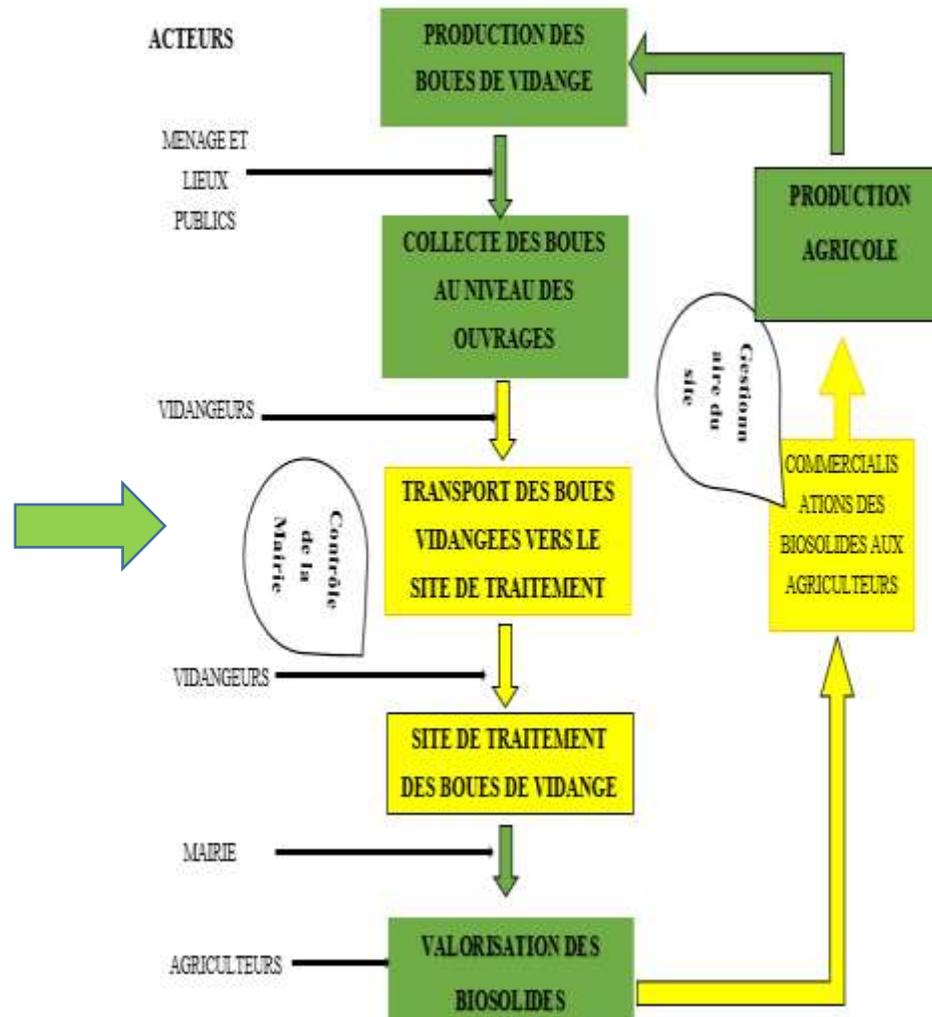


Figure 10: Schéma proposé pour l'amélioration de la GBV

2.2. Interaction des acteurs dans le schéma proposé

La figure 11 présente les interactions entre les acteurs de la GBV. L'avenir du schéma proposé dépend du résultat combiné des actions, des choix et de l'engagement collectif de tous les acteurs. Nous avons intégré des acteurs potentiels c'est-à-dire des acteurs qui n'ont peut-être pas de poids actuellement dans la GBV à Houndé mais qui seront influents dans l'avenir. Le service de la santé et de l'hygiène publique est considéré comme un acteur potentiel.

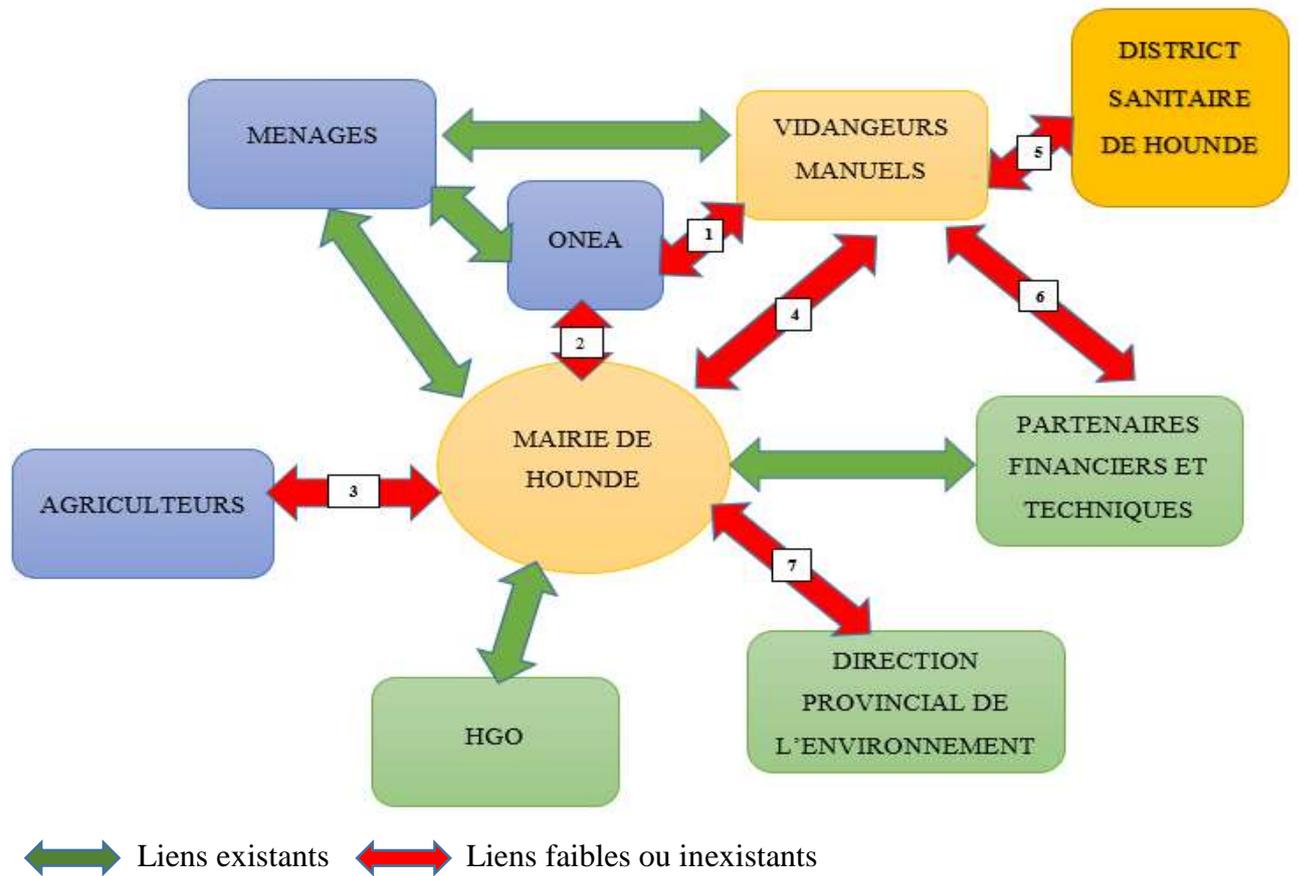


Figure 11: Interaction des acteurs dans la GBV optimisée

Le tableau XV décrit les interactions (1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7) entre les différents acteurs dont le lien n'existe pas dans la gestion actuelle.

Tableau XV: Implication des acteurs la GBV optimisée

Implications	Descriptions
1	L'ONEA en sa qualité de structure en charge du domaine de l'assainissement et de l'eau doit appuyer les vidangeurs en matière de renforcement des capacités.
2	La commune de Houndé bénéficie de l'appui de l'ONEA pour la mise en place du site de traitement des BV et de son exploitation. Cet appui peut être technique et ou financier
3	Les agriculteurs se procureront des boues traitées au niveau de la STBV. Les boues seront commercialisées par le gestionnaire du site et permettront à couvrir les charges liées à l'exploitation de la station.
4	La mairie et l'association sont liées par un contrat. Le système de contractualisation entre la commune et les vidangeurs manuels stipule qu'un membre (vidangeur manuel) de l'association loue le tricycle au niveau de la mairie qui est considérée comme le maître d'ouvrage du tricycle.
5	Le district Sanitaire de Houndé doit sensibiliser et appuyer les vidangeurs manuels pour les différents vaccins en rapport avec leur métier pour minimiser les différents risques sanitaires auxquels ils sont confrontés.
6	Les partenaires font des dons ou subventions à l'association dans le but de l'atteinte de leurs objectifs ou offrent des ateliers de formation pour renforcer leurs capacités. Ces dons peuvent être des équipements de vidange ou des bons de carburant, des prises en charge pour des vaccins etc...
7	La Direction Provinciale de L'environnement s'assure que les boues sont acheminées à la STBV

Les nouveaux rôles et responsabilités des acteurs sont consignés dans le tableau XVI :

Tableau XVI: Rôles et responsabilités des acteurs

ACTEURS OU PARTIES PRENANTES	ROLES ET RESPONSABILITES
ACTEURS CLES	
Mairie de Houndé : Noyau du nouveau système de GBV proposé	<ul style="list-style-type: none"> • Se positionner au centre de toute initiative allant dans le sens de la filière de GBV • Jouer le rôle central de régulation et de contrôle afin que les autres acteurs se conforment aux règles établies • S'assurer de la mise en œuvre des textes adoptés au niveau communal sur la GBV • Développer et assurer la pérennité du système de contractualisation (vidangeurs manuels – Mairie) • Mettre à la disposition des vidangeurs du matériel de transport à des frais de location raisonnables • Construire la station de traitement des boues de vidange et assurer sa gestion durable soit par la mairie elle-même soit en délégrant la gestion à un privé
ONEA : conseiller incontournable dans le système	<ul style="list-style-type: none"> • Venir en appui et conseil pour le renforcement de capacités des acteurs dans la gestion des boues de vidange (vidangeurs manuels, mairie, ménages, maçons) • S'assurer que les nouveaux ouvrages d'assainissement en construction dans la ville de Houndé sont des ouvrages homologués
Vidangeurs manuels : acteurs émergents et incontournables dans le système, un rôle cardinal à jouer	<ul style="list-style-type: none"> • S'imprégner et assurer la pérennité du système de location du matériel de transport à la mairie • Respecter les clauses du contrat de location • Bien entretenir les différents équipements pour la vidange (EPI et fûts métalliques) et les tricycles • Respecter les différents textes et règles en matière de GBV adoptés au niveau de la commune de Houndé • Acheminer les boues vidangées vers la station de traitement des BV
ACTEURS PRIMAIRES	
Ménages : Clients	<ul style="list-style-type: none"> • Respecter les conditions d'utilisation des latrines prescrites par l'ONEA : la latrine n'est pas une poubelle mais un ouvrage pour gérer les excréta. • Eviter de déverser les boues dans les concessions soit disant qu'elles nous appartiennent mais plutôt demander aux vidangeurs (mécanique ou manuel) de les envoyer au centre de traitement sous peine de dénonciation au niveau de la mairie.

	<ul style="list-style-type: none"> • Recourir aux vidangeurs pour vider la fosse ne pas le faire soi-même • Payer le prix convenu avec le vidangeur pour enlever les boues
Agriculteurs : acteurs incontournables pour la valorisation et la commercialisation des boues traitées (la chaîne de valeur)	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des BV traitées comme amendements selon les règles recommandées • Eviter de solliciter le dépôt des boues non traitées dans les champs par le camion vidangeur ou par le vidangeur manuel. • Acheter des boues traitées au niveau du site de traitement
Opérateurs de la vidange mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • Acheminer toutes les boues vidangées au site de traitement • Eviter le dépotage sauvage des boues dans les champs
HGO	<ul style="list-style-type: none"> • Payer la somme convenue pour le traitement des boues (fixé au m³) • Acheminer uniquement les boues de vidange au site de traitement
ACTEURS SECONDAIRES	
Partenaires techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Accompagner la mairie dans la mise en place de la station de traitement • Appuyer la mairie dans la gestion du site de traitement à travers les programmes de renforcement de capacité • Appuyer les autres acteurs (vidangeurs, ménages, etc....) dans les formations et les activités de renforcement de capacité.
Direction provinciale l'environnement : agit en tant que la police	<ul style="list-style-type: none"> • Fixer les conditions de collecte, transport et déchargement des boues de vidange en collaboration avec les vidangeurs. • Contrôler le respect des normes environnementales relatives à l'exploitation du centre de traitement
ACTEUR POTENTIEL	
Service de l'hygiène et de la santé publique : acteur potentiel et incontournable	<ul style="list-style-type: none"> • Définir les conditions d'hygiène pour la vidange manuelle des boues, la collecte ainsi que le dépôt • Sensibiliser les acteurs (ménages, vidangeurs et agriculteurs...) sur les bonnes pratiques d'hygiène en matière des boues de vidanges • Accompagner l'association des vidangeurs manuels pour les différents vaccins • Accompagner les vidangeurs mécaniques pour les vaccins et le suivi

3. Quantification des boues de vidange

3.1. Au niveau de la ville de Houndé

Le tableau XVII présente l'estimation des quantités de boues produites au niveau de la ville de Houndé. Le volume journalier de production de boues est de 23.78 m³.

Tableau XVII: Quantification des boues au niveau des ménages

Désignation	Valeurs
Population de la ville de Houndé (RGPH, 2006)	39 458
Taux de croissance % (Mairie de Houndé, 2018)	3.25
Population actualisée à l'horizon 2030	79 281
Production spécifique (l/hab/jr)	0,30
Volume total de boue annuelle (m ³ /an)	8 681,24
volume journalier (m ³ /jr)	23,78

3.2. Au niveau de la mine Houndé Gold Operation

La quantification des boues collectées au niveau de HGO est consignée dans le tableau XVIII. Le volume de production des boues de vidange est estimé à 2.67 m³ mais le volume de pointe journalier est 20 m³/jour.

Tableau XVIII: Quantification des boues au niveau de la mine HGO

Désignation	Valeurs
Capacité du camion vidangeur (m ³)	5
Nombre de rotation par mois	16
Volume total de boue mensuel (m ³ /mois)	80
Volume journalier (m ³ /jr)	2.67
Volume de pointe journalier (m ³ /jr)	20

4. Caractéristiques des boues de vidange

Le tableau XIX présente les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des boues de vidange de la ville de Houndé.

Tableau XIX: Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des BV

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Norme de Rejet (Burkina Faso, 2015)
pH	6,85	9,64	8,82	0,52	6,5-9
Conductivité (mS/cm)	1,21	18,12	4,36	3,61	1
Masse volumique (kg/l)	-	-	1.032	-	
MS (mg/l)	2 075,96	598 788,60	158 990,53	122 347,14	
MV (mg/l)	1 139,74	176 560,94	83 515,07	53 954,72	
Teneur en eau (%)	41,98	99,80	84,59	11,86	
DCO (mgO ₂ /l)	4 680	124 680	68 100	41 439,85	150
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	2 400	62 400	19 800	18 055,78	40
DCO/DBO ₅	-	-	3.44	-	
NTK (mg/l)	168	4 519,20	1 993.88	1 131,13	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	120	3 696	1 404,80	1 162,82	35
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,12	1,80	0,82	0,49	0,9
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	24	432	142,60	92,44	11,4
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	18	11 220	3 451,96	2 813,78	0,8
Ca ²⁺ (mg/l)	96	2 208	745,60	463,28	
Mg ²⁺ (mg/l)	0	1 094,40	377,28	310,59	
CF (UFC/100ml)	1,79E+05	2,37E+11	8,89E+09	4,31E+10	
<i>E.coli</i> (UFC/100ml)	1,72E+05	2,32E+11	8,62E+09	4,22E+10	
SF (UFC/100ml)	1,00E+06	1,64E+10	2,13E+09	4,45E+09	
Œufs d'helminthes (œufs/l)	12	1560	253	468.87	

En comparant les valeurs moyennes avec les normes de rejet au Burkina Faso, il ressort que seuls le pH et les nitrites sont conformes aux normes de rejet. Les paramètres mesurés présentent une grande variabilité ; cette variabilité peut être justifiée par la typologie des ouvrages d'assainissement, la fréquence et mode de vidange (Heinss et al., 1998). Cette variabilité a été observée également par Klingel et al. (2002) sur les boues de vidange de la ville d'Accra. Les boues sont Basiques (pH= 8.82), cette valeur de pH est compatible avec le développement des bactéries qui assurent le traitement des boues, (Degremont, 2005). En ce qui concerne la conductivité elle varie de 1.21 à 18.12 mS/cm avec une moyenne de 4.36 mS/cm, valeur assez comparable à celle des boues de vidange dépotées sur le Site de Zagtouli (Koné et al, 2016), cela témoigne que les boues sont très minéralisées cependant restent biodégradables eu égard au rapport DCO/DBO₅. On constate des concentrations assez élevées de matière sèche avec une valeur moyenne de 158.99 g/l .Cette valeur se rapproche de celle des BV de la ville de Dano (Zohoun, 2018). La teneur en matières volatiles 83 515.07 mg/l (80.71% de MS) témoigne que les boues ne sont pas encore assez stabilisées (Gbedo et al., 2015).

Les BV présentent des concentrations élevées en DCO et en DBO₅ par rapport aux valeurs prescrites par les normes de rejet avec une concentration moyenne respective de 68 100 mg/l contre 150 mg/l pour la DCO et 19 800 mg/l contre 40mg/l pour la DBO₅ . Ces valeurs sont relativement supérieures à celles relevées par d'autres auteurs Koné et al.(2016) , Kouawa et al. (2016), Gbedo et al. (2015), Dème et al.(2009), Bassan et al. (2013) , Strauss et Koné (2003), , Berteigne (2012), Koffi (2016) respectivement sur les boues de vidange dépotées sur le site de Zagtouli (Burkina Faso), les BV de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso), de Parakou (Bénin), de Dakar (Sénégal), Ouagadougou (Burkina Faso), de la ville d'Accra (Ghana), de Douala (Cameroun) et d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Cette différence pourrait s'expliquer par la dilution des boues (Koné, 2016) car les boues des latrines sont moins diluées que celle des fosses septiques (Defo et al., 2015) et par le fait que les latrines sont plus chargées en polluants que les fosses septiques (Breteigne,2012). Cependant ces valeurs se rapprochent de celles obtenues par Defo et al. (2015) sur les boues de vidange de la ville de Bafoussam (Cameroun) et des boues de vidange à l'entrée de la STVD de Antananarivo (Rochery, 2012). Le rapport DCO/DBO₅ (3.44) indique le caractère biodégradable des boues d'où le choix possible d'une technologie biologique de traitement.

Les boues de vidange contiennent des concentrations importantes en nutriments azotés et phosphatés avec une teneur d'azote total de 1822.09 mg/l et de phosphate totale de 1 128.9

mg/l. L'ammonium représente 60% de l'azote totale, cela s'explique par le fait que l'ammonium est le résultat de la désamination de l'azote organique et de l'urée (Jönsson et al., 2005). On constate que les concentrations en nitrites sont faibles avec une concentration moyenne de 0.82 mg/l et représente que 0.04% de l'azote total. Cette faible teneur s'explique par le fait que l'ion Nitrite (NO_2^-) est un composé intermédiaire, instable en présence d'oxygène et dont la concentration est généralement très inférieure à celles des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium (Compaoré, 2012). Les autres formes azotées, l'ammonium (N-NH_4^+), les nitrates (N-NO_3^-) et le NTK présentent de fortes teneurs respectivement de 1 404.80 mg/l, 142.60 mg/l, 1993.88 mg/l. Les boues peuvent donc être valorisées en agriculture. Bien que le phosphore et l'azote soient des nutriments pouvant être mis à profit dans l'agriculture, ils ont des impacts environnementaux s'ils sont mal gérés. Il s'agit de l'eutrophisation et des proliférations d'algues dans les eaux de surface et de la contamination de l'eau potable (Strande et al. 2014). Les boues ont des teneurs importantes en ions calcium et magnésium respectivement de 745.60 mg/l et 377.28 mg/l. Ces ions servent d'amendements calciques pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol.

Les analyses microbiologiques révèlent des concentrations très élevées en pathogènes. La concentration moyenne des coliformes fécaux est $8,89\text{E}+09$ UFC/100ml, et celle des streptocoques fécaux est $2.13\text{E}+09$ UFC/100ml. Ces concentrations sont supérieures à celles obtenues par Kouawa et al. (2016) et Baro (2012). A l'issue de l'analyse parasitologique, on observe une teneur moyenne de 253 œufs/l. Cette valeur est largement supérieure aux normes de réutilisation fixées par l'OMS (< 10 œufs/L pour les œufs d'helminthes). Les boues de vidange sont très concentrées en pathogènes et constituent donc des risques sanitaires pour ceux qui les manipulent sans traitement ainsi que pour l'environnement quand elles sont dépotées anarchiquement.

Toutefois il faut noter que les latrines traditionnelles sont très chargées en pollution comparées aux latrines VIP et les latrines SanPlat améliorées. (Annexe VI). Les latrines VIP présentent des teneurs les plus faibles. Ces faibles concentrations au niveau des latrines VIP pourraient s'expliquer par la configuration double fosses des latrines VIP et leur particularité à abattre les pollutions organique et microbiologique.

5. Etude technique de la mise en place d'un système de traitement des boues de vidange

5.1. Caractéristiques du site de traitement

La figure 12 représente le site d'implantation de la station de traitement choisi par la mairie de Houndé. Ce site est situé hors de la ville à l'Est de l'axe Houndé -Ouagadougou à environ 3 km à la sortie de la ville et 5km du centre-ville. Il a une superficie de 1,3 hectare. L'accès au site est facile car il est situé à environ 200 m de la Nationale 1. Il n'existe aucune zone habitation aux alentours. Cependant, il existe des parcelles de culture à quelques 400 m du site.



Figure 12: Localisation du site d'implantation de la STBV

5.2. Choix du système de traitement des boues de vidange

Les résultats pour la notation des systèmes de traitement des BV sont consignés dans le tableau XX. Les systèmes de traitement retenus pour l'évaluation sont des systèmes qui existent déjà dans certaines villes africaines comme Ouagadougou (Burkina Faso), Dakar (Sénégal), Kumasi (Ghana), Parakou (Bénin), Accra (Ghana), etc... Il s'agit de :

- Système 1 : Lits de séchage plantés
- Système 2 : Lits de séchage non plantés
- Système 3 : Bassin de sédimentation/ épaissement
- Système 4 : Biodigestion

Tableau XX: Notation des critères de sélection de la filière de traitement

Critères d'évaluation	ndération	Lits de séchage plantés	Lits de séchage non plantés	Bassin de sédimentation/ épaissement	Biodigesti on
Qualité de l'effluent et des boues selon les normes nationales.	5	3	3	1	2
Caractéristiques des boues (déshydratabilité, concentration, degré de digestion, capacité d'étalement).	4	3	3	3	3
Quantités et fréquence des dépotages de boues à la station.	2	2	2	2	2
Climat	3	3	3	3	3
Disponibilités foncières et coût	1	1	1	2	2
Intérêts pour la réutilisation (fertilisant, fourrage, biogaz, compost, fuel)	3	2	2	2	3
Compétences requises pour l'exploitation, la maintenance et le suivi-évaluation disponibles localement.	4	2	2	2	2
Pièces détachées disponibles localement.	2	3	3	3	3
Coûts d'investissement couverts (terrain, infrastructure, ressources humaines, renforcement des capacités)	5	1	1	1	2
Coûts d'exploitation-maintenance couverts	4	2	2	2	3
Total		74	74	65	78

Le système de traitement retenu pour la ville de Houndé est la biodigestion des boues combinée avec une aire de compostage. Les digestats du digesteur seront co-compostés avec les ordures ménagères car la Mairie de Houndé prévoit la mise place d'une station de traitement des déchets ménagers sur le même site. Il faut noter que la biodigestion est considéré comme un système décentralisé et a été choisi comme technologie de traitement dans le cadre de la mise en œuvre du projet MIASA (Mise en œuvre d'améliorations des services d'assainissement adaptés à l'agglomération d'Antananarivo) au Madagascar.

5.3. Dimensionnement de la filière de Traitement

5.3.1 Présentation de la filière

La filière de traitement proposée est constituée :

- 3 degriilleurs pour le prétraitement : la mise en œuvre d'un dégrillage en entrée des digesteurs est recommandée pour éviter les dysfonctionnements liés à l'introduction de matériaux grossiers. Le degriilleur va permettre d'éliminer les matières solides qui peuvent gêner le fonctionnement des biodigesteurs et boucher les tuyaux d'entrée et de sortie des biodigesteurs (matières plastiques, verre, tissus etc...) ;
- 2 fosses d'entrée des boues au niveau de chaque biodigesteur de volume 0.5 m^3 de dimensions $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.5\text{m}$. Chaque fosse d'entrée sera munie d'un degriilleur ;
- 6 regards de sortie : à la sortie de chaque biodigesteur et de chaque bassin de lagunage ;
- 2 biodigesteurs de volume 730 m^3 à l'entrée de la station en parallèle ;
- 1 biodigesteur avec filtre anaérobie en série de volume 730 m^3 ;
- 3 bassins de lagunage : anaérobie, facultatif et maturation de volume respectif 240 m^3 , 1078 m^3 et 186 m^3 pour le traitement du surnageant ;
- 1 aire de stockage du digestat de capacité 500 m^2 avec pente 0.5% dirigeant les eaux d'égouttage dans les regards du biodigesteur à filtre anaérobie.

Les biodigesteurs seront de type cylindrique et enterrés où le diamètre sera égal à la hauteur. La mise en œuvre sera réalisée en béton armé. Ils seront alimentés de manière continue avec un débit constant. Cette technologie est idéale pour les installations de grandes tailles (Hess, 2008). La digestion est mésophile ($T=35 \text{ }^\circ \text{C}$) car ce type de digestion est plus stable et permet une économie d'énergie.

Le lisier de porc ou de bovin sera utilisé comme co-substrats car ils permettent d'augmenter la surface de fixation des bactéries méthanogènes dans le digesteur accélérant ainsi la dégradation.

Le choix du lisier de porc et bovin comme Co-substrat se justifie par le fait qu'ils ont un très bon pouvoir de méthanisation et sont disponibles localement en quantité abondante. Leur apport se fera chaque semaine au niveau des biodigesteurs. La quantité hebdomadaire est de 96 kg. La surface totale nécessaire pour la mise en place de la station est de 2474.32 m² La figure 13 présente l'aménagement de la station de traitement.

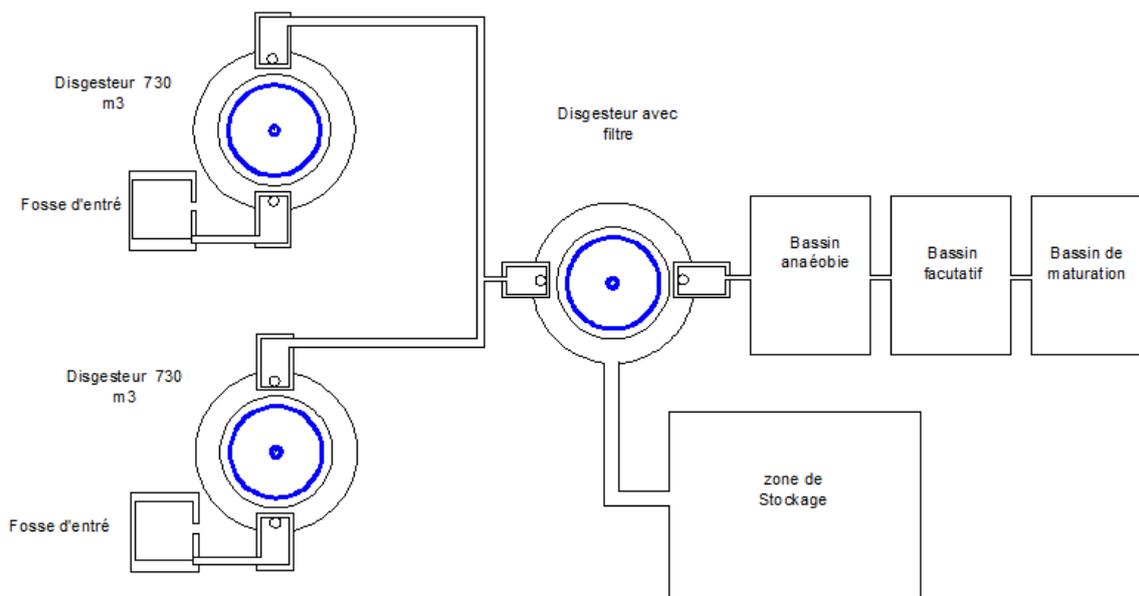


Figure 13: Présentation de la station de traitement des boues de vidange

5.3.2 Dimensions des ouvrages

- Le dégrillage

Tableau XXI: Dimensions du degrilleur

Désignation	valeur	Unité
Diamètre ouverture du camion (D)	0,15	m
Surface ouverture du camion (S)	0,018	m ²
Vitesse maximale à la sortie du camion (Vm)	4	m/s
Débit de vidange (Qp)	0,07	m ³ /s
Vitesse de passage des boues entre les barreaux (Vp)	1	m/s
Surface utile (Su)	0,07065	m ²
Section mouillée (Sm)	0,168	m ²
Coefficient de colmatage dû à l'encombrement des barres (θ)	0,6	

Espacement libre entre barreau (e) et Epaisseur barreau (b)	15	e (mm)
	10	b (mm)
Coefficient de colmatage dû aux boues de vidange (C)	0,3	

- Le biodigesteur

Tableau XXII: Dimensions du biodigesteur

Désignation	valeur	unité
Débit journalier au niveau des ménages (Qj)	23,78	m ³ /j
Débit journalier au niveau de la mine (Qj)	2.67	m ³ /j
Débit de pointe journalière au niveau des ménages (Qpj)	23,78	m ³ /j
Débit de pointe journalière au niveau de la mine (Qpj)	20	m ³ /j
Débit de dimensionnement	43,78	m ³ /j
Temps de rétention hydraulique (TRH)	25	jours
Volume utile du digesteur (Vu)	1094,5	m ³
Facteur de stockage du biogaz (f)	1,33	
Volume final du digesteur (Vf)	1455,68	m ³
Volume du gazomètre (G)	361,18	m ³
Nombre de digesteur (N)	2	
Volume d'un digesteur	727,84	m ³
Diamètre (D)	9,75	m
Hauteur (H)	9,75	m
Surface (S)	74,64	m ²

- Bassin Anaérobie

Tableau XXIII: Dimensions du bassin Anaérobie

Désignation	Valeur	Unité
Température du mois le plus froid (T)	25	°C
Charge volumique (Cv)	350	gDBO5/m ³ .jr
Débit du surnageant (Qs)	21.16	m ³ /jr
Débit brut (Q)	26,45	m ³ /jr

Concentration moyenne en DBO ₅ (C _m)	19800	mg/l
Quantité annuelle de DBO ₅ (M _{DBO5})	523,71	Kg/jr
Rendement d'abattement de la DBO ₅ au niveau des biodigesteurs (R _{DBO5})	60	%
Rendement d'abattement de la DBO ₅ au niveau du biodigester avec filtre	60	%
Charge journalière de DBO ₅ dans le biodigester à filtre (C _{DBO5})	209,48	Kg/jr
Charge journalière de DBO ₅ dans le Bassin anaérobie (C _{DBO5})	83,79	Kg/jr
Volume du bassin anaérobie (V _a)	239,41	m ³
Nombre de bassins (N)	1	
Profondeur du bassin anaérobie (H)	3	m
Surface à mi-profondeur du bassin anaérobie (S _a)	79,80	m ²
Temps de séjour (T _s)	11.31	jours
Rapport longueur /Largeur (r)	2	
Largeur à mi-profondeur du bassin (l)	6,32	m
Longueur à mi-profondeur du bassin (L)	12,63	m
Pente du talus du bassin (n)	1	
Longueur du fond (L _f)	9,63	m
Largeur du fond (l _f)	3,32	m
Surface du fond (S _f)	31,95	m ²
Revanche (R)	0,50	m
Longueur supérieure (L _{sup})	16,63	m
Largeur supérieure (l _{sup})	10,32	m
Surface supérieure du bassin anaérobie (S _{sup})	171,60	m ²

- Bassin Facultatif

Tableau XXIV: Dimensions du bassin facultatif

Désignation	Valeur	Unité
Température du mois le plus froid (T)	25	°C
Pourcentage DBO ₅ éliminé dans le bassin anaérobie (R _{DBO5})	70	%
Charge surfacique (C _s)	350	KgDBO ₅ /ha.j
Débit du surnageant (Q _s)	21,16	m ³ /jr

Débit brut (Q)	26,45	m ³ /jr
Masse journalière de DBO ₅ dans le bassin anaérobie (M _{DBO5})	83,79	kg/jr
Masse journalière de DBO ₅ dans le bassin facultatif (C _{DBO5})	25,14	Kg/jr
Surface à mi-profondeur du bassin facultatif (S _{bf})	718,23	m ²
Hauteur du bassin facultatif (H)	1,5	m
Volume du Bassin facultatif (V _{bf})	1077,35	m ³
Revanche (R)	0,5	m
Temps de séjour (Ts)	50,91	jr
Rapport longueur /Largeur (r)	2	
Largeur à mi-profondeur du bassin (l)	18,95	m
Longueur à mi-profondeur du bassin (L)	37,90	m
Pente du talus du bassin (n)	1	
Longueur du fond (L _f)	36,41	m
Largeur du fond (l _f)	17,45	m
Surface du fond(S _f)	635,20	m ²
Revanche (R)	0,5	m
Longueur supérieure (L _{sup})	40,40	m
Largeur supérieure (l _{sup})	21,45	m
Surface supérieure du bassin facultatif (S _{sup})	866,61	m ²

- Bassin de maturation

Tableau XXV: Dimensions du bassin de maturation

Désignation	Valeur	Unité
Constante cinétique (K _b)	6,20	
Température du mois le plus froid (T)	25	°C
Temps de rétention (Tr)	10	Jours
Débit du surnageant (Q _s)	18,51	m ³ /jr
Débit brut (Q)	26,45	m ³ /jr
Nombre de bassins (n)	1	
Volume du bassin de maturation (V _m)	185,15	m ³

Profondeur du bassin (H)	1,00	m
Surface à mi-profondeur du bassin de maturation (Sm)	185,15	m ²
Rapport longueur /Largeur (r)	2	
Largeur à mi-profondeur du bassin (l)	8,75	m
Longueur à mi-profondeur du bassin (L)	17,51	m
Pente du talus du bassin (N)	1,00	
Longueur du fond (Lf)	19,24	m
Largeur du fond (Lf)	8,62	m
Surface du fond (Sf)	157,28	m ²
Revanche (R)	0,50	m
Longueur supérieure (Lsup)	21,24	m
Largeur supérieure (l _{sup})	11,62	m
Surface supérieure du bassin de maturation (S _{sup})	246,88	m ²

- L'aire de stockage du digestat

Tableau XXVI: Dimensions de l'aire de stockage du digestat

Désignation	Valeur	Unité
Taux d'élimination de la matière sèche (R _{MS})	40	%
Teneur de MS restant	60	%
Teneur en matières sèches (MS)	15,88	%
Quantité annuelle de boues de vidange (Q _a)	9641,24	m ³ /an
Quantité mensuelle de boues de vidange (Q _m)	803,44	m ³ /mois
Production mensuelle de digestat (P _m)	76,56	m ³
Production de digestat pendant 3 mois (P _t)	229,65	m ³
Volume de l'aire de stockage (V)	229,65	m ³
Hauteur de l'aire de stockage (H)	0,5	m
Surface (S)	459,31	m ³
Longueur (L)	30.31	m
Largeur (l)	15.15	m

- Production de biogaz

Tableau XXVII: Estimation de la quantité de biogaz

Désignation	Valeur	Unité
Productivité du biogaz par litre de boue de vidange (P)	100,33	ml/l
Quantité annuelle de boues de vidange	9641,24	m ³ /an
Production annuelle de biogaz	967,31	m ³ /an
Production journalière	2,69	m ³ /jr

6. Etude financière de la mise en place de la station de traitement et valorisation des BV

6.1. Coût d'investissement

Le Tableau XXVIII récapitule les coûts de réalisation des différents ouvrages de la station de traitement des boues de vidange. Ces charges couvrent toutes les dépenses rentrant dans la réalisation des ouvrages de traitement, l'équipement et l'aménagement du site. Le coût sommaire s'élève à **77 623 439** Francs CFA.

Tableau XXVIII: Estimation des Coûts en FCFA de la réalisation de la STBV

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Total
Biodigesteurs	u	3	7 794 563	23 383 689
Bassin Anaérobie	u	1	5 718 450	5 718 450
Bassin Facultatif	u	1	17 883 736	17 883 736
Bassin de maturation	u	1	5 027 564	4 523 651
Aménagement aire de stockage	u	1	11 549 000	11 549 000
Canal de dégrillage	u	1	1 000 000	1 000 000
Grille manuelle inox barre d'espacement 10mm	u	1	100 000	100 000
grille manuelle inox barre d'espacement 5mm	u	2	100 000	200 000
Batardeaux en inox	u	2	80 000	160 000
Clôture en grillage de 3 mètres de haut	ml	456	10 000	4 560 000
Canal de drainage des eaux issues de la zone de stockage du digestat	ml	60	35 000	2 100 000
Local personnel et magasin	u	1	1 500 000	1 500 000
Hangar	m ²	150	15 000	2 250 000

Fourniture de tricycle	u	2	1 000 000	2 000 000
Fourniture en chariot	u	2	100 000	200 000
Total				77 623 439

6.2. Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation de la STBV comprennent les charges du personnel et les charges liées au fonctionnement. Les charges du personnel sont liées à la rémunération du personnel.

Ainsi le personnel de la station sera constitué de :

- 1 gérant ;
- 2 ouvriers qualifiés ;
- 1 gardien,
- 1 Technicien

Les charges de fonctionnement comprennent le coût d'entretien des installations, l'électricité, le coût des fournitures de bureau et de remplacement des petits matériels. Les charges d'exploitation à la première année s'élèvent à **6 923 700 CFA** (Annexe VII). Les charges d'exploitations pourront être financées sur le budget de la commune (prévoir une ligne budgétaire), par une redevance payée à chaque dépotage des boues et par les recettes issues de la vente du compost.

6.3. Recettes

6.3.1 Vente du compost

Les boues vidangées des biodigesteurs seront mélangées à des déchets solides organiques pour produire du compost. La vente du compost permettra l'établissement d'un flux financier vers la STBV. Le coût moyen de vente du compost à base de boues de vidange sera fixé à 1 400 francs par charrette. Il faut noter que le volume d'une charrette varie entre 1.5 et 2 m³. Si la digestion des boues s'effectue normalement, la production annuelle de digestat est estimée à 9 641.24 m³. Si on suppose que tout le compost produit est vendu, les recettes issues de la vente du compost sont estimées à **6 748 848 FCFA** à la première année.

6.3.2 Dépotage des boues et taxes d'assainissement

Les vidangeurs manuels ne payeront pas des frais de dépôts pour les boues à la STBV, Cependant les vidangeurs mécaniques payeront à chaque fois qu'ils déverseront les boues. On supposera que 10% des boues dépotées à la station annuellement sont vidangées mécaniquement hors mis les boues pompées à la mine. Le coût de la vidange sera fixé à 300

FCFA/m³ (Ce tarif équivaut au tarif d'équilibre calculé pour la STBV de Bobo Dioulasso). La recette attendue pour les frais de dépôts est **260 437 FCFA** à la première année.

Les taxes d'assainissement seront perçues à travers les factures de consommation d'eau potable. Cette taxe est actuellement de 21 FCFA/m³ pour les branchements privés et 10 FCFA/m³ pour les bornes fontaines. On supposera que seulement 50% de la taxe d'assainissement rentrera dans la gestion et le fonctionnement de la STBV. Ainsi la somme s'élève par an à **599 319 FCFA**.

6.4. Sources de Financement

La commune de Houndé en tant que maître d'ouvrage peut mobiliser les ressources financières pour mettre en place la STBV à partir de ses propres ressources. Si elle ne dispose pas assez de ressources pour la mise en place de la station, elle a la possibilité de mobiliser des fonds à travers :

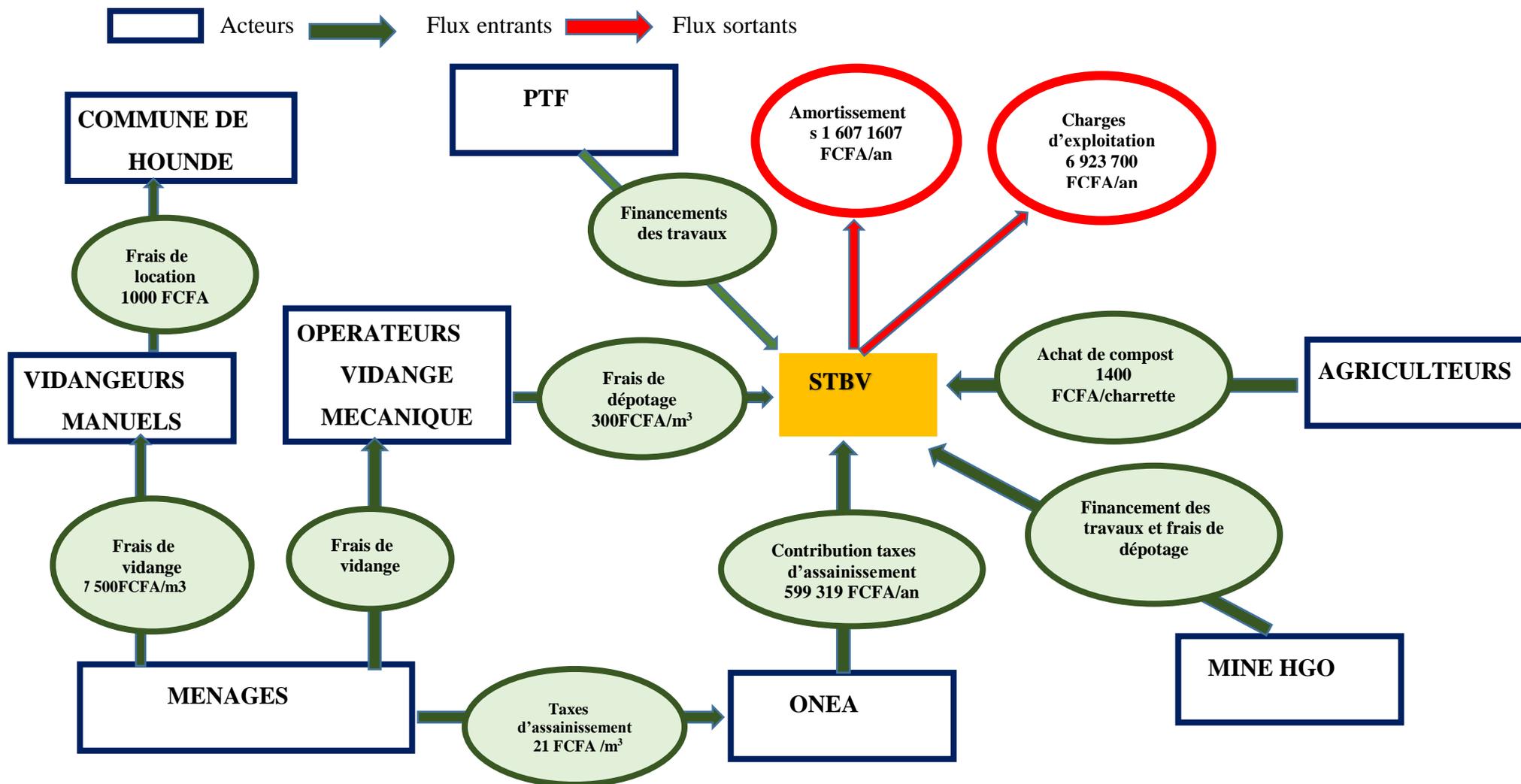
- la mine de Houndé dont les boues représentent environ 10% des boues traitées à la STBV ;
- les subventions publiques auprès de l'Etat ;
- l'aide publique au développement, des ambassadeurs de bonne volonté ;
- les emprunts contractés auprès d'institutions bancaires.

6.5. Flux financiers

Après la mise en service de la STBV, les flux financiers seront générés. Ainsi Pour obtenir un équilibre financier, l'ensemble des dépenses liées au fonctionnement de la station ne doivent pas dépasser les recettes. La figure 13 représente les différents flux financiers entre les différents acteurs.

L'analyse des cash-flows montre que la valeur actuelle nette (VAN) reste toujours négative après 30 ans (Annexe VIII). Cela se justifie par les faibles coûts de vente de compost et de dépôts de boues par les opérateurs de la vidange mécanique. Par conséquent la commune doit mobiliser des aides financières externes pour la mise en place de la station.

Figure 14: Flux financiers entre les différents acteurs



CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude avait pour objectif de contribuer à l'élaboration d'un plan de gestion durable des boues de vidange de la commune de Houndé.

Les résultats montrent que le taux de couverture en ouvrages de gestion des boues de vidange dans la ville de Houndé est satisfaisant, cependant la défécation en plein air est toujours pratiquée dans la commune. Les ménages utilisent majoritairement les latrines traditionnelles comme ouvrages de gestion des boues. En effet la vidange des fosses est assurée par les vidangeurs manuels exerçant dans la commune dont le tarif est supérieur à 5 000 FCFA. Les boues après vidange sont déversées directement à côté des concessions avant d'être acheminées vers les parcelles de culture sans aucun traitement car il n'existe pas une station de traitement des boues de vidange dans la commune. Dans la gestion de la filière des boues de vidange, on distingue huit (08) acteurs aux rôles plus ou moins précis dont les acteurs clés sont : la commune, les vidangeurs manuels et l'ONEA. Toutefois malgré la commune de Houndé dispose des documents de planification et des textes règlementant la filière de GBV, son rôle d'actrice clé et centrale n'est pas totalement assumée.

En moyenne environ 23.78 m³ de boues de vidange sont produites par jour au niveau de la commune de Houndé et environ 80 m³ de boues sont pompées par mois à la mine HGO. Les résultats d'analyse physico-chimique et microbiologique des boues ont relevé que les charges polluantes sont très élevées par rapport aux normes de rejet prescrites par le Burkina Faso sauf le pH et la concentration en nitrites. En outre il a été mis en évidence que les latrines traditionnelles sont beaucoup plus chargées en polluants que les latrines VIP.

Enfin la biodigestion des boues avec co-compostage du digestat et le traitement du surnageant par lagunage s'est avéré adaptée pour le traitement des BV de la commune de Houndé. Le coût sommaire de la mise en œuvre de la station s'élève à 77 623 439 FCFA et la superficie du terrain nécessaire pour l'implantation de la station est 0.25 ha.

La solution de traitement retenue a le mérite d'être vérifiée lors du fonctionnement car le dimensionnement des ouvrages s'est fait sur des données d'autres villes africaines outre celles du Burkina Faso. De plus ce dimensionnement même s'il est complet permet d'avoir juste une estimation des moyens financiers et fonciers à déployer pour la construction de la station.

Pour la mise en œuvre effective de la STBV de la ville de Houndé, nous recommandons de :

- Faire une étude géotechnique des sols afin de s'assurer de la stabilité des digesteurs ;

- Faire l'étude des impacts environnementaux de la mise en place de la station ; afin d'évaluer les impacts que pourraient engendrer l'installation d'une telle infrastructure pour identifier les mesures d'atténuation des impacts négatifs.

Pour la gestion durable de la future station, nous recommandons à la commune de Houndé :

- Identifier les différents acteurs qui seront impliqués dans la gestion de la station et mettre en place une fédération pour assurer la bonne gestion de la station ou déléguer la gestion de la station à un opérateur privé (soit la concession ou l'affermage).
- Mettre en place des actions garantissant la bonne utilisation de toutes les installations de la station ainsi que leur entretien sur le long terme

Nous recommandons également à la commune de Houndé de:

- Faire une étude de faisabilité de la mise en place d'un site maraîcher en aval de la STBV
- Faire une étude plus détaillée sur l'étude du marché pour la commercialisation du - compost et une étude sur les "tests" agronomiques avec les maraîchers.

Comme perspectives :

- Mettre en place une station pilote de traitement en vue d'évaluer les différents taux d'abattement de la pollution ainsi la production du biogaz ;
- Faire une étude de caractérisation du biogaz.

BIBLIOGRAPHIE

- Akpaki, O., Baba, G., Koledzi, K.E., and Segbeaya, K. (2016). Quantification et valorisation en biogaz des boues de vidange du site d'Attidjin à Lomé. 30.
- Allaoui, M., Mohati, E. L. H., Saadallah, M., & El Harfi, A. (2016). Performance épuratoire de STEP de Dar El Gueddari (Lagunage naturel)/[STEP purifying performance of Dar El Gueddari (Natural lagoons)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16(4), 704.
- Bassan, M., Mbéguéré, M., et Zabsonré, F. (2013). Integrated faecal sludge management scheme for the cities of Burkina Faso. *Journal of water, Sanitation and Hygiène for développement*, 03 (2), 216-221.
- Arthur R., Hammond A.B. (2010). Potential Biogas Production from Sewage Sludge: A Case Study of the Sewage Treatment Plant at Kwame Nkarumah University of Science and Technology, Ghana. *International Journal of Energy and Environment* 1 (6), p. 1009-1016.
- Barro, R. (2012). Contribution à la mise en place d'une station de traitement des matières de vidange par lits de séchage plantés de *Echinochloa pyramidalis* à Ouagadougou.
- Berteigne, B. (2012). Projet MAFADY: Quantification et caractérisation des boues de vidange issues des villes de Douala et Yaoundé (Cameroun) et proposition de traitement.
- Bigumandondera, P. (2014). Étude de l'assainissement non collectif en Afrique Subsaharienne : Application à la ville de Bujumbura. 276 p.
- Blunier, P., Koanda, H., Koné, D., Strauss, M., Klutsé, A., and Tarradellas, J. (2004). Quantification des boues de vidange. Exemple de la ville de Ouahigouya, Burkina Faso. In *Forum de Recherche En Eau et Assainissement*, p. 8.
- Compaoré, F. (2012). Gestion des eaux usées et excreta dans un milieu carcéral en Afrique de l'ouest: cas de la maison d'arrêt et de correction de Ouagadougou (MACO) au Burkina Faso.
- Defo, Fonkou, C., Mabou, T., Nana, P., Manjeli, P., and Yacouba (2015). Collecte et évacuation des boues de vidange dans la ville de Bafoussam, Cameroun (Afrique centrale). *Univ. Qué. À Montr. Vertigo*.

- Diagne, E. (2005). Implantation et dimensionnement d'une station de traitement de boues de vidange dans la commune de Ouahigouya.
- Dinepa. (2012). Fiche technique: estimation, échantillonnage et analyse sommaire des boues ».
- Gbedo, J., Aicheou, A., Aboudou, R. (2015). Caractérisation des boues de vidange brutes et de leurs sous-produits dans la ville de Parakou-Université d'Abomey-Calavi.
- Halouni S.M. (2013). Valorisation énergétique des boues de stations d'épuration-Office Nationale de l'Assainissement, Algerie.
- Heinss U., Larmie S.A., Strauss M. (1998). Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics – Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design, EawagSandec, Report No. 05/98.
- Jönsson H., Baky A., Jeppsoon U., Hellström D., Kärrman E. (2005). Composition of Urine, Faeces, Greywater and Biowaste for Utilization in the URWARE Model. Urban water Report of the MISTRA Programme, Report 2005:6, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
- Klingel, F., Montangero, A., Kone, D., and Strauss, M. (2002). Gestion des boues de vidange dans les pays en développement : Manuel de planification.
- Koanda, H. (2006). Vers un assainissement urbain durable en Afrique subsaharienne: Approche innovante de planification de la gestion des boues de vidange. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Koffi, S. (2016). Etude d'avant-projet détaillé d'une station de traitement des boues de vidange du district d'Abidjan.
- Konaté, Y. (2015). Procédés biologiques d'épuration.
- Kone, M., Service, E., Ouattara, Y., Ouattara, P., Bonou, L., and Joly, P. (2016). Caractérisation des boues de vidange dépotées sur les lits de séchage de zagtouli (Ouagadougou).
- Kouawa, T. (2016). Traitement des boues de vidange par lits de séchage sous climat soudano-sahélien (Doctoral dissertation).
- Lilien, G., et al. (2017). Proposition pour la réhabilitation de la station d'épuration de la commune d'ElAttaouia. Maroc.
- Mbéguéré, M., Dodane, P.-H., and Koné, D. (2011). Gestion des Boues de Vidange.

- Meftah, A. (2018). Valorisation énergétique par la méthanisation de boues de station d'épuration (STEP), Cas d'étude station Est de la ville Tizi-Ouzou (pont de bougie) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou).
- Mindele, U., Leonard (2016). Caractérisation et tests de traitement des déchets ménagers et boues de vidange par voie anaérobie et compostage pour la ville de Kinshas. Université de Liège, Liège, Belgique.
- Montangero, A., Strauss, M., Dembélé, A., and Faso, B. (2002). Gestion des boues de vidange: Parent pauvre de l'assainissement et défi à relever. Eawag.
- ONEA (2012). Etudes détaillées d'exécution, élaboration des dossiers d'appel d'offres, supervision et contrôle des travaux, suivi et surveillance environnementale de la construction de deux stations de traitement des boues de vidange dans les villes de Ouagadougou et Bobo-dioulasso : rapport d'avant-projet détaillé (APD) version définitive.
- PCD-Houndé (2017). Plan Communal de Développement de la commune de Houndé. Rapport définitif.
- PSA-Houndé.(2012).Plan stratégique d'assainissement des eaux usées et excréta de la commune de Houndé.
- RGPH. (2006). Recensement générale de la population et de l'habitat.
- Rochery, F., and Gabert, J. (2012). La filière de gestion des boues de vidange : de l'analyse aux actions – Actes de l'atelier du 1er mars 2012.
- Strande L., Ronteltap M., Brdjanovic D. (Eds.) (2014). Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation. IWA Publishing. Édition française
- Strauss, M., Koné, D., Koanda, H., and Steiner, M. (2000).Gestion des matières fécales urbaines-situation, défis et solutions prometteuses.

VI. ANNEXES

Annexe I: Formulaires d'enquête au niveau des ménages	I
Annexe II : Tableau de notation des systèmes de traitement des boues de vidange	III
Annexe III: Questionnaire d'enquête au niveau des agriculteurs	IV
Annexe IV: Questionnaire d'enquête au niveau des vidangeurs manuels	V
Annexe V: Points de prélèvement des échantillons	VII
Annexe VI: Résultats d'analyses par type d'ouvrages	VIII
Annexe VII: Estimation des coûts liés à la STBV	IX
Annexe VIII: Cash-Flow et Valeur nette actualisée.....	XI
Annexe IX: Configuration du biodigesteur	XIII

Annexe I: Formulaire d'enquête au niveau des ménages

Identifier			
Repeat no.			
Display Name			
Device identifié			
Submission Date			
Submitter			
Duration			
1170010 Localité			
3100465 Quartier			
3040003 Latitude			
--GEOLON-- Longitude			
--GEOELE-- Elevation			
--GEOCODE-- Geo Code			
5090001 Zone de résidence (cas du milieu urbain)			
60001 Nom du répondant			
6040001 Statut du répondant			
50003 Nom du chef de ménage			
5050002 Sexe du chef de ménage			
6040003 Age du chef de ménage			
60004 Quelle est la situation matrimoniale de CHEF DE MENAGE ?			
4040002 Quel est le niveau d'instruction le plus élevé que l'enquêté a atteint ?			
5050003 Quelle est la branche d'activité principale de l'enquêté			
2040005 Combien le ménage de [Nom] compte de personnes au total ?			
2050002 Combien le ménage de [Nom] compte d'hommes ?			
3060001 Combien le ménage de [Nom] compte de Femmes ?			
4050002 Combien le ménage compte d'enfants de 0 à 6 ans ?			
7030003 Combien le ménage de compte d'enfants de 7 à 14 ?			
4040004 Quel est le statut d'occupation du logement ?			
1030011 Le ménage dispose -t-il de latrines/toilettes pour la gestion des excreta ?	oui	non	
5070013 Si non, où vont-ils pour uriner?			
90009 Si non, où vont-ils déféquer ?			
50016 Si oui, quel type de latrines ?			
60011 Si oui, quand les latrines ont-elles été construites ?			

6050013 Les latrines sont –elle fonctionnelles (utilisées) ?	oui	non	
70012 Tous les membres du ménage utilisent –ils les latrines / toilettes à tout moment pour la défécation?	oui	non	
1020017 Pourquoi certains membres de la famille n'utilisent pas les latrines pour la défécation ?			
6060016 Si non, quelles personnes n'utilisent jamais les latrines pour la défécation ?			
6050015 Les latrines vous servent à recueillir quoi d'autres en dehors des excreta? (Quels autres usages le ménage fait-il des latrines ?)			
7020017 Avez-vous déjà vidangé vos latrines ?	oui	non	
1030015 Si oui, quelle est la fréquence de vidange			
3060013 Comment la vidange a-t-elle été faite ?			
70018 Qui a assuré la vidange des latrines ?			
4030014 Où les boues ont-elles été dépotées ?			
70019 Combien a coûté la vidange ?			
5060018 Comment appréciez-vous ce coût ?			
31170003 Nouvelle question - Veuillez changer le nom			
8030015 Avez-vous déjà réutilisé les boues de vidange dans l'agriculture ?	oui	non	
3050013 Les latrines sont –elles partagées avec d'autres ménages / autres personnes ?	oui	non	
7020022 Êtes-vous satisfait de vos latrines?	oui	non	
5060019 Si non, Quels sont les problèmes que vous rencontrez avec vos latrines			
1020022 Que faites-vous pour résoudre ces problèmes ? Contre les odeurs et les mouches			
4050013 Que faites-vous pour résoudre ces problèmes ? Contre les remontées d'eau			
3060017 A quelle fréquence nettoyez-vous vos latrines ?			
6050019 Comment faites-vous le nettoyage des latrines ?			
7030013 Le ménage utilise t- il un ouvrage pour la collecte des eaux usées ?	oui	non	
9030023 Si oui quel type d'ouvrage ?			
60024 Où sont situés les ouvrages de collecte des eaux usées ?			
8020013 Sinon, où sont déversées les eaux usées ?			
6050025 Les latrines sont-elles propres ?	oui	non	
4030029 Existence de savon à côté des latrines/toilettes	oui	non	
90019 Existence d'eau à côté des latrines/toilettes	oui	non	
60029 Présence d'excreta dans la cour	oui	non	

Annexe II : Tableau de notation des systèmes de traitement des boues de vidange

	Critères d'évaluation	pondération		Note affectée
1	Qualité de l'effluent et des boues selon les normes nationales.	5	La qualité de l'effluent est très bonne	3
			La qualité de l'effluent est moyenne	2
			La qualité de l'effluent est mauvaise	1
2	Caractéristiques des boues (déshydratabilité, concentration, degré de digestion, capacité d'étalement).	4	Système adapté aux caractéristiques des boues de la zone	3
			Système limité aux caractéristiques boues de la zone	2
			Système non adapté aux caractéristiques des boues de la zone	1
3	Quantités et fréquence des dépotages de boues à la station.	2	Système adapté aux dépôts fréquents des boues	3
			Système moyennement adapté aux dépôts fréquents des boues	2
			Système non adapté aux dépôts fréquents des boues	1
4	Climat	3	Système adapté au climat local	3
			Système moyennement adapté au climat local	2
			Système non adapté au climat local	1
5	Disponibilités foncières et coût	1	Grande surface	1
			Moyenne surface	2
			Petite surface	3
6	Intérêts pour la réutilisation (fertilisant, fourrage, biogaz, compost, fuel)	3	Réutilisation matière et énergétique	3
			Réutilisation matière ou énergétique	2
			Pas de réutilisation	1
7	Compétences requises pour l'exploitation, la maintenance et le suivi-évaluation disponibles localement.	4	Très bonne compétences	1
			Compétences moyenne	2
			Pas de compétences	3
8	Pièces détachées disponibles localement.	2	Pièces disponibles localement	3
			Pièces disponibles au niveau du pays	2
			Pièces disponibles à l'étranger	1
9	Coûts d'investissement couverts (terrain, infrastructure, ressources humaines, renforcement des capacités)	5	Coûts très élevés	1
			Coûts moyennement élevés	2
			Coûts abordables	3
10	Coûts d'exploitation-maintenance couverts	4	Coûts d'exploitation très élevés	1
			Coûts d'exploitation élevés	2
			Coûts d'exploitation faibles	3

Annexe III: Questionnaire d'enquête au niveau des agriculteurs

GESTION DES BOUES DE VIDANGES DANS LA COMMUNE DE HOUNDE_ENQUETES AUPRES DES REUTILISATEURS

GIZ_Mairie de Hounde

Les informations recueillies au cours de cette enquête sont confidentielles et seront utilisées uniquement dans le cadre du programme.

Cette enquête est réalisée par Bintou SYLLA, stagiaire à GIZ

1. Fiche N° 2. Date

INFORMATIONS SUR L'ENQUETE

3. Nom et Prénoms

4. Etes vous propriétaire de la parcelle de culture?
 1. Oui 2. Non

5. Depuis combien d'années êtes-vous agriculteur?

6. Quelles sont les différentes cultures que vous faites?

UTILISATION DES BOUES

7. Utilisez-vous des boues de vidange pour amender votre parcelle?
 1. Oui 2. Non

8. Si oui pour quel type de culture?

9. Si oui, depuis combien de temps?

10. Est-ce vous qui sollicitez les boues de vidanges?
 1. Oui 2. Non

11. Payer vous de l'argent pour recevoir les Boues?
 1. Oui 2. Non

12. Si oui, combien

CARACTERISTIQUES DES BOUES DEVERSEES

13. Utilisez-vous les BV à l'état brut (sortie directement des fosses)?
 1. Oui 2. Non

14. Si non, Quel traitement est fait au préalable?

15. Comment est la couleur des boues?
 1. Noir 2. Claire 3. Maron 4. Autre

16. Si 'Autre', précisez :

17. Quelle est la consistance des boues?
 1. Liquide 2. Pâteuse 3. Solide

18. Remarquez-vous une amélioration sur le rendement quand vous utilisez les bv?
 1. pas d'amélioration 2. moyen 3. bonne

19. Connaissez-vous la réglementation sur la réutilisation des bv?
 1. Oui 2. Non

20. Utilisez-vous d'autres amendements pour votre parcelle?
 1. Engrais 2. Fumure organique 3. Autre

21. Si 'Autre', précisez :

CONSENTEMENT A PAYER

22. Si une station de traitement des bv est mise en place et que cette station fournira peut être des composts respectant les normes d'hygiène, Accepteriez-vous de ne pas déverser les bv sur votre parcelle même si le compost a un coût élevé que D.A
 1. Oui 2. Non

23. A combien seriez-vous prêts pour le kg de ce compost?

24. Si la station est créée, votre amendement avec les bv diminuera, que suggerez-vous comme aide ou solutions?

Annexe IV: Questionnaire d'enquête au niveau des vidangeurs manuels

GESTION DES BOUES DE VIDANGE DANS LA COMMUNE DE HOUNDE_ENQUETE AUPRES DES VIDANGEURS

GIZ_Mairie de Houndé

Les informations recueillies au cours de cette enquête sont confidentielles et ne serviront qu'à des usages statistiques pour les besoins du programme

NB: Cette enquête est menée dans le but de connaître les conditions dans lesquelles travaillent les vidangeurs afin de proposer des solutions à court, moyen et long terme.

Cette enquête est réalisée par Bintou SYLLA, stagiaire à GIZ

1. Fiche Numéro: <input type="text"/>	2. Date: <input type="text"/>
INFORMATIONS GENERALES SUR L'ENQUETE	
3. Nom et Prénoms _____	7. Quelles sont vos motivations pour ce metier? <input type="checkbox"/> 1. pauvreté <input type="checkbox"/> 2. manque d'emploi <input type="checkbox"/> 3. profession <input type="checkbox"/> 4. subsistence <input type="checkbox"/> 5. autre
4. Quel type de vidange effectué vous? <input type="checkbox"/> 1. Manuelle <input type="checkbox"/> 2. Mécanique <input type="checkbox"/> 3. toutes les deux	8. Si 'autre', précisez : _____
5. Quelle est votre zone de couverture? <input type="checkbox"/> 1. sect 1 <input type="checkbox"/> 2. sect 2 <input type="checkbox"/> 3. sect 3 <input type="checkbox"/> 4. sect 4 <input type="checkbox"/> 5. sect 5 <input type="checkbox"/> 6. toute la ville	9. Avez vous d'autres activités secondaires? <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non
6. Depuis combien de temps vous effectuez ce metier? <input type="text"/>	10. Si oui, précisez? _____ _____
ORIGINE DES BOUES	
11. De quel type d'ouvrage autonome les boues sont régulièrement vidangées <input type="checkbox"/> 1. Fosse Septiques <input type="checkbox"/> 2. Latrines	13. Si 'Autre', précisez : _____
12. Quel est le lieu fréquent de prélèvement des boues <input type="checkbox"/> 1. Ménage <input type="checkbox"/> 2. Lieux publics <input type="checkbox"/> 3. Administration <input type="checkbox"/> 4. Autre	
FREQUENCE DE VIDANGE	
14. Combien de vidanges effectuez-vous par mois pendant la saison sèche? <input type="text"/>	15. Combien de vidanges effectuez-vous par mois pendant la saison pluvieuse? <input type="text"/>
PRIX DE VIDANGE	
16. Le prix de vidange varie t-il suivant les saisons? <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non	18. Quel est le tarif moyen d'une vidange pendant la saison pluvieuse? <input type="text"/>
17. Si oui, quel est le tarif moyen d'une vidange pendant la saison sèche? <input type="text"/>	
EQUIPEMENT UTILISE	
19. Utilisez vous des équipement de protection pendant la vidange? <input type="checkbox"/> 1. Oui <input type="checkbox"/> 2. Non	21. Si non, Pourquoi? _____ _____
20. Si oui, Précisez? <input type="checkbox"/> 1. Gants <input type="checkbox"/> 2. Bottes <input type="checkbox"/> 3. Cache-nez <input type="checkbox"/> 4. Autre	

<p>22. Quels sont vos équipements de travail? <input type="radio"/> 1. pioche <input type="radio"/> 2. corde <input type="radio"/> 3. seau <input type="radio"/> 4. pelle <input type="radio"/> 5. autre</p>	<p>25. Si 'Autre', précisez : _____</p>
<p>23. Si 'autre', précisez : _____</p>	<p>26. Si c'est un camion, quelle est sa capacité? <input style="width: 100px;" type="text"/></p>
<p>24. Quel matériel utilisez-vous pour le transport des boues? <input type="radio"/> 1. Camion <input type="radio"/> 2. Seau <input type="radio"/> 3. Brouette <input type="radio"/> 4. Charrette <input type="radio"/> 5. Autre</p>	

SITES DE DEPOTAGE DES BOUES VIDANGÉES

<p>27. Où vont le plus souvent les boues que vous vidangées? <input type="radio"/> 1. champs <input type="radio"/> 2. Décharge <input type="radio"/> 3. Rue <input type="radio"/> 4. Cours d'eau <input type="radio"/> 5. à côté de la concession <input type="radio"/> 6. Autre</p>	<p>31. Si oui, où déversez-vous pendant la saison pluvieuse? <input type="radio"/> 1. Champs <input type="radio"/> 2. Décharge <input type="radio"/> 3. Rue <input type="radio"/> 4. Cours d'eau</p>
<p>28. Si 'Autre', précisez : _____</p>	<p>32. Quelle est la distance maximale parcourue pour le dépôtage des boues? <input type="radio"/> 1. -1000m <input type="radio"/> 2. 1000-3000m <input type="radio"/> 3. 3000-5000m <input type="radio"/> 4. +5000m</p>
<p>29. Est-ce que la destination des boues varie en fonction des saisons? <input type="radio"/> 1. Oui <input type="radio"/> 2. Non</p>	<p>33. Quelle est la distance minimale parcourue pour le dépôtage des boues? <input style="width: 100px;" type="text"/></p>
<p>30. Si oui, où déversez-vous pendant la saison sèche? <input type="radio"/> 1. Champs <input type="radio"/> 2. Décharge <input type="radio"/> 3. Rue <input type="radio"/> 4. Cours d'eau</p>	

DIFFICULTES RENCONTREES

<p>34. Êtes-vous organisé en association? <input type="radio"/> 1. Oui <input type="radio"/> 2. Non</p>	<p>41. Si 'Autre', précisez : _____</p>
<p>35. Si oui, précisez? _____</p>	<p>42. Quels types d'aides attendez-vous? <input type="radio"/> 1. financière <input type="radio"/> 2. matérielle <input type="radio"/> 3. Autre</p>
<p>36. Si non, Pourquoi? _____</p>	<p>43. Si 'Autre', précisez : _____</p>
<p>37. Quelles sont vos relations avec la mairie? <input type="radio"/> 1. pas de relation <input type="radio"/> 2. acceptable <input type="radio"/> 3. Bonne</p>	<p>44. Si on mettait en place un site de dépôtage adéquat pour les boues de vidange; Accepteriez vous de déposer toutes les boues labas peu importe la distance? <input type="radio"/> 1. Oui <input type="radio"/> 2. Non</p>
<p>38. Payez-vous des taxes à la mairie? <input type="radio"/> 1. Oui <input type="radio"/> 2. Non</p>	<p>45. Quelle est la distance maximale que vous souhaiteriez parcourir pour déposer les boues? <input style="width: 100px;" type="text"/></p>
<p>39. Si oui, combien? <input style="width: 100px;" type="text"/></p>	<p>46. Si les boues vidangées étaient de la matière première, à quel prix souhaiteriez vendre le m3? <input style="width: 100px;" type="text"/></p>
<p>40. Quelles sont les difficultés rencontrées? <input type="radio"/> 1. Panne <input type="radio"/> 2. site de dépôtage <input type="radio"/> 3. Voirie <input type="radio"/> 4. Autre</p>	

Annexe V: Points de prélèvement des échantillons

Date de prélèvement	N° échantillon	Nom et prénom du propriétaire	Sect	coordonnées géographiques		Type de l'ouvrage autonome	Utilisateurs	Dimensions de l'ouvrage			Type de zone	Caractéristique spécifiques de la	Etat des boues	taux de remblis
				Longitude	latitude			L/D (m)	l (m)	H (m)				
20/11/2018	1	Débit de boisson /Karab	1	03°32'30,4"	11°32'36,7"	LTAVD	ND	1,35	1,1	3	non lotie	nappe vulnérable	liquide	70
20/11/2018	2	Botoni Lamoussa	1	03°32'35,7"	11°32'35,8"	LSPA	14	1,5	1,14	2,5	non lotie	non inondable	solide	75
20/11/2018	3	SOFITEX	2	03°31'35,8"	11°30'09,2"	VIP multi fosses	ND	2,92	1,32	2	lotie	non inondable	liquide	80
20/11/2018	4	Bognana Panga Bomi	2	03°31'26,2"	11°29'36,3"	VIP double fosses	8	2,17	0,9	2	lotie	non inondable	solide	60
20/11/2018	5	Nacoulma Mathias	2	03°31'41,2"	11°29'41,4"	VIP double fosses	10	3,9	0,9	2	lotie	non inondable	liquide	70
20/11/2018	6	Gnoumou Ousmane	2	03°32'15"	11°30'11,8"	LSPA	10	1,52	1,52	3	non lotie	non inondable	solide	60
20/11/2018	7	Doh Sibiri	2	03°31'48,7"	11°29'48,7"	LSPA	7	1,58	1,46	3	non lotie	non inondable	solide	65
20/11/2018	8	Gare routière	4	03°31'22,5"	11°29'08,3"	VIP multi fosses	ND	2,8	1,35		lotie	non inondable	liquide	85
20/11/2018	9	Bohoun Pierre	5	03°32'54,9"	11°25'49,4"	LTAVD	16	1,2	1,1	3	non lotie	non inondable	solide	60
20/11/2018	10	Bohoun Jean	5	03°32'55,9"	11°25'48,6"	LTAVD	21	1,3	1,2	3	non lotie	non inondable	solide	80
20/11/2018	11	Kohoun Marcaire	5	03°32'57,1"	11°25'56"	LSPA	5	1,2	1,1	3	non lotie	non inondable	liquide	70
20/11/2018	12	Yamboue Syndria	5	03°32'45,5"	11°25'19,3"	LTAVD	25	1,5	1,5	4	non lotie	non inondable	solide	100
21/11/2018	13	Kindo Moustapha	3	03°32'44,8"	11°29'11,4"	LTAVD	15	1,5		3	non lotie	inondable	solide	70
21/11/2018	14	Sawadogo Moustapha	3	03°31'38,3"	11°28'46,3"	LSPA	10	1,4		6	non lotie	inondable	solide	50
21/11/2018	15	Kini Justin	3	03°31'39,5"	11°28'47,3"	LTAVD	16	1,2	1,2	3	non lotie	non inondable	solide	100
21/11/2018	16	Bani Hazouma	3	03°31'38,3"	11°28'46,3"	LSPA	6	1		4	non lotie	non inondable	solide	50
21/11/2018	17	CSPS Urbain	4	03°31'48,1"	11°27'54,4"	VIP multi fosses	ND	3	1,4	3	lotie	non inondable	solide	50
21/11/2018	18	Lycée Privé Morija	5	03°33'00,2"	11°26'21,4"	VIP 1 fosse	ND	2,7	1,1	3	non lotie	non inondable	liquide	60
21/11/2018	19	Sawadogo Zakaria	3	03°31'51,2"	11°28'0,2"	LTSD	12	1,3		4	lotie	non inondable	solide	100
21/11/2018	20	Tiao Dababa	3	03°31'34,1"	11°29'15,5"	VIP double fosses	4	2	0,9	2	lotie	non inondable	liquide	70
21/11/2018	21	Coulibaly Enerst	3	03°31'36,7"	11°29'24,3"	VIP double fosses	9	2,05	0,9	2	lotie	inondable	solide	60
21/11/2018	22	Bani Louba	4	03°31'06,6"	11°29'29,8"	LTAVD	10	1,5		3	lotie	non inondable	solide	80
21/11/2018	23	Lampo Kani	4	03°30'46,5"	11°28'59,4"	VIP double fosses	12	2,23	0,9	3	lotie	non inondable	solide	70
21/11/2018	24	Kani Prosper	4	03°30'45,3"	11°28'58,7"	LTAVD	14	1,3	1,2		lotie	non inondable	solide	60
21/11/2018	25	Barry yohi	4	03°30'22"	11°28'9,4"	LSPA	7	1,2		1,5	non lotie	nappe vulnérable	liquide	100
21/11/2018	26	Haboho Kani Albert	4	03°30'27,4"	11°28'32"	LTAVD	7	1,6			non lotie	non inondable	solide	50
21/11/2018	27	Ouedraogo Mahamadi	4	03°30'24,6"	11°29'00,4"	VIP double fosses	6	2,1	0,9	2	lotie	non inondable	solide	50
21/11/2018	28	Sankara Pousga	4	03°30'16,1"	11°28'45,3"	LSPA	7	1,3	1,2	3	non lotie	non inondable	solide	50
21/11/2018	29	Bognana Mayou	2	03°30'29,2"	11°29'32,8"	LTAVD	13	1,3	1,3	3	lotie	non inondable	solide	100
21/11/2018	30	Diallo Issa	2	03°31'46,9"	11°30'23,6"	LTAVD	15	1,2	1,2		non lotie	non inondable	solide	60

Annexe VI: Résultats d'analyses par type d'ouvrages

Paramètres	Unités	Latrines traditionnelles avec dalles (LTAV)			Latrines Sanplat améliorées (LSPA)			Latrines VIP (LVIP)		
		Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum
PH		8,67	9,36	6,85	8,75	9,12	8,22	9,05	9,64	8,54
Conductivité	mS/cm	3,14	6,82	1,21	3,67	8,70	1,99	6,39	18,12	1,65
Salinité		1,64	3,73	0,60	1,94	4,83	1,00	3,37	8,84	0,83
Matière sèche (MS)	%	17,55	28,56	1,55	14,22	23,39	1,15	13,78	58,02	0,20
Matière volatile (MV)	%	53,81	76,64	14,75	63,87	80,71	44,76	54,16	80,34	12,80
Matière sèche (MS)	mg/l	181084,33	294716,46	15960,22	146795,76	241412,02	11894,18	142233,7	598788,60	2075,96
Matière volatile (MV)	mg/l	97528,27	176560,94	7440,10	89522,72	154505,33	8910,42	61893,12	132673,02	1139,74
Teneur en eau	%	82,45	98,45	71,44	85,78	98,85	76,61	86,22	99,80	41,98
DCO	mg/l	85370,00	124680,00	4920,00	64170,00	112920,00	9000,00	50520,00	124320,00	4680,00
DBO5	mg/l	26000,00	52800,00	2400,00	14250,00	33600,00	2400,00	16800,00	62400,00	2400,00
Rapport DCO/DBO5		3,92	7,84	1,82	5,37	13,38	3,36	4,25	11,05	1,55
Ammonium (NH4)	mg/l	1355,00	2772,00	204,00	1800,00	3180,00	132,00	1148,40	3696,00	120,00
Nitrate (N-NO3)	mg/l	179,00	432,00	24,00	104,25	180,00	24,00	129,60	204,00	84,00
ortho phosphates (PO4)	mg/l	4100,00	8430,00	480,00	3157,35	5520,00	208,80	2910,00	11220,00	18,00
Nitrite (N-NO2)	mg/l	1,07	1,80	0,12	0,69	1,32	0,36	0,62	1,08	0,24
TCa	mg/l	840,00	2208,00	192,00	660,00	1152,00	384,00	700,80	1824,00	96,00
TMg	mg/l	465,60	1094,40	115,20	453,60	979,20	0,00	210,24	633,60	0,00
NTK	mg/l	2492,70	4519,20	655,20	1631,70	2889,60	168,00	1685,04	2772,00	352,80
E.coli	UFC/100 ml	2,13E+10	2,32E+11	6,90E+06	1,76E+08	7,00E+08	1,59E+06	1,18E+08	5,40E+08	1,72E+05
Coliformes fécaux		2,19E+10	2,37E+11	9,10E+06	2,71E+08	1,01E+09	1,76E+06	1,64E+08	6,20E+08	1,79E+05
Streptocoques fécaux		3,40E+09	1,64E+10	7,00E+06	5,91E+08	3,12E+09	5,40E+06	1,84E+09	1,27E+10	1,00E+06
Œufs d'helminthes	Œufs/l	339	1560	18	108	108	108	128	312	12

Annexe VII: Estimation des coûts liés à la STBV

- **Charges du personnel**

Fonction	1ère année		2ème année		3ème année	
	Brut mensuel	Coût annuel	Brut mensuel	Coût annuel	Brut mensuel	Coût annuel
Gérant de la station	200000,00	2400000,00	200000,00	2400000,00	200000,00	2400000,00
Ouvriers qualifiés	60000,00	720000,00	60000,00	720000,00	60000,00	720000,00
Gardien	50000,00	600000,00	50000,00	600000,00	50000,00	600000,00
Technicien	100000,00	1200000,00	100000,00	1200000,00	100000,00	1200000,00
Total		4920000,00		4920000,00		4920000,00

- **Charges de fonctionnement**

Rubriques	1ère année	2ème année	3ème année
Eau	120000,00	120000,00	120000,00
Electricité	240000,00	240000,00	240000,00
Fournitures administratives	100000,00	50000,00	50000,00
Entretien et maintenance	200000,00	200000,00	200000,00
Autres frais généraux	100000,00	100000,00	100000,00
Analyses au laboratoire	500000,00	500000,00	500000,00
Total	1 260000,00	1210000,00	1210000,00

- **Recettes**

Recettes	Taux de T.V.A.	Unité	Quantité	Tarif H.T. de l'unité vendue	Total
Vente de compost	0	Charrette	4 820	1 400	6 748 000
Frais de dépôt des BV		m ³	868	300	260 430
Charges d'assainissement					599 662
Total					7 608 092

- **Amortissements**

Nature des investissements	1ère année	2ème année	3ème année
Frais d'établissement			
Recherche et développement	200000,00	200000,00	200000,00
R&D (production immobilisée)			
Autres investissements immatériels			
Construction et agencement	1077606,30	1077606,30	1077606,30
Matériel de production			
Matériel et mobilier	50000,00	55000,00	60000,00
Matériel informatique	60000,00	60000,00	60000,00
Véhicules	220000,00	220000,00	220000,00
Autres investissements matériels			
Autres dotations aux amortissements			
Total	1607606,30	1612606,30	1617606,30

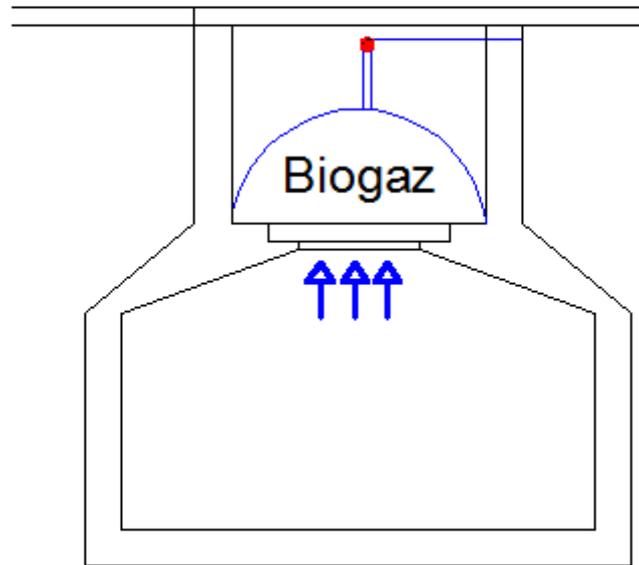
Annexe VIII: Cash-Flow et Valeur nette actualisée

Années	Investissements	Charges d'exploitation	charges financières	amortissement	total charges	Recettes	mensuel	résultat brut	impôt sur les bénéfices	résultat net	amortissement	cash flow	Flux de Trésorerie (cashflow) Actualisé	année		VAN	
Année 0	79 432 339							-					-			- 51 226 997	
Année 1		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	909 511	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	171 467	2 720 001	1	30	
Année 2		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	188 614	2 472 728	2	29	
Année 3		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	207 475	2 247 935	3	28	
Année 4		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	228 223	2 043 577	4	27	
Année 5	300 000	4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	251 045	1 857 798	5	26	
Année 6		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	276 150	1 688 907	6	25	
Année 7		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	303 765	1 535 370	7	24	
Année 8		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	334 141	1 395 791	8	23	
Année 9		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	367 555	1 268 901	9	22	
Année 10	3 000 000	4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	404 311	1 153 546	10	21	
Année 11		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	444 742	1 048 678	11	20	
Année 12		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	489 216	953 344	12	19	
Année 13		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	538 138	866 676	13	18	
Année 14		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	591 952	787 888	14	17	
Année 15	300 000	4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	651 147	716 261	15	16	
Année 16		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	716 261	651 147	16	15	
Année 17		4 091 850		1 607 606	5 699 456	7 608 967	634 081	511 1909	525 116	384 395	1 607 606	2 992 001	787 888	591 952	17	14	

Etude de faisabilité de la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange de la ville de Houndé au Burkina Faso

Année 18		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	866 676	538 138	18	13	
Année 19		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	953 344	489 216	19	12	
Année 20	3 000	4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 048 678	444 742	20	11	
Année 21		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 153 546	404 311	21	10	
Année 22		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 268 901	367 555	22	9	
Année 23		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 395 791	334 141	23	8	
Année 24		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 535 370	303 765	24	7	
Année 25	300	4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 688 907	276 150	25	6	
Année 26		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	1 857 798	251 045	26	5	
Année 27		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	2 043 577	228 223	27	4	
Année 28		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	2 247 935	207 475	28	3	
Année 29		4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	2 472 728	188 614	29	2	
Année 30	3 000	4	1 607	5 699 456	7 608 967	634 081	511	1 909	525 116	384 395	1	1	2	2 720 001	171 467	30	1	

Annexe IX: Configuration du biodigesteur



Biodigesteur