



**Contribution à la mise en place d'une station de traitement
des boues de vidange dans la commune de Solenzo
(Burkina Faso)**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

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

OPTION : EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le 25 juin 2017

Jean Modeste BANDE

Jury d'évaluation du stage :

Dr Mariam DAKOURE/SOU

Dr Harinaivo A. ANDRIANISA

Pr. Yacouba KONATE

Travaux dirigés par :

Pr. Yacouba KONATE
Enseignant-chercheur, 2iE

Ing. Shurstine SOME/DAGBA
Conseillère technique, PEA-GIZ

Promotion: [2016 - 2017]

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à ma famille :

- ❖ A mon bien aimé fils Steeve Clovis qui a sans doute subi un manque d'attention ou de proximité de ma part pendant cette longue période d'études. Que ce travail soit pour lui une source de bonheur ;
- ❖ A mes parents Mathieu et Agnès pour le soutien qu'ils ont toujours su me donner pendant les moments de joie et de peine, puisse Dieu leur donner longue vie et les bénir ;
- ❖ A mes frères et sœurs : Jonathan, Brigitte, Clarisse et Inès, qui ont toujours été là pour moi, que Dieu les bénisse abondamment et les protège ;
- ❖ A tous ceux qui œuvrent pour l'hygiène, l'assainissement et la santé dans les pays en développement.

REMERCIEMENTS

Ce travail constitue le couronnement de trois années de labeur au cours desquelles j'ai bénéficié du soutien de toute nature (moral, intellectuel, pédagogique et financier) de nombreuses personnes et institutions. L'occasion me semble dès lors approprié pour leur adresser mes sincères remerciements et de leur témoigner ma profonde gratitude.

Ainsi, je tiens tout d'abord à remercier le PEA-GIZ qui m'a offert ce stage et a mis tous les moyens nécessaires à ma disposition pour mener à bien ce travail de recherche. Je pense particulièrement à :

- Monsieur Wilhelm KOHLMUS, conseiller technique principal, pour son dévouement personnel à la réussite de ce stage ;
- A madame Ida OUANDAOGO/NABOLLE, responsable de la composante Ci3 pour ses riches conseils ;
- Une mention spéciale à madame Shurstine SOME/DAGBA, conseillère technique et notre maître de stage pour l'honneur et la confiance qu'elle m'a accordé en dirigeant ce stage de mémoire. Sa disponibilité, ses conseils et surtout sa rigueur pour le travail bien fait resteront longtemps en souvenir ;

Mes remerciements vont également à l'endroit du personnel de la mairie de Solenzo où j'ai effectué mon stage, en particulier monsieur le maire et ses adjoints, le SG de la commune et le technicien communal pour l'accueil et la bonne collaboration au cours de mon stage ;

J'exprime ma profonde gratitude au Pr. Yacouba KONATE, mon directeur de mémoire qui, malgré ses multiples occupations, m'a fait bénéficier d'un encadrement de qualité. Ses critiques et suggestions ont été d'une importance capitale pour l'aboutissement de ce travail.

Mes pensées vont également à l'endroit de :

- Messieurs Boukary SAWADOGO, Moustapha OUEDRAOGO et Noël TINDOURE pour leur appui technique lors de mes analyses au laboratoire LEDES.
- Mes collègues de promotion de 2016 – 2017 de master 2 Eau et Assainissement, pour la bonne humeur, l'ambiance et les bons moments passés ensemble.

Il ne me serait sans doute pas possible de mentionner toutes les personnes impliquées dans ce travail et je voudrais tout simplement dire merci tous et à toutes.

RESUME

La commune urbaine de Solenzo, à l'instar des autres petits centres urbains du Burkina Faso, est confrontée à des problèmes de gestion des boues de vidange. Cette étude a pour objectif de contribuer à la mise en place d'un service de gestion améliorée et durable des boues de vidange dans la ville de Solenzo en proposant une filière de traitement adaptée. Pour ce faire, un diagnostic a été fait à travers une recherche documentaire, des enquêtes, des entretiens et des visites de terrain. L'analyse multicritère a été utilisée pour proposer un site unique et meilleur pour le dépotage/traitement des boues vidangées. La quantification des boues produites a été faite selon la méthode basée sur les caractéristiques des ouvrages. Trente (30) échantillons de boues ont été prélevés et analysés afin de proposer un système de traitement adapté. Les résultats montrent que 35% des ménages ne disposent pas de latrine à domicile et pratiquent la défécation à l'air libre. Les ouvrages existants sont essentiellement des latrines traditionnelles dont 45% de latrines de type SanPlat et 20% de latrines sans dalle en béton. La production annuelle de boues de vidange est estimée à 5747,45 m³/an soit 15,75 m³/jour. Le diagramme de flux de matières fécales montre que 85% du flux est mal géré donc susceptible d'engendrer des risques sanitaires et environnementaux considérables. Les résultats de laboratoire montrent que la pollution carbonée est particulièrement importante avec des valeurs moyennes en DCO et DBO₅ respectivement de 42173 mg O₂/L et de 8550 mg O₂/L. Les boues de vidange présentent des degrés de biodégradabilité variables avec un rapport DCO/DBO₅ compris entre 1 et 5. Par ailleurs, les boues analysées ont montré des teneurs riches en azote avec une concentration en nitrates de 158,40 mg/L. L'ammonium représente 45% de l'azote total Kjeldahl et la matière volatile 62% de la matière sèche. L'analyse microbiologique a rapporté des concentrations moyennes en coliformes fécaux et streptocoques fécaux de 1,03.10⁶ et 2,65.10⁷ UFC/100mL respectivement et de 1 399 œufs d'helminthes par litre. Le traitement par lits de séchage non plantés suivis de bassins de lagunage à microphytes a été retenu comme option de traitement avec un coût global de mise en place estimé à **612 072 520 FCFA** hors taxe, hors douane.

Mots Clés :

- 1 – Boues de vidange
- 2 – Diagramme de flux de matières fécales
- 3 – Analyse multicritère
- 4 – Lits de séchage

5 – Bassins de lagunage

ABSTRACT

The urban commune of Solenzo, like other small urban centers in Burkina Faso, is faced problems of fecal sludge management. The objective of this study is to contribute to the implementation of an improved and sustainable management plan for fecal sludge in the city of Soleno by proposing a suitable treatment channel. To do this, a diagnosis was made through documentary research, surveys, interviews and field visits. Multicriteria analysis was used to propose a unique and better site for the emptying / treatment of sludgestate. The quantification of sludge produced according to the methods based on the characteristics of the onsite sanitation works. Thirty (30) sludge samples were taken and analyzed in order to propose a suitable treatment system. The results show that 35% of households do not have a home latrine and open defecation. The existing structures are essentially traditional latrines, of which 45% are SanPlat latrines and 20% are latrines without concrete slabs. The annual production of fecal sludge is estimated at 5747,45 m³/year or 15,75 m³ / day. The fecal flow diagram shows that 85% of the flow is poorly managed, leading to considerable health and environmental risks. Laboratory results show that carbon pollution is particularly important with average COD and BOD5 values of 42173 and 8550 mg O₂ / L. The sludge is still biodegradable (COD / BOD5 between 1 and 5). Otherwise, they are highly concentrated in nitrates (158.40 mg / L) and nitrite (81.58 mg / L). Ammonium represents 45% of Kjeldahl nitrogen and the volatile matter 62% of the dry matter. Microbiological analysis reported mean concentration in fecal coliforms and fecal streptococci of 1.03 x 10⁶ and 2.65 x 10⁷ CFU / 100 ml respectively and 1399 helminth eggs per liter. Treatment with non-planted drying beds followed lagoon ponds was retained. The overall cost of setting up the fecal sludge treatment plant is estimated at **612 072 520 FCFA** excluding tax, excluding customs.

Key words:

- 1 - Fecal sludge
- 2 - Shit flow diagram
- 3 - Multicriteria analysis
- 4 - Drying beds
- 5 - Wastewater stabilisation ponds

LISTE DES ABREVIATIONS

| | | |
|------------------------|---|--|
| AC | : | Assainissement Collectif |
| ACDP | : | Association de Collecte de Déchets Plastiques |
| ANC | : | Assainissement Non Collectif |
| BID | : | Banque Islamique de Développement |
| BV | : | Boues de Vidange |
| DAL | : | Défécation à l'air libre |
| CREPA | : | Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement |
| DBO₅ | : | Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours |
| DCO | : | Demande Chimique en Oxygène |
| EcoSan | : | Ecological Sanitation |
| GIZ | : | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| INOH | : | Inventaire National des Ouvrages Hydrauliques |
| KFW | : | Kreditanstalt für Wiederaufbau |
| LS | : | Lit de séchage |
| MAH | : | Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique |
| MES | : | Matière En Suspension |
| MPET | : | Manual Pit Emptying Technology |
| MS | : | Matière Sèche |
| MV | : | Matière Volatile |
| NTK | : | Azote Total Kjeldhal |
| ODD | : | Objectifs de Développement Durable |
| OMS | : | Organisation Mondiale de la Santé |
| ONEA | : | Office National de l'Eau et de l'Assainissement |
| PCD-AEPA | : | Plan Communal de Développement -Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement |
| PEA | : | Programme Eau et Assainissement de la GIZ |

| | | |
|----------------|---|---|
| pH | : | Potentiel Hydrogène |
| PN-AEPA | : | Programme National-Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement |
| PN-AEUE | : | Programme National-Assainissement des Eaux Usées et Excréta |
| pS-Eau | : | Programme Solidarité Eau |
| PP | : | Partie Prenante |
| PSA | : | Plan Stratégique d'Assainissement |
| SFD | : | Shit Flow Diagram |
| SOFITEX | : | Société Burkinabè des Fibres Textiles |
| STBV | : | Station de Traitement de Boues de Vidange |
| TCM | : | Toilette à Chasse Manuelle |
| VIP | : | Ventilated Improved Pit Latrine |
| WC | : | Water Closet |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|------------|
| DEDICACES | i |
| REMERCIEMENTS..... | ii |
| RESUME..... | iii |
| ABSTRACT | iv |
| LISTE DES ABREVIATIONS..... | v |
| LISTE DES TABLEAUX | x |
| LISTE DES FIGURES..... | xi |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| 1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE..... | 3 |
| 1.1. ORIGINE DES BOUES DE VIDANGE..... | 3 |
| 1.1.1. Définition..... | 3 |
| 1.1.2. Les toilettes sèches | 3 |
| 1.1.3. Les toilettes à chasse | 6 |
| 1.1.4. Les fosses septiques..... | 7 |
| 1.2. LES MAILLONS DE LA FILIERE DE GESTION DES BOUES DE VIDANGE | 8 |
| 1.3. DIAGRAMME DE FLUX DE MATIERES FECALES..... | 9 |
| 1.4. CARACTERISATION DES BOUES DE VIDANGE..... | 10 |
| 1.4.1. Typologie des boues de vidange..... | 10 |
| 1.4.2. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des boues de vidange | 11 |
| 1.5. TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE | 12 |
| 1.5.1. Co-traitement des boues avec des eaux usées domestiques..... | 13 |
| 1.5.2. Traitement primaire des boues de vidange | 14 |
| 1.5.3. Post-traitement de la fraction liquide..... | 16 |
| 1.5.4. Post-traitement de la fraction solide | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 2. MATERIEL ET METHODES..... | 18 |
| 2.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE..... | 18 |
| 2.1.1. Situation géographique et administrative | 18 |
| 2.1.2. Climat | 19 |
| 2.1.3. Relief, hydrogéologie et hydrographie | 19 |
| 2.1.4. Aspects socio-économiques..... | 20 |
| 2.2. COLLECTE DE DONNEES..... | 20 |
| 2.2.1. Matériel et outils de collecte..... | 20 |
| 2.2.2. Analyse des boues de vidange | 23 |
| 2.2.3. Méthodologie d'élaboration d'un diagramme de flux de matières fécales..... | 24 |
| 2.2.4. Méthodes de quantification des boues de vidange | 25 |
| 2.3. METHODOLOGIE DE CHOIX D'UN SITE DE DEPOTAGE/TRAIEMENT DES BOUES DE VIDANGE | 27 |
| 2.3.1. Analyse des parties prenantes..... | 27 |
| 2.3.2. Analyse multicritère | 28 |
| 2.4. CHOIX D'UNE FILIERE DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE | 33 |
| 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS | 34 |
| 3.1. ETAT DES LIEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE DANS LA VILLE DE SOLENZO..... | 34 |
| 3.1.1. Ouvrages de stockage des excréta..... | 34 |
| 3.1.2. Vidange des latrines | 34 |
| 3.1.3. Diagramme de flux de matières fécales de la ville de Solenzo | 36 |
| 3.1.4. Quantification des boues produites à Solenzo..... | 39 |
| 3.2. RESULTATS DE L'ANALYSE DES BOUES DE VIDANGE..... | 40 |
| 3.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des boues de vidange | 40 |
| 3.2.2. Caractéristiques microbiologiques des boues de vidange | 43 |
| 3.3. CHOIX DU SITE DE DEPOTAGE/TRAIEMENT DES BOUES DE VIDANGE | 44 |
| 3.3.1. Les parties prenantes | 44 |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | |
|--------|--|-----------|
| 3.3.2. | Développement d'une méthode simplifiée d'analyse multicritère | 46 |
| 3.4. | CHOIX D'UNE OPTION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DE LA VILLE DE SOLENZO | 49 |
| 3.4.1. | Disponibilité des ressources | 49 |
| 3.4.2. | Volonté de réutilisation des sous-produits de traitement..... | 49 |
| 3.4.3. | Quantité de boues à traiter..... | 50 |
| 3.4.4. | Qualité des boues à traiter | 50 |
| 3.4.5. | Aspects climatiques..... | 50 |
| 3.4.6. | Gestion actuelle des déchets solides..... | 50 |
| 3.5. | PRE-DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE TRAITEMENT..... | 51 |
| 3.5.1. | Présentation générale de la station de traitement..... | 51 |
| 3.5.2. | Dimensionnement des ouvrages | 52 |
| 3.6. | ESTIMATION DU COUT DU PROJET | 62 |
| | CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS..... | 64 |
| | REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 66 |
| | ANNEXES..... | I |
| | Annexe 1 : Questionnaire enquête ménages..... | II |
| | Annexe 2 : Questionnaire enquête vidangeurs manuels..... | VI |
| | Annexe 3 : Questionnaire d'enquête maraichers..... | VIII |
| | Annexe 4 : Matrice d'élaboration du diagramme de flux de matières fécales | XI |
| | Annexe 5 : Plan de prélèvement d'échantillons de boues de vidange..... | XII |
| | Annexe 6 : Méthodes de référence et modes opératoires des paramètres analysés..... | XV |
| | Annexe 7 : Données météorologiques de la station synoptique de Dédougou (2016) | XXI |
| | Annexe 8 : Devis estimatif du projet de construction de la STBV de Solenzo | XXII |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Qualité physico-chimique des boues de vidange dans quelques pays d'Afrique | 11 |
| Tableau 2: Germes pathogènes retrouvés dans les boues de vidange dans quelques villes | 12 |
| Tableau 3: Détermination de l'échantillon d'enquête..... | 21 |
| Tableau 4: Détermination du nombre de maraichers à enquêter par site de production | 22 |
| Tableau 5: Critères d'exclusion..... | 29 |
| Tableau 6: Echelle de notation du critère C1 | 30 |
| Tableau 7: Echelle de notation du critère C2 | 30 |
| Tableau 8: Echelle de notation du critère C3 | 31 |
| Tableau 9: Echelle de notation du critère C4 | 31 |
| Tableau 10: Echelle de notation du critère C5 | 32 |
| Tableau 11: Echelle de notation du critère C6 | 32 |
| Tableau 12: Coefficients de pondération proposés par les parties prenantes | 33 |
| Tableau 13: Dimensions des ouvrages | 39 |
| Tableau 14: Quantification des boues par la méthode basée sur la caractérisation des ouvrages | 39 |
| Tableau 15: Quantité de boues de vidange mécanique..... | 40 |
| Tableau 16: Qualité physico-chimiques des boues analysées | 42 |
| Tableau 17 : Qualité microbiologiques des boues analysées | 43 |
| Tableau 18: Sites non appropriés à l'implantation d'une station de boues de vidange | 47 |
| Tableau 19: Matrice des évaluations | 48 |
| Tableau 20: Pondération des notes par critère..... | 49 |
| Tableau 21: Quantité de boues produites actuellement et à l'horizon du projet | 52 |
| Tableau 22: Dimensions de l'ouvrage de réception..... | 52 |
| Tableau 23: Dimensionnement du dégrilleur | 53 |
| Tableau 24: Récapitulatif des dimensions du dégrilleur | 54 |
| Tableau 25: Pré-dimensionnement des lits de séchage | 54 |
| Tableau 26: Récapitulatif des caractéristiques géométriques des lits de séchage | 56 |

| | |
|--|----|
| Tableau 27: Débit et charges du percolât | 56 |
| Tableau 28: Démarche de dimensionnement du bassin anaérobie | 57 |
| Tableau 29: Démarche de dimensionnement du bassin facultatif | 59 |
| Tableau 30: Récapitulatif des caractéristiques des bassins de lagunage | 60 |
| Tableau 31: Récapitulatif des coûts des travaux et équipements | 62 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|------------------------------------|
| <i>Figure 1: Latrine VIP (Franceys et al., 1995)</i> | 4 |
| <i>Figure 2: Toilette à chasse manuelle</i> | 6 |
| <i>Figure 3: Toilettes à chasse mécanique (Tilley et al., 2014b)</i> | 7 |
| <i>Figure 4: Schéma de principe d'une fosse septique toutes eaux (Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 1994).....</i> | 8 |
| <i>Figure 5: Les maillons de la filière assainissement autonome</i> | 9 |
| <i>Figure 6: Exemple de diagramme de flux de matières fécales (cas de la ville de Kumasi au Ghana) .</i> | 10 |
| <i>Figure 7: Aperçu sur les filières de traitement des boues de vidange (Klingel et al., 2002)</i> | 13 |
| <i>Figure 8: Carte de situation de la commune de Solenzo.....</i> | 19 |
| <i>Figure 9: Proportion des ménages ayant une latrine et type de latrines</i> | 34 |
| <i>Figure 10: Fréquence de vidange des latrines.....</i> | 35 |
| <i>Figure 11: Tarif de vidange à Solenzo</i> | 36 |
| <i>Figure 12: Diagramme de flux de matières fécales de la ville de Solenzo.....</i> | 38 |
| <i>Figure 13: Cartographie des sites provisoires de dépotage/traitement des boues de vidange</i> | 47 |
| <i>Figure 14: Coupe transversale d'un lit de séchage.....</i> | 56 |
| <i>Figure 15 : Plan d'aménagement global de la station de traitement de traitement des boues de vidange de la ville de Solenzo</i> | Erreur ! Signet non défini. |
| | |
| <i>Photo 1: Prélèvement d'échantillons de boues et mesures des dimensions des latrines échantillonnées.....</i> | 24 |
| <i>Photo 2: Dépotage des boues de vidange dans la rue (Solenzo, secteur 1).....</i> | 36 |
| <i>Photo 3: Types d'œufs d'helminthes et larve observés</i> | 44 |

INTRODUCTION

Le dernier rapport commun OMS/UNICEF montre que 2,3 milliards de personnes ne disposent toujours pas d'installations sanitaires de base (JMP, 2017). Parmi elles, 892 millions défèquent à l'air libre, une pratique en augmentation en Afrique subsaharienne et en Océanie à cause de la forte croissance démographique. Par ailleurs, the Boston Consulting Group souligne que les besoins en assainissement de plus de 2,7 milliards de personnes dans le monde sont couverts par des dispositifs d'assainissement autonome (BCG, 2013). Ce chiffre devrait atteindre 5 milliards d'ici 2030. En Afrique Subsaharienne ce sont 65 à 100% de l'accès à l'assainissement en milieu urbain qui sont assurés par des systèmes d'assainissement autonome (Strauss et al., 2000). Cependant, bien qu'un grand nombre d'habitants des villes des pays en développement utilisent des dispositifs d'assainissement à la parcelle, il n'existe généralement pas de filière de gestion des boues de vidange (Strande et al., 2014). En effet, les boues vidangées sont déversées à côté des habitations, dans les rues, les caniveaux et autres espaces vides, exposant les populations à des risques sanitaires et environnementaux considérables (Koanda, 2006). Actuellement, un enfant sur cinq meurt de maladies diarrhéiques, ce qui est supérieur aux décès cumulés engendrés par le sida, le paludisme et la rougeole (UNICEF et OMS, 2009). Pour améliorer la situation sur le terrain, l'agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable, adopté en 2015, a pris acte du rôle central de l'assainissement dans le développement durable en s'engageant à garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable à l'horizon 2030¹.

Au Burkina Faso, depuis 2016, le secteur de l'assainissement est régi par un nouveau programme, le Programme National-Assainissement des Eaux Usées et Excréta (PN-AEUE) élaboré dans le cadre des Objectifs de Développement Durable (ODD). A la différence des programmes antérieurs qui se sont focalisés sur l'accès des ménages aux ouvrages, le PN-AEUE met l'accent sur la toute la chaîne de l'assainissement avec son objectif spécifique 3 qui vise à optimiser la gestion et la valorisation des eaux usées et boues de vidange dans une perspective de protection environnementale et sociale.

En milieu urbain, l'assainissement est mis en œuvre par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA). Pour mener à bien ce rôle régalien, l'ONEA élabore et met en œuvre des plans stratégiques d'assainissement (PSA) dans les centres urbains du pays.

¹ Objectif 6 des Objectifs de Développement Durable

Dans la ville de Solenzo, à l'Ouest du pays, les statistiques du ministère en charge de l'agriculture et de l'hydraulique estiment le taux d'accès à l'assainissement familial à 0,8% en 2010 (MAH, 2010). Le PSA de la ville, élaboré en 2014, prévoit la construction de 2 556 ouvrages pour atteindre un taux d'accès de 100% à l'horizon 2025. Cela aura pour corollaire une production massive de boues à gérer. Il est à noter que jusque-là, la ville de Solenzo ne dispose d'aucun site autorisé pour le dépotage des boues de vidange. Après vidange, les boues sont déposées à côté des concessions pour ensuite être transportées dans les champs agricoles ou sur les sites maraichers (PSAS, 2014). Outre les nuisances olfactives et visuelles, le dépotage sauvage des boues à proximité des habitations représente des risques sanitaires et environnementaux considérables. Pour limiter les risques liés aux excréta, la municipalité de Solenzo souhaite mettre en place un service amélioré de gestion des boues de vidange comprenant la réalisation des ouvrages améliorés, la vidange hygiénique, l'évacuation et le traitement des boues de vidange. Elle est soutenue dans cette démarche par ses partenaires au développement notamment la coopération technique allemande (GIZ) et l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA).

La présente étude s'intègre dans ce cadre avec pour objectif général de contribuer à la mise en place d'un service amélioré de gestion des boues de vidange dans la commune de Solenzo. De façon spécifique il s'agit de :

- réaliser l'état des lieux de la gestion des boues de vidange ;
- identifier un site unique et adéquat pour le dépotage/traitement des boues de vidange ;
- proposer et dimensionner une filière de traitement des boues de vidange pour la commune de Solenzo.

Outre l'introduction et la conclusion, cette étude est structurée en trois grandes parties :

- la première partie traite des généralités sur les boues de vidange ;
- la deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour l'atteinte des résultats ;
- la troisième partie présente les principaux résultats obtenus et leur discussion.

1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. ORIGINE DES BOUES DE VIDANGE

1.1.1. Définition

Les boues de vidange (BV) résultent de la collecte, du stockage ou du traitement primaire de mélanges d'excréta et d'eaux noires, avec ou sans eaux grises dans des systèmes d'assainissement non collectif (ANC) (Strande et al., 2014). Elles sont fraîches ou partiellement digérées, sous forme de jus ou bien pâteuses. La gestion des BV comprend le stockage initial, la collecte, le transport, le traitement et la valorisation sans danger ou la mise en décharge des BV. Ci-dessous sont présentées les technologies d'ANC couramment utilisées dans les pays en développement pour le stockage des excréta. Ces technologies se caractérisent par une interface utilisateur et un dispositif de collecte et de stockage des excréta.

1.1.2. Les toilettes sèches

Une toilette sèche est une toilette qui fonctionne sans eau de chasse. La toilette sèche peut être un siège sur lequel l'utilisateur peut s'asseoir, ou une dalle au-dessus de laquelle l'utilisateur s'accroupit. Dans les deux cas, la matière fécale tombe dans la fosse à travers un trou appelé trou de défécation.

1.1.2.1. La latrine traditionnelle

La latrine traditionnelle est la technologie la plus répandue en Afrique Subsaharienne (Franceys et al., 1995 ; Eau Vive, 2010). Au Burkina Faso, 88% des ménages utilisent une latrine traditionnelle (MAH, 2010). La latrine traditionnelle comprend une fosse non ventilée recouverte soit d'une dalle circulaire ou rectangulaire en béton, soit d'une planche posée en travers de la fosse, ou encore d'un simple assemblage de branches recouverts de terre et une superstructure en parpaing ou en banco ou encore en secco. Dans la latrine traditionnelle, deux processus limitent le remplissage de la fosse : la lixiviation et la dégradation (Tilley et al., 2009). L'urine et l'eau de nettoyage anal s'infiltrent dans le sol tandis que les micro-organismes dégradent une fraction de la matière organique. Les principaux inconvénients pour cette latrine sont les odeurs et la prolifération des mouches et elle est sujette à des risques sanitaires et environnementaux élevés (Bigumandondera, 2014). Il existe également un risque élevé de pollution de la nappe phréatique du fait qu'elle est profonde et non étanche.

1.1.2.2. La latrine VIP (Ventilated Improved Pit Latrine)

La latrine VIP (Figure 1) est une latrine améliorée à fosse ventilée comprenant une fosse d'accumulation et de digestion des boues dont les parois sont généralement maçonnées, une dalle en béton qui sert à couvrir la fosse, une superstructure en parpaing, une toiture et une porte qui assurent l'intimité de l'utilisateur, le protègent contre les intempéries, un tuyau de ventilation dont l'extrémité est munie d'un grillage anti-mouches évacue les odeurs dans l'atmosphère. Le vent qui balaie le sommet du tuyau crée un courant d'air ascendant entre la fosse et l'atmosphère extérieure et un courant d'air descendant entre la superstructure et la fosse à travers le trou de défécation. Ce courant d'air permanent dans l'ouvrage favorise la dégradation de la fraction organique des boues en apportant de l'oxygène aux micro-organismes aérobies (Franceys et al., 1995).

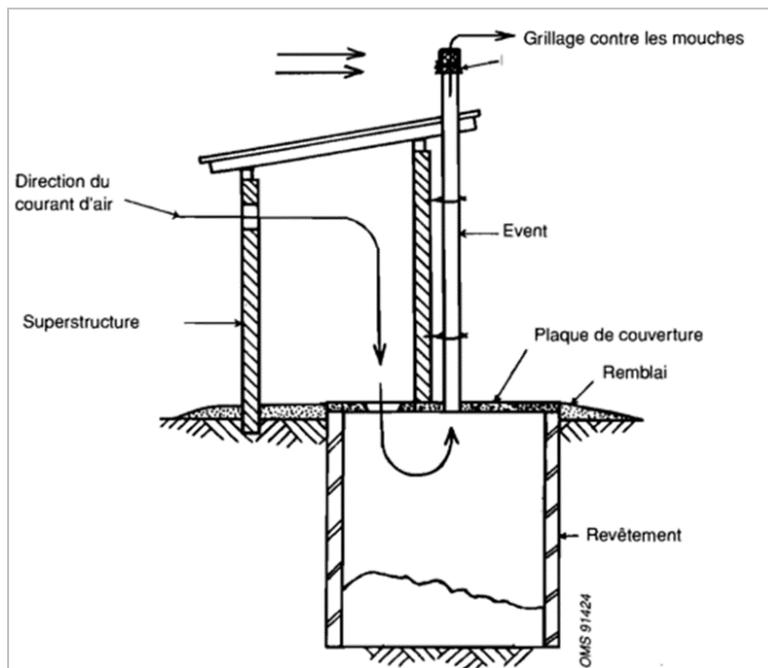


Figure 1: Latrine VIP (Franceys et al., 1995)

La caractérisation de boues des latrines VIP par Buckley et al. (2008) décrit les processus biochimiques dans la latrine VIP de la manière suivante :

- toute la matière facilement biodégradable provenant d'un nouvel apport dans la fosse (fèces, matériau de nettoyage anal) est dégradée par les micro-organismes aérobies dans un laps de temps en surface ;
- une fraction importante de la matière biodégradable restante est dégradée de manière aérobie avant d'être recouverte par de nouveaux apports dans la fosse ;

- la matière biodégradable restante se transforme lentement en produits solubles, en méthane et en dioxyde de carbone par l'action des micro-organismes anaérobies. Cette transformation se déroule en dessous de la couche aérobie de la fosse ;
- la matière restante au fond de la fosse après un long séjour est en grande partie très peu dégradable.

Les latrines VIP peuvent être à fosse unique ou à double fosse ou encore à fosses multiples. Les VIP multi-fosses se rencontrent généralement dans les lieux publics (marchés, gares routières, centres de santé, etc.) Les latrines VIP double fosses ou fosses multiples doivent être utilisées de façon alternée.

La VIP double fosses a presque la même conception que la VIP à fosse unique avec l'avantage supplémentaire d'une deuxième fosse permettant à la technologie d'être utilisée sans interruption et une vidange plus hygiénique, sûre et facile. En effet, lorsqu'une fosse est pleine, elle est scellée pendant plusieurs années et la deuxième fosse est immédiatement mise en service. Le contenu de la fosse pleine et scellée aura le temps de se minéraliser suffisamment pour offrir un compost riche et hygiénique.

1.1.2.3. La latrine Ecosan

La latrine EcoSan (Ecological Sanitation) encore appelée latrine à séparation d'urines comprend une cabine reposant sur une fosse ventilée à deux compartiments alternants, une cuvette spéciale ayant deux sorties : une à l'amont pour collecter les urines et une à l'arrière pour recueillir les fèces. Dans ce cas, les fèces tombent directement dans le compartiment en service tandis que les urines sont déviées dans récipient en plastique (bidon de 20L). Lorsque la fosse en service est pleine, elle est scellée et le processus d'hygiénisation dure 6 à 12 mois (Morgan, 2007). De même, lorsque le bidon destiné à recueillir les urines est plein, il est remplacé par un autre. Après 45 jours de conservation, les urines riches en urée sont exemptes de tout pathogène et peuvent être valorisées en agriculture ou dans le maraichage.

Le fonctionnement des latrines Ecosan est généralement associé à l'ajout plus ou moins régulier de matériau tel que la cendre, la litière carbonée, des feuilles, la terre. Cela augmente la vitesse de conversion des excréta en compost.

1.1.3. Les toilettes à chasse

1.1.3.1. La toilette à chasse manuelle (TCM)

La TCM (Figure 2) est constituée d'une cabine, d'une cuvette et d'un siphon qui s'emboîtent l'un dans l'autre, d'un tuyau d'évacuation, d'un répartiteur et de deux fosses de forme géométrique variable qui fonctionnent en alternance.

Le siphon en forme de S empêche la remontée des odeurs et de mouches en provenance de la conduite. Après défécation, l'utilisateur chasse les excréments en versant 2 à 3 litres d'eau dans la cuvette (Tilley et al., 2014a). La quantité et la force de l'eau versée sont suffisantes pour évacuer les excréments dans la fosse à travers le siphon. Les eaux de nettoyage et les urines s'infiltrent dans le sol tandis que les fèces sont dégradées par les micro-organismes avec production de gaz qui se diffusent dans le sol. Puisqu'il n'y a aucune pièce mécanique, les TCM sont plutôt robustes et nécessitent rarement des réparations. Un autre avantage est que la cabine peut être installée dans la maison avec des fosses extérieures.

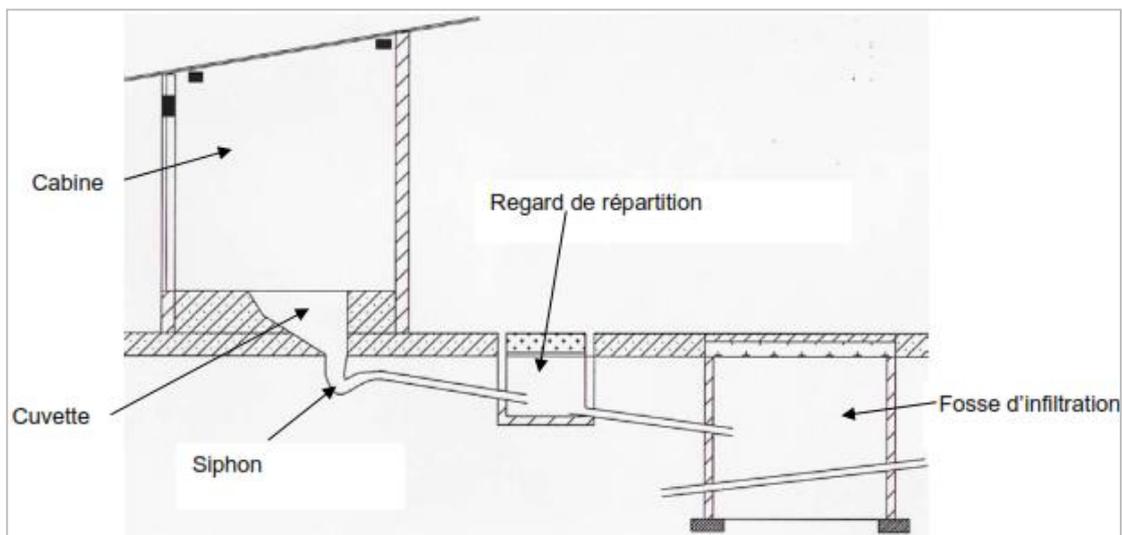


Figure 2: Toilette à chasse manuelle

1.1.3.2. La toilette à chasse mécanique

La toilette à chasse mécanique se compose d'une cabine, d'un réservoir d'eau qui fournit l'eau de chasse, d'une cuvette dans laquelle les excréments se déposent, d'un siphon sophistiqué pour empêcher les odeurs de remonter par les canalisations. L'eau stockée dans le réservoir est libérée en actionnant un levier. Cela permet de chasser les excréments. La toilette doit être reliée à une source d'eau permanente et à une technologie de collecte et de stockage/traitement, ou de transport, pour recevoir les eaux vannes. Les toilettes modernes consomment 6 à 9 L d'eau par chasse (Tilley et al., 2014b). Il existe cependant différents modèles de toilettes à faible volume

utilisant moins de 3 L par chasse. La figure 3 présente des options possibles de toilettes à chasse mécanique.

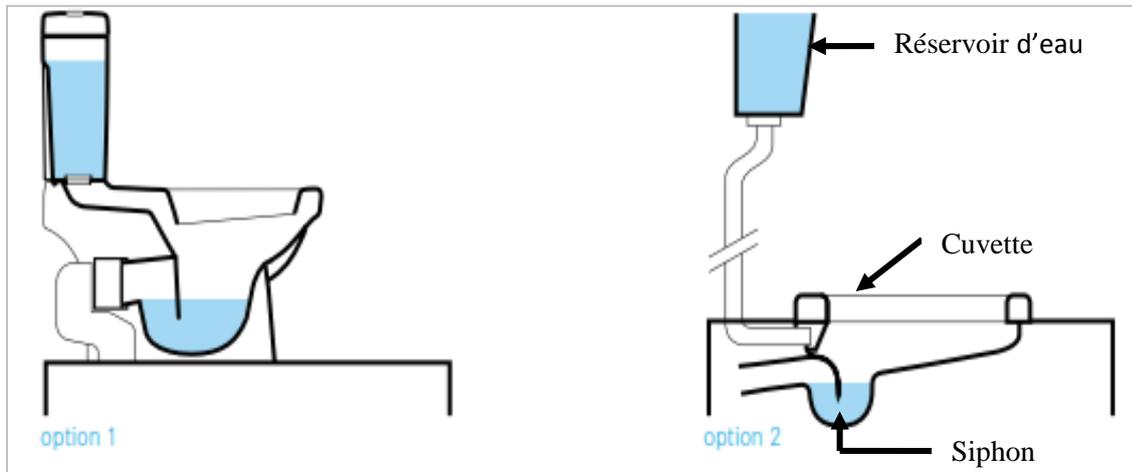


Figure 3: Toilettes à chasse mécanique (Tilley et al., 2014b)

1.1.4. Les fosses septiques

Destinée à recevoir les eaux vannes, la fosse septique est un élément faisant partie d'une installation (filère) d'assainissement non collectif dans les localités ne disposant pas d'un réseau d'égouts. Dans le cas où la fosse reçoit, en plus des eaux vannes, les eaux usées ménagères (eaux de douche, de lessive), on parle de « fosse toutes eaux ». Cette filière comprend :

- la collecte et le transport des eaux à travers un mini réseau de canalisations reliant les douches, WC à la fosse septique ;
- le prétraitement dans la fosse, des effluents collectés ;
- le traitement de la fraction liquide à travers différents types d'ouvrages tels que les tranchées d'épandage à faible profondeur dans le sol naturel, les lits d'épandage, les lits filtrant non drainé à flux vertical, le terre d'infiltration. Le type d'ouvrage de prétraitement à mettre en place est fonction des caractéristiques hydrogéologiques du sol en place ;
- l'évacuation par infiltration dans le sol ou rejet dans le milieu hydraulique superficiel.

Au Burkina Faso, à l'aval de la quasi-totalité des fosses septiques se trouvent directement des puits d'infiltration, les ouvrages connexes de traitement des effluents ci-dessus cités sont absents (Kouawa, 2016). La figure 4 présente le schéma de principe d'une fosse septique toutes eaux

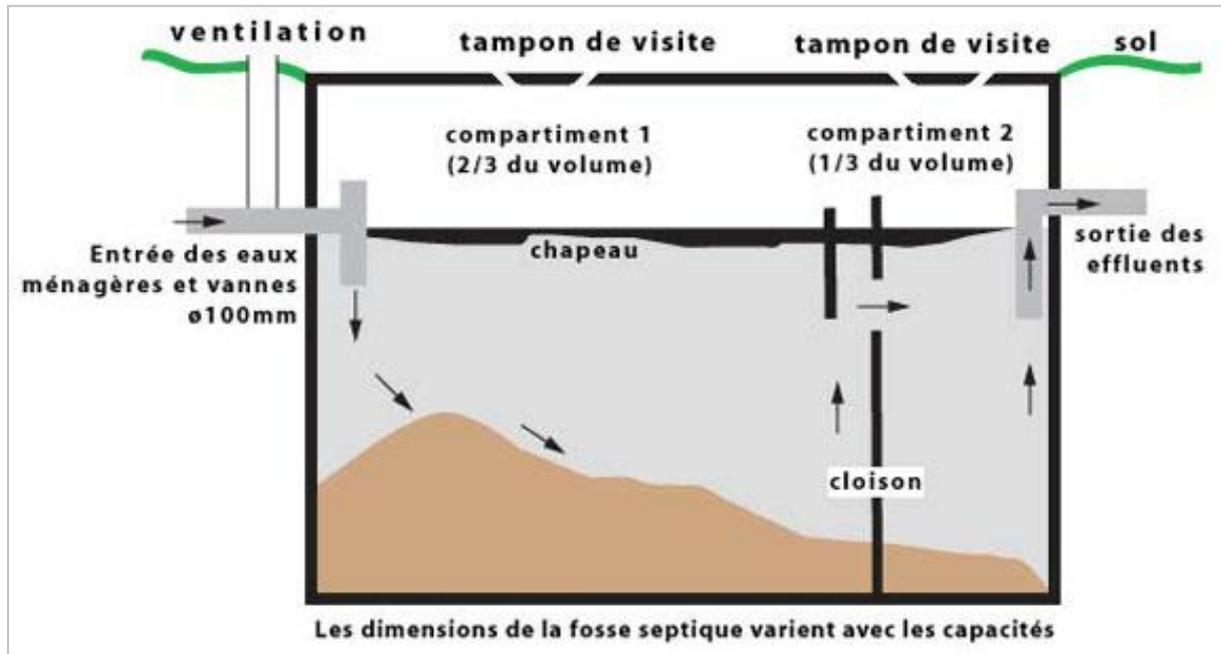


Figure 4: Schéma de principe d'une fosse septique toutes eaux (Ministère de l'Environnement, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 1994)

1.2. LES MAILLONS DE LA FILIERE DE GESTION DES BOUES DE VIDANGE

La filière de gestion des boues de vidange est constituée par trois maillons successifs : l'accès aux ouvrages d'assainissement (maillon amont), l'évacuation et le transport des boues (maillon intermédiaire), le traitement/valorisation ou élimination des BV (maillon aval). Le maillon amont sert à collecter, stocker et traiter partiellement les excréta. Son rôle est d'améliorer les conditions sanitaires des ménages (pS-Eau, 2000). Le maillon intermédiaire concerne l'évacuation et le transport des boues de vidange vers un site de dépotage/traitement. Son rôle est de veiller à l'hygiène urbaine. Enfin, le maillon aval concerne le traitement, élimination ou valorisation des sous-produits. Il a pour rôle de garantir le maintien de la qualité et de l'hygiène de l'environnement. La Figure 5 schématise les différents maillons de la filière de gestion des boues de vidange

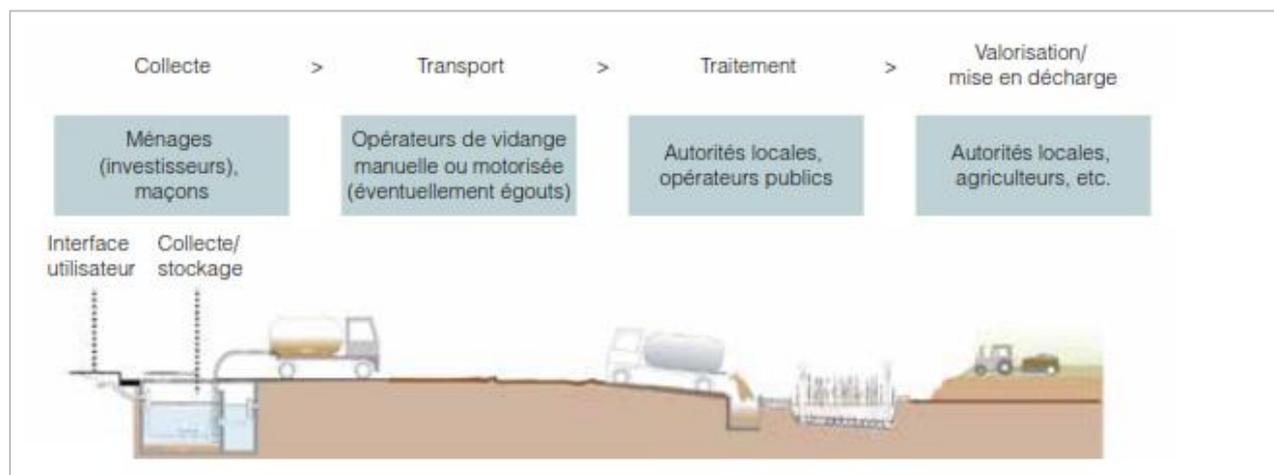


Figure 5: Les maillons de la filière assainissement autonome

1.3. DIAGRAMME DE FLUX DE MATIERES FECALES

Le diagramme de flux de matières fécales appelé SFD (*Shit Flow Diagram*) est un outil pour illustrer et communiquer les prestations de services d'assainissement. L'idée est de fournir une représentation visuelle de la circulation des flux de matières fécales issues des différents systèmes d'assainissement à travers une ville. C'est un outil de plaidoyer qui peut être utilisé pour démontrer la nécessité d'améliorer les services d'assainissement. Un SFD peut transmettre les informations suivantes :

- le pourcentage de matières fécales transportées par le réseau d'égout ou après vidange des fosses sans être un outil de planification détaillé ;
- le pourcentage des boues de vidange et des eaux usées qui atteignent une station de traitement sans être un outil de quantification des volumes précis ;
- le pourcentage de matières fécales traitées et non traitées sans fournir une évaluation détaillée de l'efficacité du procédé de traitement.

Les flux sont représentés en vert lorsqu'ils sont gérés de façon adéquate c'est-à-dire sans danger et en rouge lorsqu'ils présentent des risques sanitaires ou environnementaux considérables. La méthodologie d'élaboration d'un SFD nécessite des données sur les types de systèmes d'assainissement utilisés, leur efficacité ainsi que la proportion de la population de la ville desservie par chaque système. La figure 5 présente le SFD de la ville de Kumasi (Ghana) en 2015. Il en ressort que 45% des boues de vidange sont gérées de manière inadéquate. Ce flux correspond à la défécation à l'air (3%), aux boues vidangées mais ne parvenant pas à la station de traitement (5%), aux boues dépotées à la station mais non traitées (35%), aux eaux usées

parvenant à la station mais non traitées (2%). La figure 6 présente un exemple de diagramme de flux de matières fécales.

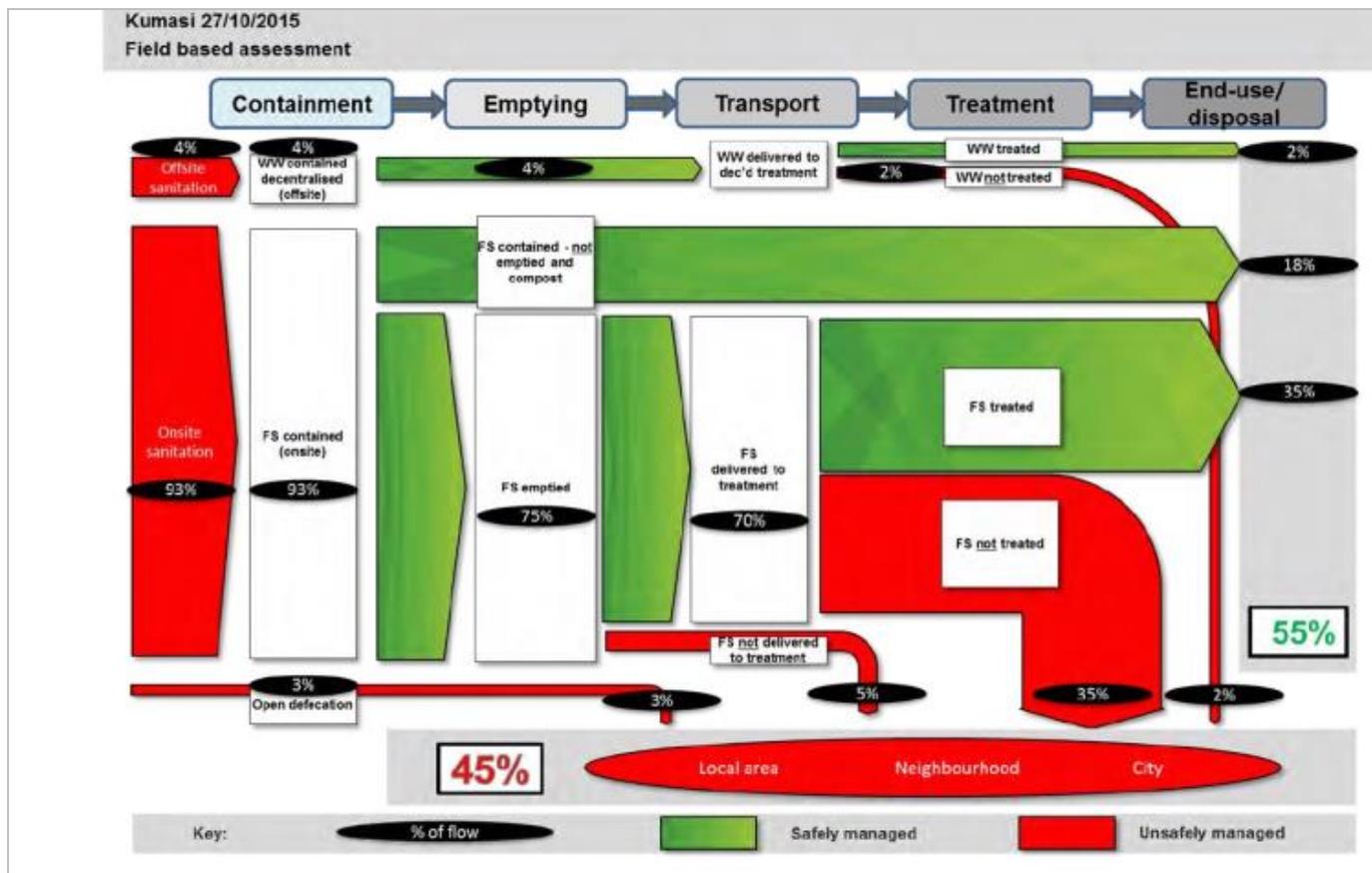


Figure 6: Exemple de diagramme de flux de matières fécales (cas de la ville de Kumasi au Ghana)

1.4. CARACTERISATION DES BOUES DE VIDANGE

1.4.1. Typologie des boues de vidange

Selon Strauss et al. (1997), les boues de vidange peuvent être classées en deux catégories en fonction de leur concentration : les boues de type A et les boues de type B.

Les boues de type A sont celles provenant des latrines publiques. Elles sont extrêmement concentrées et fraîches, biochimiquement instables, stockées pendant quelques jours ou semaines.

Les boues de type B quant à elles proviennent des fosses septiques et des latrines familiales. Ce sont des boues de faible à moyenne concentration, normalement stockées pendant plusieurs années, donc plus stabilisées que celles des toilettes publiques.

Les concentrations en polluants organiques des boues de type A sont 1,5 à 5 fois supérieures à celles de type B (Kouawa, 2016). Cet écart important de concentrations est dû au temps de séjour très faible des boues de type A dans les fosses.

1.4.2. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des boues de vidange

Les données de littérature montrent que les BV sont des produits d'une acidité proche de la neutralité, à tendance alcaline et fortement minéralisés. La conductivité moyenne des boues varie entre 3 mS/cm et 15 mS/cm. La fraction de matière organique oxydable est importante. En général, le rapport DCO/DBO₅ varie entre 2 et 10, supérieur à 5 dans la plupart des cas (Canler, 2010 ; Liénard et al., 2008). La matière solide représente 0,1% à 13% des boues de vidange. Le tableau 1 donne les caractéristiques physico-chimiques des boues de vidange dans quelques pays d'Afrique.

Tableau 1: Qualité physico-chimique des boues de vidange dans quelques pays d'Afrique

| Paramètres | Koné et Strauss (2003) | Kengne (2006) | Dème et al. (2009) | Bassan et al. (2013) (Pit latrines only) | Kone et al. (2016) | Kouawa (2016) |
|--|------------------------|---------------|--------------------|--|--------------------|---------------|
| Pays | Ghana | Cameroun | Sénégal | Burkina Faso | | |
| | Moyenne | Moyenne | Moyenne | Moyenne | Moyenne | Moyenne |
| pH | - | 7,5 | 7,3 | - | 7,58 | 8,6 |
| Cond (µS/cm) | - | 2 790 | - | - | 3 392 | 6 700 |
| DCO (mgO ₂ /L) | 7 800 | 31 100 | 3 853 | 12 437 | 1 950 | 3 157 |
| DBO ₅ (mgO ₂ /L) | 840 | - | - | 2 126 | 785 | - |
| MS (mg/L) | 12 000 | 33 400 | 3 488 | 13 349 | | 6 233 |
| MES (mg/L) | - | 33 400 | 2 130 | 10 982 | 1 125 | 2 676 |
| MV (mg/L) | 59% MS | 65,4% MS | 1 571 | 58% MS | - | 3 961 |
| NTK (mg/L) | - | 1 100 | 442 | - | | 376 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | - | 600 | - | - | 557 | 197 |

De nombreuses études ont également montré que les boues de vidange contiennent des micro-organismes pathogènes tels que des œufs d'helminthes, des kystes de protozoaires, des germes

de contamination fécale (tableau 2). Les boues fraîches provenant des toilettes publiques non raccordées présentent les teneurs en germes pathogènes les plus fortes (Strande et al., 2014). Mais les boues provenant de fosses septiques et des latrines contiennent elles aussi des bactéries d'excréta frais et une grande quantité d'œufs viables. Les boues de vidange doivent être considérées comme des matières très dangereuses qu'il convient de manipuler avec précaution. Une mauvaise gestion de ces boues peut favoriser la transmission des pathogènes de différentes manières (Klingel et al., 2002) :

- les négligences dans la manipulation des boues lors de la vidange des installations sanitaires, du transport et du traitement ;
- le dépotage sauvage des boues dans l'environnement favorise la prolifération des germes et les plus exposées sont surtout les enfants ;
- l'utilisation agricole des boues non traitées.

Tableau 2: Germes pathogènes retrouvés dans les boues de vidange dans quelques villes

| Auteurs | Dème et al. (2009) | Halalsheh (2008) | Kengne (2006) | Kone et al. (2016) | Kouawa (2016) |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| Ville | Dakar | Amman | Yaoundé | Ouagadougou (Zagtouli) | Ouagadougou |
| Coliformes fécaux (UFC/100mL) | $3,6 \cdot 10^8$ | $2,2 \cdot 10^9 - 1,1 \cdot 10^{13}$ | ND | $3,2 \cdot 10^5$ | $1,15 \cdot 10^5$ |
| Streptocoques fécaux (UFC/100mL) | ND | ND | ND | $3,8 \cdot 10^5$ | $1,2 \cdot 10^6$ |
| Œufs d'helminthes (Œufs/L) | 10 | 87 - 89 | 4 000 - 27 000 | ND | 413 |

1.5. TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

La plupart des technologies de traitement des BV se basent sur des procédés initialement développés pour le traitement des eaux usées et des boues d'épuration. Des adaptations sont

cependant indispensables car les caractéristiques des BV sont très différentes de celles des eaux usées, et influent sur l'efficacité des procédés de traitement (Spellman, 1997 ; Kopp et Dichtl, 2001). Les technologies existantes peuvent être regroupées en deux (02) catégories que sont : les techniques sophistiquées et les techniques à faible coût. Dans la première catégorie, on peut citer l'aération prolongée, l'épaississement mécanique avec agitation, la centrifugation, les filtres à bandes, les filtres presses à vide, le séchage thermique et la pasteurisation. Ces technologies « high-tech » sont inadaptées au contexte habituel des pays en voie de développement car très exigeantes en ressources financières et techniques tant au niveau de l'acquisition que de l'exploitation et la maintenance (Klingel et al., 2002).

La figure 7 donne un aperçu d'options potentielles à coûts modestes pour le traitement des boues de vidange applicables dans les pays en développement.

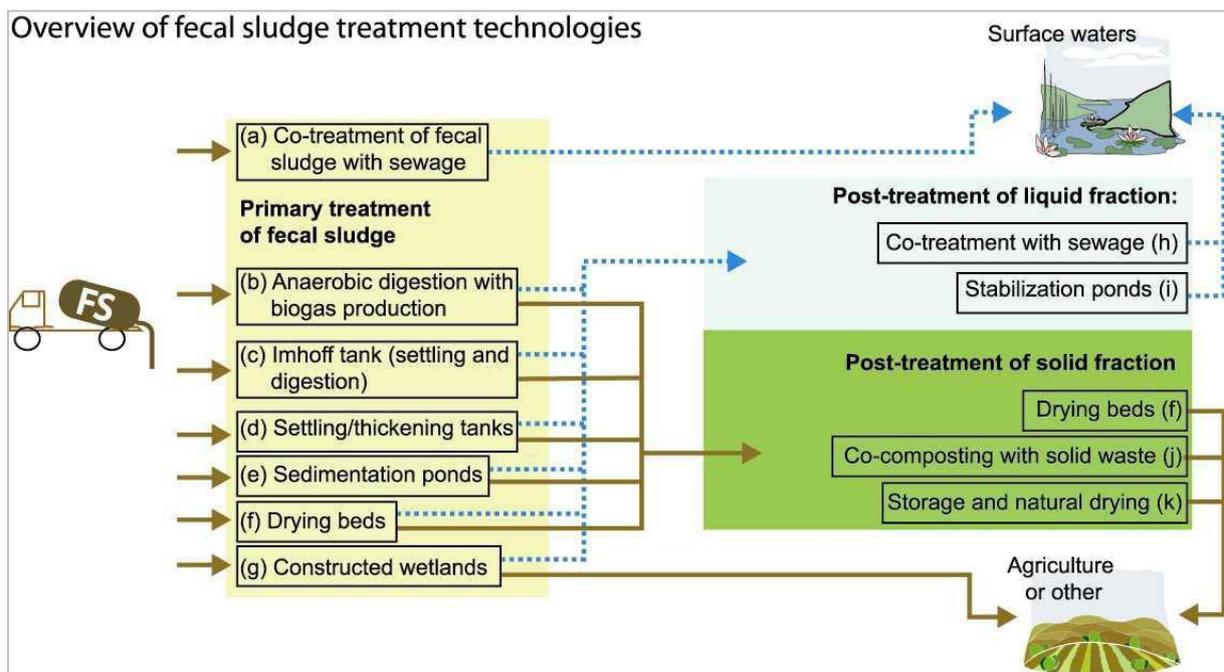


Figure 7: Aperçu sur les filières de traitement des boues de vidange (Klingel et al., 2002)

1.5.1. Co-traitement des boues avec des eaux usées domestiques

Si la ville possède une station de traitement des eaux usées, on peut envisager de traiter les boues de vidange fraîches avec les eaux usées. Les contraintes de co-traitement sont liées à la qualité des BV par rapport aux eaux usées car les BV peuvent avoir des paramètres de pollution 10 à 100 fois plus élevés que les eaux usées (Klingel et al., 2002).

Le cas le plus expérimenté est le co-traitement en bassins de lagunage. Le lagunage consiste en l'association de plusieurs bassins de différentes profondeurs et de temps de séjour. Avec l'ajout de boues de vidange dans le lagunage, l'azote ammoniacal devient vite un facteur limitant. Un

meilleur niveau d'oxygénation peut alors nécessiter d'aménager des cascades ou de mettre en place des aérateurs, dans l'objectif de provoquer une diminution des concentrations d'azote ammoniacal (Strauss et al., 2000). Il n'est pas recommandé d'effectuer le traitement des boues par injection directe en bassins de lagunage en grande quantité en raison de leurs fortes concentrations en azote ammoniacal, en matière organique et en matière particulaires. Par contre, le lagunage peut être utilisé pour traiter les effluents liquides (percolât issus des lits de séchage ou surnageant des bassins de décantation-épaississement) issus d'un traitement en amont des boues de vidange (Strande et al., 2014).

1.5.2. Traitement primaire des boues de vidange

Le traitement primaire vise à stabiliser les boues puis à séparer les phases solide et liquide. La qualité des fractions solide et liquide après le traitement primaire dépend du procédé choisi. Un post-traitement de la fraction solide et/ou liquide peut être nécessaire à l'atteinte des objectifs de traitement fixés (Klingel et al., 2002).

Le traitement primaire peut se faire par différents procédés comme l'indique le schéma ci-dessus.

- **Digestion anaérobie à biogaz**

Un réacteur anaérobie à biogaz est une technologie de traitement anaérobie qui produit une boue digérée utilisable comme amendement de sol et du biogaz pouvant être utilisé comme énergie (Tilley et al., 2009). Il peut être constitué d'une chambre ou une fosse à dôme fixe ou flottant qui facilite la dégradation anaérobie des eaux vannes, des boues et/ou des déchets biodégradables.

Le plus souvent, les réacteurs à biogaz sont directement reliés aux toilettes intérieures (privées ou publiques) à un point d'accès additionnel pour les matières organiques. La boue produite est riche en matières organiques et nutriments, mais presque inodore et en partie désinfectée (la destruction complète de microbes pathogènes exigerait des conditions thermophiles).

- **Décanteur-digester ou "fosse IMHOFF"**

Le décanteur-digester est une technologie de traitement primaire conçue pour la séparation liquide/solide et pour la digestion des boues décantées (Tilley et al., 2014). Elle comprend un compartiment de décantation en V placé au-dessus d'un compartiment de digestion des boues et équipé d'évents pour les gaz.

C'est une technologie robuste et efficace qui permet une réduction de 50% à 70 % des matières

solides en suspension et de 25% à 50 % de la DBO₅, et qui offre une bonne stabilisation potentielle des boues (Tilley et al., 2014b).

- **Bassins de sédimentation/épaississement**

Les bassins de sédimentation/épaississement sont des bassins de décantation simples qui permettent aux boues de s'épaissir et de se déshydrater (Tilley et al., 2009). L'effluent est évacué et traité alors que la boue épaissie peut être traitée à l'aide d'une technologie appropriée selon le type de boue.

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 (Klingel et al., 2002a). Ils ne conviennent pas aux boues très fraîches issues des toilettes publiques non raccordées mais peuvent les accueillir en mélange avec des boues mieux stabilisées.

- **Étangs de sédimentation/stabilisation**

Les étangs de sédimentation sont basés sur le même principe que les bassins de sédimentation (Klingel et al., 2002). Les étangs sont cependant plus étendus et les solides décantés en sont retirés à intervalles plus prolongés. Étant donné leur grand volume et leur grande durée de rétention, ils offrent un bon potentiel de stabilisation pour les boues fraîches. Les solides décantés sont retirés après évacuation de la colonne de liquide et une période de séchage. C'est une technologie rustique, bon marché et simple d'exploitation. Elle fournit une meilleure décantation que les bassins de sédimentation et un fort potentiel de stabilisation.

- **Lits de séchage non plantés**

Les lits de séchage non plantés sont des bassins peu profonds, constitués de couches de graviers et de sables et équipés d'un système de drainage pour recueillir le percolât (Strande et al., 2014). Ils fonctionnent par cycle d'alimentation et de repos. Ces cycles sont de 2 à 3 semaines en climat tropical et 7 à 70 semaines en climat tempéré (Kouawa, 2016).

Une fois chargé de boue, le lit draine la partie liquide et permet à la boue de déshydrater par infiltration-percolation-drainage-évaporation. Approximativement, 50% à 80% du volume des boues percolent comme liquide (Tilley et al., 2009). Après un temps de séchage de quelques semaines, les boues sont retirées du lit manuellement ou mécaniquement avant un nouveau cycle. Au bout de 5 à 10 alimentations, il est nécessaire de renouveler la couche de sable car en partie emportée avec les retraits successifs des boues résiduelles (Duchêne, 1990).

- **Lits de séchage plantés**

Les lits de séchage plantés sont semblables aux lits non plantés mais avec l'avantage d'une évapotranspiration accrue (Tilley et al., 2014b). Sa principale caractéristique est que les filtres n'ont pas besoin d'être curés après chaque cycle de remplissage/séchage. La boue fraîche peut être appliquée directement sur la couche précédente ; ce sont les plantes et leurs systèmes racinaires qui maintiennent la perméabilité du filtre.

Cette technologie a l'avantage de déshydrater aussi bien que stabiliser les boues. En outre, les racines des plantes créent des voies à travers les boues épaissies pour permettre à l'eau de s'échapper plus facilement. Les lits sont remplis de sable et de gravier pour soutenir la végétation.

L'épaisseur de boues à appliquer sur les lits est de 75 à 100 mm à une fréquence de 3 à 7 jours selon les caractéristiques des boues, l'environnement et les contraintes d'exploitation (Tilley et al., 2009). La boue peut être enlevée après 2 à 3 ans et utilisée en agriculture.

1.5.3. Post-traitement de la fraction liquide

Le post-traitement des effluents liquides issus du traitement primaire a pour objet de produire un effluent final pouvant être déversé dans les eaux de surface sans inconvénient pour la santé et l'environnement (Klingel et al., 2002).

- **Co-traitement du lixiviat avec les eaux usées**

Lorsque les eaux usées de la ville sont traitées par une station d'épuration et que la station de BV est à proximité, le lixiviat généré par le traitement primaire des boues peut être canalisé jusqu'à la station d'épuration où il est co-traitée avec les eaux usées.

- **Bassins/étangs de stabilisation**

Les bassins de stabilisation sont conçus pour le traitement de la pollution organique. Ainsi, selon le degré de pollution, les bassins de stabilisation des effluents issus du traitement des BV peuvent être des lagunes anaérobies et/ou facultatives. Les lagunes anaérobies dont la profondeur varie entre 2 et 3 mètres éliminent de 60 à 70% de la DBO (Klingel et al., 2002). Les lagunes facultatives, de 1 à 2 mètres de profondeur, peuvent accueillir une charge de 350 KgDBO/ha.j. Des teneurs élevées en ammonium de certains effluents, notamment des BV issues des toilettes publiques, peuvent inhiber la croissance des algues et bactéries épuratrices et nuire donc au bon fonctionnement du système (Klingel et al., 2002a).

1.5.4. Post-traitement de la fraction solide

- **Co-compostage**

Le co-compostage est le compostage de matières organiques d'origine différentes. Le compostage est un processus de dégradation aérobie contrôlée des matières organiques d'origine différentes (BV et déchets solides biodégradables par exemple) par une population microbienne thermophile en conditions aérobies et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humidifiée et stabilisée appelé compost (Tilley et al., 2009). Les principaux mécanismes régissant ce processus sont l'oxydation des composés organiques, la libération ou la fixation des nutriments et la synthèse microbienne de nouveaux composés (Strande et al., 2014). Les BV ont un taux d'humidité et d'azote élevé tandis que les déchets solides biodégradables sont riches en carbone organique et ont de bonnes propriétés de mise en tas. En combinant les deux intrants, les avantages de chacun peuvent être utilisés pour optimiser le processus et le produit final (Tilley et al., 2014a). Le traitement par co-compostage est seulement approprié lorsqu'il existe une source disponible de déchets solides biodégradables bien triés et un marché du compost.

- **Stockage et séchage naturel**

Le stockage sur une durée d'au moins 6 mois des boues épaissies livrées par les systèmes de sédimentation ou les lits de séchage produit une hygiénisation suite à la destruction des pathogènes (Klingel et al., 2002). Un prolongement du séchage favorise l'éradication des pathogènes et renforce donc la fiabilité de la méthode.

Le stockage et le séchage naturel sont préconisés lorsqu'une valorisation agricole des boues de vidange est souhaitée et que le recours au co-compostage ou aux lits de séchage plantés n'est pas envisageable.

2. MATERIEL ET METHODES

L'atteinte des objectifs de toute étude commande l'adoption d'une démarche méthodologique adaptée. Cette partie présente la méthodologie utilisée. Le but est de mettre en relief les différents outils et procédés utilisés pour les résultats obtenus.

La méthodologie adoptée comporte :

- des enquêtes par questionnaire sur l'assainissement familial, sur la volonté des maraichers à acheter du compost à base de boues de vidange et sur la vidange manuelle ;
- des visites de terrains et des entretiens avec des personnes ressources et acteurs clés ;
- des prélèvements d'échantillons de boues par type de latrines et leur analyse au laboratoire.

2.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1.1. Situation géographique et administrative

La commune de Solenzo, chef-lieu de la Province des Banwa, est située dans la région de la Boucle du Mouhoun à l'Ouest du Burkina Faso. Elle se trouve à environ 320 Km de la capitale Ouagadougou et couvre une superficie d'environ 2 100 Km².

Sur le plan administratif, la commune urbaine de Solenzo a été créée par la loi n°003/93/ADP du 07 mai 1993 portant organisation de l'administration du territoire au Burkina Faso. La commune comprend la ville de Solenzo (qui compte 04 secteurs) et 30 villages administratifs.

La figure 8 montre par cartographie, la situation géographique de la commune de Solenzo

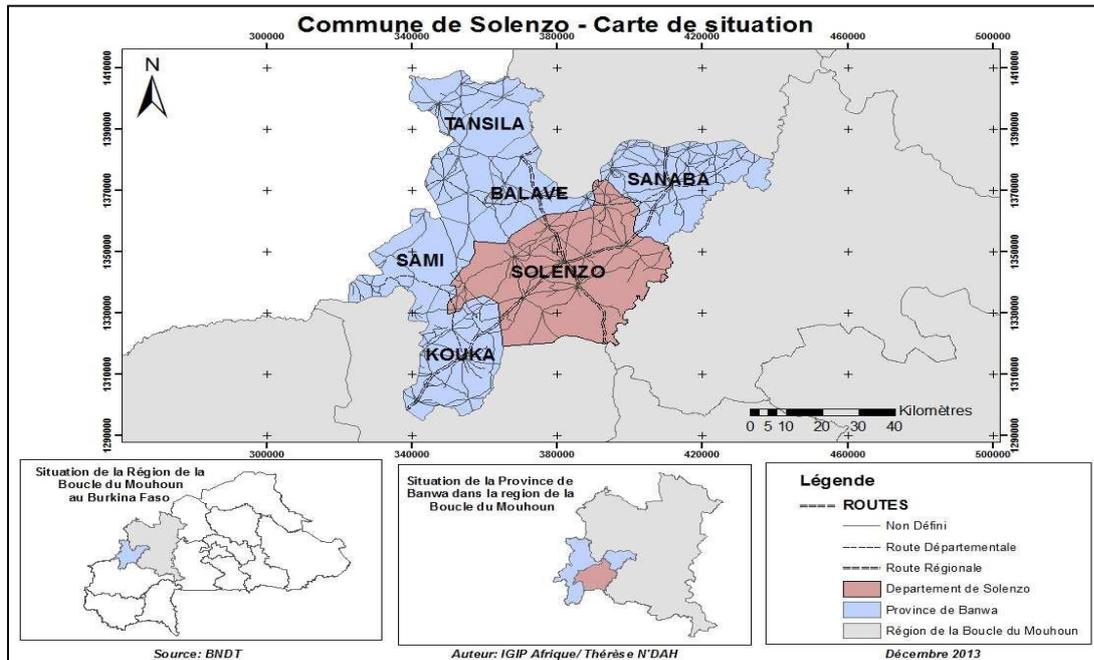


Figure 8: Carte de situation de la commune de Solenzo

2.1.2. Climat

Le climat est de type soudano-sahélien. La commune de Solenzo reste donc soumise à l'influence des deux vents que sont l'harmattan et la mousson et qui déterminent les deux grandes saisons au Burkina à savoir la saison sèche et la saison pluvieuse.

La saison sèche s'étend de novembre à avril et se caractérise par un vent froid et sec, avec des températures variant entre 18 et 24°C de décembre à mi-février et qui peuvent atteindre 42°C en mars-avril. La saison pluvieuse s'étend de mai à octobre et se caractérise par les vents de mousson avec des températures plus douces variant de 26°C à 36°C. Contrairement à certaines localités du pays, la commune de Solenzo est relativement bien arrosée, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 930 mm entre 1998 et 2012 (PCD-AEPA/S, 2013).

2.1.3. Relief, hydrogéologie et hydrographie

Le relief de Solenzo est relativement plat avec toutefois quelques élévations à l'Est et à l'Ouest de faibles altitudes.

Le réseau hydrographique de la commune est très limité et très hiérarchisé. Les ressources en eau de surface sont constituées par les cours d'eau temporaires, principalement de grands affluents du fleuve Mouhoun, à l'intérieur duquel, il est organisé en trois (3) sous-réseaux principaux :

- le sous-réseau du Mouhoun à l'est ;

- le sous-réseau du Voun-hou au nord ;
- le sous-réseau du Baré au sud-ouest.

On rencontre également sur le territoire communal quelques cours d'eau temporaires qui sont alimentés par les eaux de pluies. Les principaux sont : Mwensa, Worosatié, Somsahoun, Djogo, Do, Kii, Berekuy et Djini.

Du point de vue hydrogéologie, la ville de Solenzo est située sur des sols semi perméables (0,00001 m/s en moyenne). Il existe deux nappes bien distinctes : une nappe phréatique peu profonde sujette aux pollutions anthropiques et une nappe profonde. Ces deux nappes sont séparées par des couches d'argiles compactes d'une épaisseur pouvant atteindre 30 mètres par endroit.

2.1.4. Aspects socio-économiques

- **Démographie**

La commune de Solenzo comptait 121 819 habitants selon le recensement général de la population et de l'habitat en 2006 dont 16 850 citoyens. Avec un taux d'accroissement de 2,3%, la population urbaine est estimée à 21 639 d'habitants en 2017 et devrait atteindre 29 082 habitants en 2030 (échéance des ODD). La taille moyenne d'un ménage est estimée à 7 personnes (Enquête PEA-GIZ, 2016).

- **Activités socio-économiques**

Les activités socio-économiques sont assez développées dans la commune surtout dans la partie urbaine. Parmi ces activités, l'agriculture occupe la première place suivie du commerce. L'élevage est très faiblement pratiqué dans la ville. Quant à la pêche, elle est pratiquée dans la commune particulièrement le long du fleuve Mouhoun dans les villages riverains. L'artisanat est surtout pratiqué par les jeunes formés dans les centres de formations professionnelles.

2.2. COLLECTE DE DONNEES

2.2.1. Matériel et outils de collecte

Les données de l'enquête ménage ont été collectées avec les outils Akvo Flow et Open Data installés sur des smartphones. Ces outils ont été choisis car ils facilitent et rendent plus rigoureux et transparents la collecte, le traitement et l'analyse des données d'enquête. Les données sont directement transférées sur une feuille Excel pour traitement.

Les questionnaires d'enquête vidangeurs et maraichers ont été élaborés à partir du logiciel Sphinx.

2.2.1.1. Échantillonnage enquête ménages

L'enquête a couvert tous les 04 secteurs de la ville de Solenzo. Un échantillonnage systématique a été réalisé. La formule ci-après permet de déterminer la taille de l'échantillon d'enquête :

$$n = \frac{P(1 - P) + \frac{e^2}{Z^2}}{\frac{e^2}{Z^2} + \frac{P(1 - P)}{N}} \quad (\text{Durand, 2002})$$

Où n = taille de l'échantillon ; P = pourcentage de l'indicateur principal (P = 0,5 par défaut) ; Z = 1,645 pour un niveau de confiance de 90% selon la loi normale centrée réduite ; marge d'erreur e = 6,3% ; N = population initiale en 2015 tirée de la base INOH (Inventaire National des Ouvrages Hydrauliques)

Déroulement de l'enquête

Pour identifier les ménages à enquêter dans chaque secteur, un pas a été défini selon le lieu de résidence (zone lotie ou non). Le pas indique l'intervalle c'est-à-dire le nombre de ménages entre deux ménages enquêtés. Le pas est calculé comme suit : Pas = Nombre total de ménages du secteur / Nombre de ménages à enquêter dans le milieu de résidence du secteur concerné. Le tableau 3 donne les ménages à enquêter par secteur et par zone de résidence ainsi que le pas à respecter.

Tableau 3: Détermination de l'échantillon d'enquête

| Secteurs | Population 2015 (INOH) | Nombre de ménages | Nombre ménages à enquêter en zone non lotie | Pas à respecter en zone non lotie | Nombre ménages à enquêter en zone lotie | Pas à respecter en zone lotie |
|--------------|------------------------|-------------------|---|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| S1 | 4552 | 455 | 14 | 33 | 26 | 18 |
| S2 | 4662 | 466 | 14 | 34 | 26 | 18 |
| S3 | 4802 | 480 | 14 | 35 | 26 | 19 |
| S4 | 6002 | 600 | 15 | 43 | 27 | 23 |
| Total | 20018 | 2001 | 57 | - | 105 | - |

162 ménages ont été enquêtés dont 57 en zones non-lotie et 105 en zones loties.

2.2.1.2. Échantillonnage enquête maraichers

La revue documentaire a montré que les producteurs agricoles accordent un grand intérêt pour la réutilisation des boues de vidange. Cela a conduit à l'élaboration d'un questionnaire adresser aux producteurs maraichers (annexe 3) pour évaluer leur volonté à acheter du compost fait à base de boues de vidange.

Pour déterminer le nombre de maraichers à enquêter, un échantillonnage aléatoire simple a été fait. La formule suivante donne la taille de l'échantillon :

$$n = \frac{1.96^2 * N}{1.96^2 + e^2 * (N - 1)} \quad (\text{PCD-AEPA/D, 2012})$$

Avec n : la taille de l'échantillon à enquêter ; N : la taille de l'univers investigué ; e : marge d'erreur pris entre 12% et 14%

Le nombre de maraichers recensés par la Direction Provinciale de l'Agriculture en 2016 dans la commune de Solenzo est de 949. En considérant une marge d'erreur de 14% et en appliquant la formule ci-dessus, on trouve que le nombre de maraichers à enquêter est de 162,6. Mais par manque de moyens financiers et de temps, seulement 90 producteurs maraichers ont été enquêtés. Le tableau 4 donne le nombre de maraichers à enquêter par site de production.

Tableau 4: Détermination du nombre de maraichers à enquêter par site de production

| Site de production | Nombre de maraichers | Nombre de maraichers à enquêter |
|--------------------|----------------------|---------------------------------|
| Ban | 196 | 15 |
| Bonza | 103 | 12 |
| Darsalam | 127 | 12 |
| Dira | 121 | 12 |
| Moussakongo | 171 | 14 |
| Sanakuy | 138 | 13 |
| Yeressoro | 93 | 12 |
| Total | 949 | 90 |

2.2.1.3. Échantillonnage enquête vidangeurs manuels

Pour compléter l'état des lieux sur la gestion des boues de vidange dans la commune de Solenzo, un questionnaire à l'endroit des vidangeurs manuels (annexe 2) opérant dans la ville de Solenzo a été élaboré. Le nombre de vidangeurs manuels exerçant dans la ville de Solenzo n'est pas connu en dépit des tentatives de recensement par la mairie. Cette situation serait en partie liée aux mauvaises considérations que subissent les vidangeurs manuels dans la société. L'activité de la vidange manuelle est mal perçue par une grande partie de la population contraignant les vidangeurs à travailler dans la clandestinité, le plus souvent la nuit de peur de se faire remarquer. Il est donc difficile de faire un échantillonnage dans ce cas. En 2016, la mairie avait recensé seulement 5 vidangeurs dans la ville de Solenzo. En plus de ces cinq (05) vidangeurs, nous avons pu rencontrer quatre (04) autres, ce qui porte à neuf (09) le nombre total de vidangeurs manuels enquêtés.

2.2.2. Analyse des boues de vidange

La méthodologie utilisée pour l'analyse des BV comprend l'échantillonnage des boues, le matériel de prélèvement et les méthodes d'analyses au laboratoire.

2.2.2.1. Echantillonnage des boues

Compte tenu de la variabilité des boues de vidange, Klingel et al. (2002) recommandent de prélever autant d'échantillons que possible. L'analyse de moins de 30 échantillons ne donne que des tendances. La présente étude a analysé au total 30 échantillons prélevés dans 30 ouvrages différents, tous types confondus. Pour identifier les ouvrages dans lesquels les échantillons de boues devraient être prélevés, un échantillonnage (dont le plan d'échantillonnage est fourni à l'annexe 5) a été fait à partir des données de l'enquête ménages mais aussi de l'enquête assainissement public en tenant compte des critères suivants :

- le type de lieu (ménage/lieu public) ;
- le type de latrine ;
- la fréquence de vidange ;
- la zone de résidence (zone lotie/zone non lotie) ;
- les caractéristiques hydrogéologiques (zone imperméable/zone de remontée de la nappe)

Pour que l'échantillon soit représentatif des boues contenues dans la fosse, un prélèvement en surface, à mi-profondeur et au fond ont été effectués. Le tout est mélangé pour avoir un

échantillon composite. La photo 1 illustre la méthodologie de prélèvement des boues et de mesure des dimensions des latrines



Photo 1: Prélèvement d'échantillons de boues et mesures des dimensions des latrines échantillonnées

2.2.2.2. Matériel de prélèvement

Les échantillons de boues ont été prélevés manuellement à travers un dispositif métallique en forme d'entonnoir fixé à un support conçu à cet effet. Les échantillons destinés à l'analyse microbiologique et parasitologique ont été conservés dans des flacons en verre stérilisés. Pour l'analyse physico-chimique, les échantillons ont été conservés dans des bidons plastiques. Tous les échantillons ont été disposés dans des glacières et maintenus au frais avec des glaçons.

2.2.2.3. Analyses au laboratoire

Les paramètres analysés sont ceux qui peuvent permettre de : (i) d'évaluer les caractéristiques des BV brutes et de leur stabilité, (ii) proposer des procédés de traitement adaptés et, (iii) dimensionner les ouvrages requis pour le traitement du percolât et des boues déshydratées. Pour cela, les paramètres suivants ont été analysés : pH, conductivité, DCO, DBO₅, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, NTK, MS, MV, teneur en eau, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et œufs d'helminthes. Les méthodes de référence ainsi que les protocoles d'analyse sont fournis à l'annexe 6.

2.2.3. Méthodologie d'élaboration d'un diagramme de flux de matières fécales

Le SFD est élaboré en ligne sur le site de SuSanA² à partir du lien suivant : <http://sfd.susana.org/data-to-graphic>. Il s'agit de remplir une matrice (annexe 4) et de générer automatiquement le diagramme. Pour une ville donnée, les informations à fournir sont :

² SuSanA (Sustainable Sanitation Alliance) is an open international alliance with members who are dedicated to understanding viable and sustainable sanitation solutions. It links on the ground experiences with an engaged community made up of

- les systèmes d'assainissement utilisés : assainissement collectif (AC), assainissement non collectif (ANC), la défécation à l'air (DAL). Pour le cas de l'ANC, distinguer les ouvrages à fosses étanches qui sont vidangés, les ouvrages à fosses étanches non vidangés, les ouvrages à fosses non étanches ;
- la proportion de la population desservie par chaque type de système (exprimer en pourcentage) ;
- la proportion d'ouvrages vidangés (exprimer en pourcentage) ;
- la proportion de boues vidangées qui atteint la station de traitement ;
- la proportion de boues qui sont traitées par la station de traitement.

Ces informations sont obtenues à partir du traitement des données de l'enquête ménages, du traitement des données de l'enquête vidangeur et de l'analyse des cartes de sols pour identifier les ouvrages situés dans des zones à risques de pollution des eaux souterraines.

2.2.4. Méthodes de quantification des boues de vidange

Il existe plusieurs méthodes pour estimer la quantité de boues produites à l'échelle d'une ville. Koanda (2006) a développé quatre méthodes de quantification que sont : la méthode basée sur la production spécifique, la méthode basée sur le volume des ouvrages d'ANC, la méthode basée sur la demande en vidange mécanique et la méthode basée sur le chiffre d'affaires du vidangeur.

Dans cette étude, la quantité de boues produites est évaluée à partir de la méthode basée sur le volume des ouvrages pour les raisons ci-après :

- la production spécifique de boues selon le type d'ouvrage n'est pas connue à Solenzo ;
- la demande en vidange mécanique par les ménages est pratiquement nulle. Jusqu'à là, c'est seulement la société des fibres textiles (SOFITEX) et le district sanitaire qui font appel à la vidange mécanique. La méthode basée sur la demande en vidange mécanique telle que décrite par Koanda (2006) est difficile à appliquer dans ce cas. Néanmoins, il est possible d'estimer la quantité de boues vidangées au niveau de ces deux structures ;

- les vidangeurs manuels exerçant à Solenzo sont dans l'informel et aucun d'eux ne tient un cahier de compte. Il est par conséquent difficile d'évaluer la production de boues à partir de la méthode basée sur le chiffre d'affaires du vidangeur.

- **Méthode basée sur le volume des ouvrages d'ANC**

La caractérisation des ouvrages a pour but d'évaluer le volume moyen de boues extraites par les vidangeurs et la fréquence de vidange de ces ouvrages. La quantité de boues produite est donnée par les équations (2), (3) et (4) :

$$Q_{mec} = \sum_i N * \frac{P_{mec}}{f_{mec}} * V_i * \alpha_i \quad \text{(Equation 1)}$$

$$Q_{man} = \sum_i N * \frac{P_{man}}{f_{man}} * V_i \quad \text{(Equation 2)}$$

$$Q = Q_{mec} + Q_{man} \quad \text{(Equation 3)}$$

Q_{mec} [m³/an] est la quantité de boues produites dans les ouvrages vidangés mécaniquement ;

Q_{man} [m³/an] est la quantité de boues produites dans les ouvrages vidangés manuellement ;

P_{mec} [%] est la proportion des ouvrages vidangés mécaniquement ;

P_{man} [%] est la proportion des ouvrages vidangés manuellement ;

f_{mec} [an] est la fréquence moyenne de vidange mécanique ;

f_{man} [an] est la fréquence moyenne de vidange manuelle ;

N [ouvrages] est le nombre total d'ouvrages existant dans la localité ;

V_i [m³] est le volume moyen des ouvrages ;

α_i est un coefficient de correction pour tenir compte du volume de boues de fond non aspirées par le camion.

- **Estimation des boues vidangées au district sanitaire et à la SOFITEX**

Le district sanitaire et la SOFITEX sont les seules structures qui pratiquent la vidange mécanique à Solenzo. La fréquence de vidange est de 1 an et le camion de vidange, d'une capacité de 6 m³, vient de Bobo-Dioulasso, ville située à environ 150 Km de Solenzo. Il est à noter que lorsque le camion de vidange se déplace sur l'une ou l'autre de ces structures, il vidange toutes les latrines de la structure. Ainsi connaissant le nombre de rotations sur chaque site et la capacité de la citerne, on peut estimer la quantité de boues vidangée par les équations (4) et (5) :

$$Q_i = V_c * N_i \quad \text{(Equation 4)}$$

$$Q = \sum Q_i \quad \text{(Equation 5)}$$

Où Q_i [m^3/an] est la quantité de boues vidangée dans la structure i ; V_c [m^3] est la capacité du camion de vidange ; N_i [nombre] est le nombre de rotations effectuées pour vidanger toutes les latrines du site i ; Q [m^3/an] est la quantité totale de boues vidangée mécaniquement.

2.3. METHODOLOGIE DE CHOIX D'UN SITE DE DEPOTAGE/TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

2.3.1. Analyse des parties prenantes

L'identification, la participation continue et la définition des rôles spécifiques de toutes les parties prenantes (PP), ainsi qu'un dialogue suivi entre elles représentent les seules et les plus importantes mesures contribuant au développement et maintien d'une gestion améliorée des BV (Strauss et al., 2006). Ainsi, le choix d'un site adéquat pour le dépotage/traitement des BV dans une ville et la filière de traitement doit se baser sur des critères pertinents en impliquant tous les acteurs concernés.

Pour l'identification des PP, la coopération technique allemande (GIZ) a mis au point un outil dénommé « CAPACITY WORKS » pour planifier ses interventions tout en améliorant la communication et la participation de l'ensemble des acteurs d'un projet. Cet outil a été utilisé dans cette étude pour identifier et analyser les acteurs qui revêtent de l'importance pour la gestion des BV et qui doivent être nécessairement impliqués dans le choix du site de dépotage/traitement des BV dans la commune de Solenzo.

Une fois les acteurs identifiés, il faut évaluer l'influence et l'importance de chaque catégorie d'acteurs. Pour ce faire, le « CAPACITY WORKS » organise les acteurs en trois catégories : les acteurs clés, les acteurs primaires et les acteurs secondaires :

- les acteurs clés sont ceux qui peuvent influencer significativement le projet du fait de leurs capacités, de leurs savoirs ou de leurs pouvoirs ;
- les acteurs primaires sont ceux qui sont immédiatement concernés par le projet. Il s'agit en général des bénéficiaires, ceux qui peuvent être amenés à céder des pouvoirs ou des privilèges en ce qui concerne le projet, ou ceux qui peuvent subir des préjudices causés par le projet ;

- les acteurs secondaires sont ceux qui participent indirectement ou temporairement au projet.

Par ailleurs il existe des acteurs, quelle que soit la catégorie, dont le soutien et la participation est indispensable au succès du projet et qui peuvent bloquer complètement le projet. On dit qu'ils ont un droit de veto.

2.3.2. Analyse multicritère

L'un des objectifs majeurs de cette étude est l'identification d'un site approprié pour le dépotage/traitement des BV de la ville de Solenzo. Il existe dans la littérature de nombreuses méthodes ou approches d'aide à la décision dont l'analyse multicritère. Ces méthodes sont utilisées pour aider les décideurs à trouver des solutions à des problèmes de décision.

La démarche classique de l'analyse multicritère comprend 5 étapes successives :

- identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision ;
- dresser la liste des solutions possibles ou envisageables ;
- dresser la liste des critères à prendre en considération ;
- évaluer chacune des solutions en fonction de chaque critère ;
- utiliser une méthode d'analyse pour comparer les solutions entre elles.

L'application de l'analyse multicritère au choix d'un site de dépotage/traitement des BV a déjà été réalisée dans la commune de Ouahigouya, au Burkina Faso, par Blunier (2004) et Diagne (2005). Le premier a identifié et caractérisé les sites potentiels et le second a poursuivi l'étude en se concentrant sur les méthodes d'analyse multicritère.

L'expérience a montré l'efficacité des méthodes ELECTRE³ dans la gestion des problèmes environnementaux (Maystre et al., 1994). Diagne (2005) a appliqué la méthode ELECTRE II pour le choix du site de dépotage/traitement des BV à Ouahigouya mais tout comme Raymond (2008), nous trouvons que les méthodes ELECTRE sont complexes et longues à mettre en œuvre. De plus, les PP étant impliqués dans le processus méthodologique dans cette étude, il ne faudrait pas leur présenter une méthode trop complexe et difficile à s'approprier. Il faut donc développer une méthode d'analyse simple, accessible et permettant d'aboutir rapidement à une décision.

³ ELECTRE est un acronyme pour Elimination Et Choix Traduisant la REalité

- **Formulation des critères d'évaluation**

Les critères formulés dans cette étude sont de deux types : les critères d'exclusion et les critères de comparaison.

Les critères d'exclusion

La définition des critères d'exclusion vise à protéger certains biens spécifiques d'une éventuelle pollution ou nuisance liée aux BV. La démarche consiste à identifier un bien à protéger et à tracer un rayon de sécurité autour de ce bien à protéger. Ce rayon de sécurité est défini en fonction de l'ampleur du bien à protéger et de sa vulnérabilité à la pollution. Pour qu'un site soit éligible, il faudrait qu'il soit à l'extérieur de ce rayon de sécurité. Les critères d'exclusion sont résumés dans le tableau 05 :

Tableau 5: Critères d'exclusion

| Bien à protéger | Rayon de sécurité |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Agglomérations | 500 mètres |
| Habitats isolés (en zone non lotie) | 300 mètres |
| Services, institutions | 500 mètres |
| Exploitations agricoles | 300 mètres |
| Cimetière | 500 mètres |
| Site d'intérêt culturel ou récréatif | 500 mètres |
| Site à vocation spécifique | 300 mètres |
| Captage pour l'AEP | 1 à 2,5 Kilomètres |
| Zone à risque de remontée de la nappe | 1 à 2 Kilomètres |
| Zones inondables ou marais | 500 mètres |

Source : (Ezzouaq et Chouaouta, 2002)

Critères de comparaison

Diagne (2005) a formulé sept critères pour le cas de Ouahigouya à savoir *les odeurs nauséabondes, le coût du transport, la capacité du site, le statut foncier du site, le coût*

d'investissement, le potentiel de valorisation maraîchère et la pollution des eaux superficielles et des eaux souterraines. Ces critères ont été adaptés et complétés. Les critères retenus dans cette étude sont les suivants :

– **Critère C1 : « Protection des eaux souterraines »**

La ville de Solenzo étant alimentée par les eaux souterraines, il faut veiller à protéger cette ressource d'une éventuelle pollution en provenance des BV. Le tableau 06 présente l'échelle de notation du critère 1.

Tableau 6: Echelle de notation du critère C1

| Localisation du site par rapport à une à une zone de remontée de la nappe ou à un point de captage | Note |
|--|------|
| Site situé à 1000 mètres d'une zone de remontée ou d'un point de captage | 1 |
| Site situé entre 1000 et 1500 mètres d'une zone de remontée ou d'un point de captage | 3 |
| Site situé à plus de 1500 mètres d'une zone de remontée ou d'un point de captage | 5 |

Source : (Ezzouaq and Chouaouta, 2002) modifié

– **Critère C2 : « Minimisation des nuisances olfactives »**

Dans une station de BV, la maîtrise des émanations gazeuses nauséabondes n'est pas totale. Il faut veiller dans la mesure du possible à ne pas indisposer la population riveraine ou du moins à minimiser les nuisances olfactives. L'échelle de notation pour ce critère tient compte de la rose des vents pour les odeurs et de la population qui serait affectée par ces odeurs. Ce critère suggère l'éloignement du site des zones d'habitation. Une distance minimale par rapport aux habitations est prise en compte au niveau des critères d'exclusion. L'évaluation des sites par rapport à ce critère est donnée par le tableau 07 :

Tableau 7: Echelle de notation du critère C2

| Sens du vent | Population touchée | Note |
|--------------|--------------------|------|
| SW-NE | Non | 3 |
| | Oui | 2 |
| NE-SW | Non | 4 |
| | Oui | 1 |

Source : (Diagne, 2005)

– **Critère C3 : « Coût du transport »**

L'une des causes du dépotage anarchique des boues est l'éloignement de la STBV des lieux de production. Ainsi, le site ne devrait pas être très éloigné des lieux de production de boues (ménages). Le critère C3 vise à minimiser les coûts et le temps de transport. L'échelle de notation de ce critère (tableau 08) est construite en prenant l'hôtel de ville comme de point repère parce que situé à peu près au centre de la ville de Solenzo.

Tableau 8: Echelle de notation du critère C3

| Distance Mairie-Site (Km) | Moins de 2 Km | [2-3[| [3-4[| [4-5[| 5 Km et plus |
|---------------------------|---------------|-------|-------|-------|--------------|
| Note | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

Source : (Diagne, 2005)

– **Critère C4 : « Capacité du site »**

Le site doit être suffisamment grand pour abriter les installations nécessaires et permettre une éventuelle extension de la station. L'espace nécessaire dépend de la filière de traitement et de la quantité de boues à l'horizon du projet. Il est à noter que les systèmes de traitement des BV dans les pays en développement sont des systèmes extensifs (qui requièrent de grands espaces). L'échelle de notation de ce critère est donnée par le tableau 09 ci-après :

Tableau 9: Echelle de notation du critère C4

| Superficie estimée du site (ha) | < 1 | [1 - 2[| [2 - 3[| [3 - 4[| ≥ 4 |
|---------------------------------|-----|---------|---------|---------|-----|
| Note | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Source : (Diagne, 2005)

– **Critère C5 : « Statut foncier du site »**

Il s'agit ici de vérifier dans un premier temps si le site est dans la zone territoriale de la commune de Solenzo, vérifier ensuite si le site est un domaine public ou une propriété privée.

L'évaluation des sites par rapport à ce critère pourrait se faire à partir d'un questionnaire fermé.

(1). Le site est-il dans la zone territoriale de la commune de Solenzo ? Oui /__/ Non /__/

(2). Si Oui, s'agit-il d'une propriété privée ? Oui /__/ Non /__/

(3). Si Oui, le propriétaire est-il disposé à céder le site ? Oui /__/ Non /__/

Le tableau 10 donne l'échelle de notation du critère 5.

Tableau 10: Echelle de notation du critère C5

| Combinaison de réponses | Note |
|---------------------------|------|
| (1) Non | 1 |
| (1) Oui, (2) Oui, (3) Non | 2 |
| (1) Oui, (2) Oui, (3) Oui | 3 |
| (1) Oui, (2) Non | 5 |

Source : (Diagne, 2005)

– **Critère C6** : « *Coût supplémentaire d'investissement ou de mise en valeur du site* »

Il ne s'agit pas des coûts relatifs à la mise en place de station de traitement proprement dite mais plutôt des coûts supplémentaires liés à des aménagements spécifiques selon les sites. En effet, certains sites peuvent nécessiter l'aménagement d'une piste d'accès, d'une extension du réseau d'eau potable jusqu'au site ou encore des mesures de précaution particulières pour protéger les eaux souterraines car situés à proximité d'une zone de remontée de la nappe phréatique. L'échelle de notation de ce critère est donnée par le tableau 11 ci-après.

Tableau 11: Echelle de notation du critère C6

| Aménagements spécifiques | Note |
|---|------|
| Ne nécessite aucun aménagement spécifique | 5 |
| Exige l'un des aménagements spécifiques suivants : piste d'accès ; extension du réseau d'AEP ; protection particulière de la nappe | 3 |
| Exige deux (02) des aménagements spécifiques suivants : piste d'accès ; extension du réseau AEP ; protection particulière de la nappe | 2 |
| Exige à la fois l'aménagement d'une piste d'accès, une extension du réseau d'AEP et d'une protection particulière de la nappe | 1 |

Validation et importance relative des critères

L'ensemble des critères proposés ont tous été validés par les acteurs clés de la gestion des BV à savoir les vidangeurs manuels, les services étatiques déconcentrés en charge des ressources animales, environnement, agriculture, sécurité et santé, les associations et la mairie. Lors de la validation des critères, les PP ont effectué un classement des critères par ordre d'importance et

ont attribué un poids à chaque critère pour la pondération. Les tableau 12 donne le poids relatif de chaque critère.

Tableau 12: Coefficients de pondération proposés par les parties prenantes

| Critères | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Rang | 1 | 4 | 3 | 2 | 4 | 6 | |
| Poids | 40/100 | 10/100 | 15/100 | 20/100 | 10/100 | 5/100 | 100/100 |

2.4. CHOIX D'UNE FILIERE DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

L'objectif global visé par le traitement des boues de vidange est la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les risques associés au rejet. Le choix d'une filière de traitement dépend de plusieurs paramètres tels que (Reymond, 2008) :

- les ressources financières et humaines disponibles ;
- la quantité de boues à traiter : l'élément le plus important lors du dimensionnement d'une station de traitement des BV est d'avoir une estimation précise de la quantité de boues à traiter ;
- les caractéristiques des boues à traiter ;
- les aspects climatiques : la plupart des options de traitement des boues de vidange comprennent une phase de séchage des boues. L'abondance de soleil dans les pays du Sud est à mettre à profit dans ce cas ;
- L'évaluation des pratiques et besoins en valorisation des sous-produits de traitement.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. ETAT DES LIEUX DE LA GESTION DES BOUES DE VIDANGE DANS LA VILLE DE SOLENZO

Cette partie présente la gestion actuelle des boues de vidange en partant de l'enquête ménage sur l'assainissement familial et du diagramme des flux de matières fécales.

3.1.1. Ouvrages de stockage des excréta

L'enquête révèle que 65% des ménages interrogés disposent d'une latrine à domicile. Il s'agit essentiellement de latrines traditionnelles dont 45% de latrines SanPlat et 20% de latrines sans dalle en béton. Le reste, soit 35% des ménages, ne possèdent pas de latrines et pratiquent la défécation en plein air. Il est à noter qu'une proportion non négligeable d'enfants, de personnes âgées ou handicapées dans 6% des ménages possédant une latrine n'utilisent pas la latrine familiale car inadaptée à leur usage. La figure 9 donne la proportion des ménages ayant une latrine et le type de latrine.

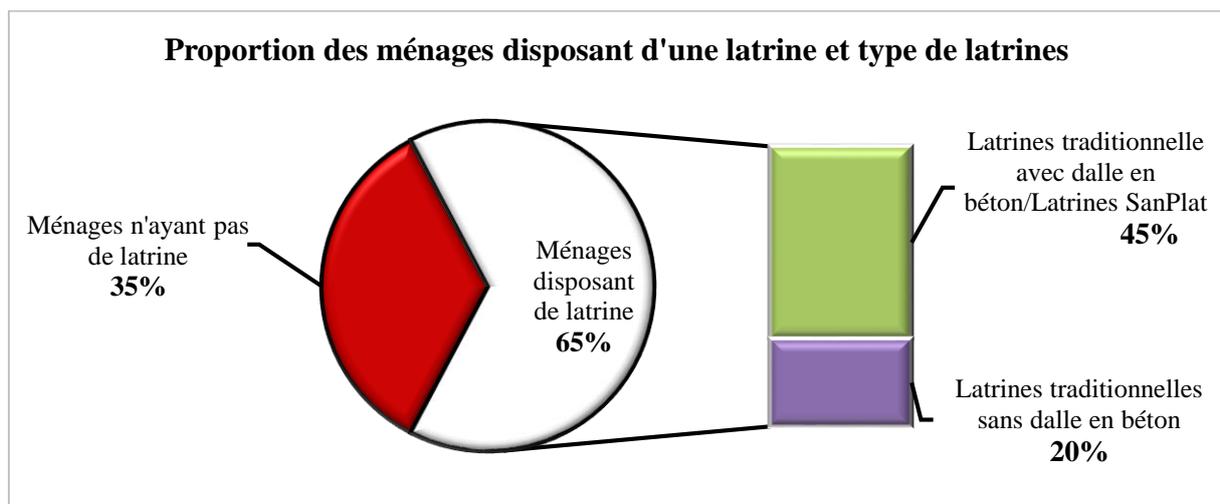


Figure 9: Proportion des ménages ayant une latrine et type de latrines

3.1.2. Vidange des latrines

Seulement 16% des ménages enquêtés ont déjà vidangé leur latrine et le mode de vidange pratiqué est essentiellement manuel soit directement par les membres du ménages (chez 1% des ménages enquêtés), soit en faisant appel à un prestataire (chez 15%). Cela s'explique par l'absence de service de vidange mécanique sur place à Solenzo. La vidange mécanique est pratiquée par la SOFITEX et le district sanitaire et les camions de vidange viennent de Bobo-Dioulasso ou Dédougou).

- **Fréquence de vidange des ouvrages**

La fréquence de vidange est le temps moyen entre deux vidanges. C'est un paramètre important pour l'estimation du marché de la vidange mais difficile à évaluer parce que les opérations de vidange ne sont pas systématiquement enregistrées ni par les ménages ni par les vidangeurs. Néanmoins, l'enquête ménages a montré que 26% des latrines ont une fréquence de vidange comprise en 1 et 3 ans ; plus de la moitié (55%) a une fréquence de vidange comprise entre 4 et 5 ans et 14% des ouvrages ont une fréquence de vidange supérieure à 5 ans. Plus de 86% des ouvrages ont une fréquence de vidange supérieure à 2 ans, ce qui est en adéquation avec les prévisions du réseau CREPA (1996) selon lesquelles la durée de remplissage d'une latrine familiale de type SanPlat au Burkina Faso est d'au moins 2 ans pour une famille de 15 personnes.

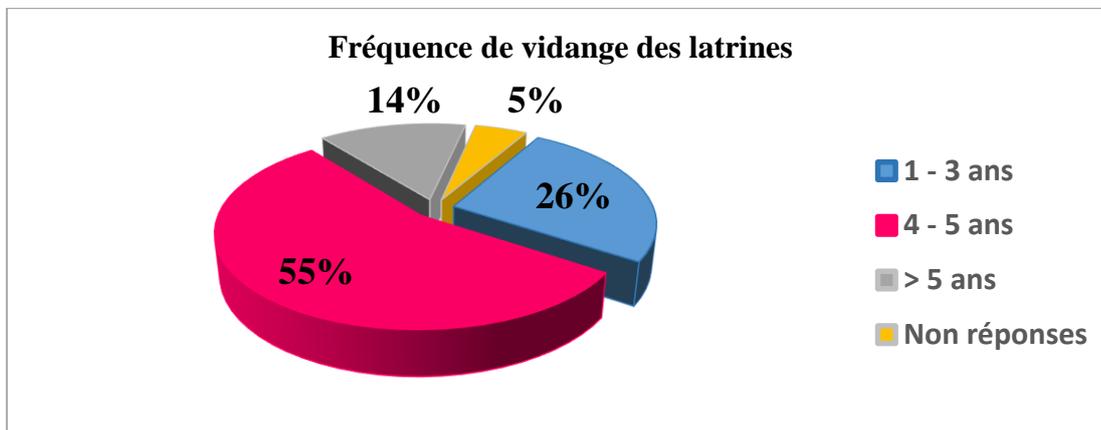


Figure 10: Fréquence de vidange des latrines

- **Lieux de dépotage des boues**

En considérant les ménages qui ont déjà vidangé leurs latrines, les boues ont été déposées à côté de la concession dans un petit trou creusé à cet effet chez 85% des ménages. Les boues sont séchées pendant deux semaines puis réutilisées aux champs ou dans les sites maraichers.

Le reste soit 15% seulement a directement acheminé les boues fraîches aux champs ou sur les sites maraichers. La photo 2 illustre un cas de dépotage des BV dans la rue.



Photo 2: Dépotage des boues de vidange dans la rue (Solenzo, secteur 1)

- **Coût de la vidange**

Le tarif de vidange (Figure 11) varie entre 5 000 et 20 000 FCFA en fonction de la profondeur de la fosse à vidanger. Parmi les ménages ayant déjà pratiqué la vidange, 15% ont payé le service à moins de 5 000 FCFA, 58% ont payé entre 5 000 et 10 000 FCFA, 23% ont déboursé une somme comprise entre 10 000 et 20 000 FCFA et 4% ont payé le service à plus de 20 000 FCFA. Près de 70% des ménages estiment que le coût est hors de portée. Cela peut limiter l'accès du service aux plus pauvres.

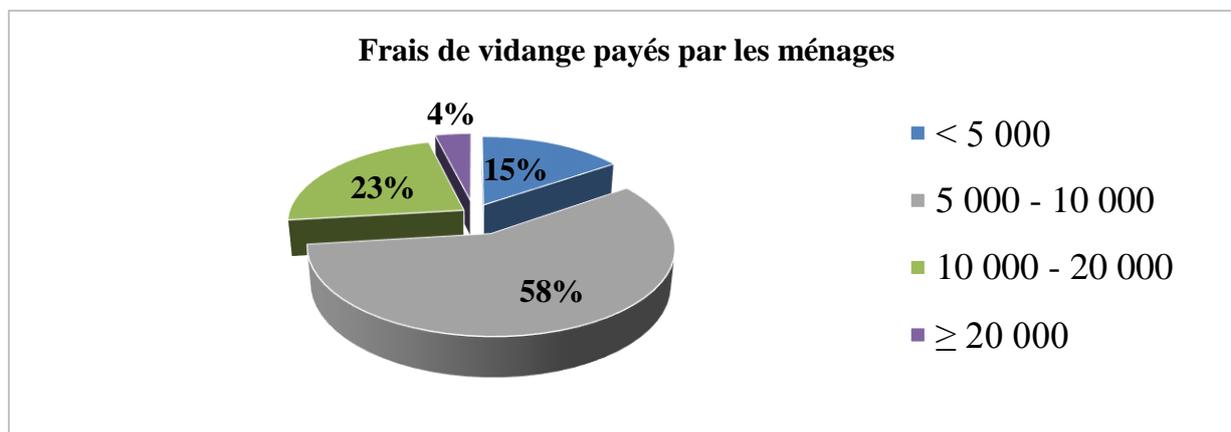


Figure 11: Tarif de vidange à Solenzo

3.1.3. Diagramme de flux de matières fécales de la ville de Solenzo

Le diagramme de flux de matières fécales de la ville de Solenzo (figure 12) montre que seulement 15% du flux de matières fécales est géré de manière adéquate. Ce pourcentage correspond aux boues confinées non vidangées c'est-à-dire ne présentant pas de risques de pollution des eaux souterraines.

Le reste soit 85% du flux est géré de manière inadéquate avec des risques sanitaires et environnementaux considérables. Ce flux se répartit comme suit :

- défécation en plein air : 35%
- boues de vidange non confinées c'est-à-dire présentant un risque élevé de pollution de la nappe phréatique : 34%
- boues vidangées mais non traitées : 16%

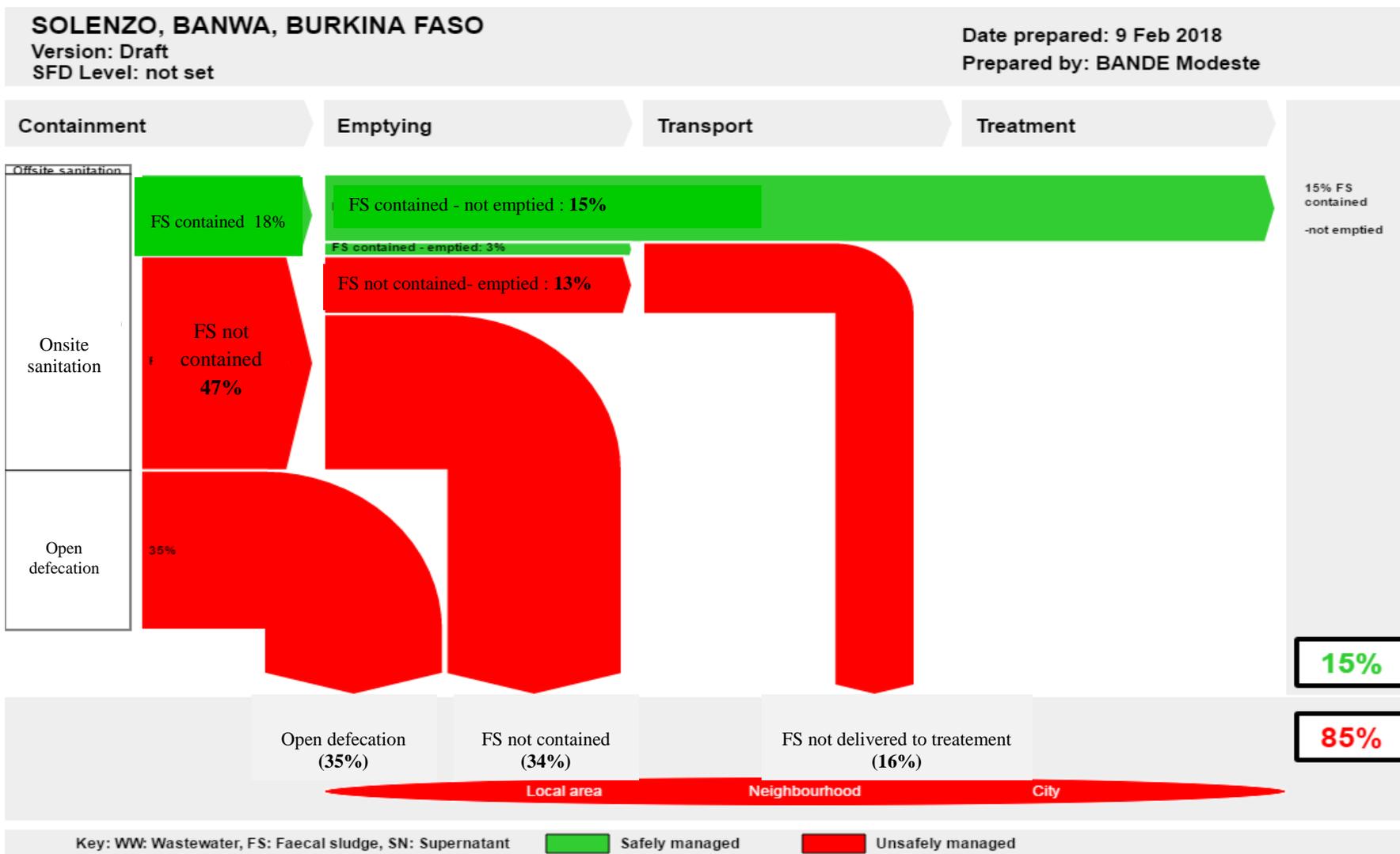


Figure 12: Diagramme de flux de matières fécales de la ville de Solenzo

3.1.4. Quantification des boues produites à Solenzo

3.1.4.1. Boues de vidange manuelle : méthode basée sur le volume des ouvrages

Jusque-là, la municipalité de Solenzo n'a aucune idée de la quantité de boues générée annuellement par les ouvrages d'assainissement. Pourtant la quantité de boues à évacuer peut avoir des incidences sur la planification du nombre de sites de dépotage, de stations de traitement à construire et des moyens de collecte et de transport des boues (Koanda, 2006).

La caractérisation des ouvrages a été faite pendant la campagne de prélèvement des boues et a porté sur 30 latrines. Les dimensions des ouvrages sont présentées dans le tableau 13. On a 100% de vidange manuelle au niveau des ménages donc la quantité de boues vidangées mécaniquement est nulle. La réponse de 25 personnes interrogées lors des prélèvements donne une fréquence moyenne de vidange de 3 ans. En faisant l'hypothèse que la taille d'un ménage reste inchangée entre 2016 et 2017, on calcule le nombre total de ménages en 2017 puis le nombre de ménages disposant d'une latrine donc le nombre total de latrines. La quantité de boues produite (tableau 14) est donnée par l'équation 2.

Tableau 13: Dimensions des ouvrages

| - | Longueur (m) | Largeur (m) | Surface (m ²) | Profondeur (m) | Volume (m ³) |
|------------|--------------|-------------|---------------------------|----------------|--------------------------|
| Moyenne | 1,49 | 1,3 | 1,94 | 4,26 | 8,26 |
| Ecart-type | 0,24 | 0,23 | 0,07 | 0,64 | 0,46 |

Tableau 14: Quantification des boues par la méthode basée sur la caractérisation des ouvrages

| Paramètres | Valeurs |
|--|-----------------|
| Population urbaine 2017 | 21 639 |
| Nombre de ménages | 3 091 |
| Proportion des ménages avec latrines (%) | 65 |
| Nombre de latrines N | 2 009 |
| Proportion de latrines vidangés manuellement P_{man} [%] | 100 |
| Volume moyen des ouvrages V [m ³] | 8,26 |
| Fréquence moyenne de vidange f_{man} [an] | 3 |
| Quantité annuelle de boues produites (m³/an) | 5 531,45 |

3.1.4.2. Boues de vidange mécanique

Les boues vidangées mécaniquement correspondent à la production de la SOFITEX et du district sanitaire. En octobre 2017, ces structures ont toutes les deux effectué la vidange de leurs ouvrages. Le suivi de ces opérations a permis de disposer des paramètres essentiels à l'estimation des quantités vidangées dans chaque service. Le tableau 15 donne les paramètres de calcul et les résultats après application de la méthode.

Tableau 15: Quantité de boues de vidange mécanique

| Paramètres | Valeurs |
|--|------------|
| Capacité du camion de vidange V_c [m ³] | 6 |
| Nombre de rotations au niveau de la SOFITEX | 15 |
| Quantité de boues vidangée à la SOFITEX Q_{SOFITEX} [m ³ /an] | 90 |
| Nombre de rotations au niveau du district sanitaire | 21 |
| Quantité de boues vidangée au niveau du district Q_{CMA} [m ³ /an] | 126 |
| Quantité totale de boues vidangée mécaniquement Q [m³/an] | 216 |

La quantité de boues vidangées manuellement est estimée à **5531,45 m³/an**. Les boues de vidange mécanique sont évaluées à **216 m³/an**. Ainsi, la production totale de boues dans la ville de Solenzo est évaluée à **5747,45 m³/an** soit **15,75 m³/jour**.

3.2. RESULTATS DE L'ANALYSE DES BOUES DE VIDANGE

3.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des boues de vidange

Les boues analysées proviennent des quatre secteurs de la ville de Solenzo. Au total 30 échantillons ont été analysés dont 25 provenant de latrines familiales et 05 prélevés dans des toilettes publiques. Le tableau 16 présente les paramètres caractéristiques des boues analysées. Les boues analysées sont basiques ($\text{pH} = 8,02 \pm 0,7$) et très salines ($\text{Cond} = 5,2 \pm 2,16 \text{ mS/Cm}$) par rapport aux valeurs retrouvées dans la littérature (Kone et al., 2016 ; Gbedo et al., 2015 ; Heins et al., 1999) mais proches de celles trouvées par Kouawa (2016). Le pH bien qu'il soit basique est compatible avec le développement des bactéries assurant le traitement biologique des boues. Ces dernières tolèrent des pH compris entre 5 et 9. La salinité élevée des boues peut compromettre la réutilisation des sous-produits. En effet, une salinité supérieure à 3 mS/Cm

entraîne inéluctablement une dégradation du sol et une baisse des rendements agricoles (FAO, 2003) cité par Sou (2009).

La concentration moyenne en ammonium est de $106,93 \pm 31,2$ mg/L. Cela représente 45% de l'azote total Kjeldahl. Ce qui laisse penser à une pollution azotée beaucoup plus organique que minérale. Ce résultat est semblable à celui de Kouawa (2016) mais diffère de celui de Kengne (2006) qui a trouvé une pollution azotée d'avantage minérale qu'organique.

Les boues analysées sont concentrées en sels nutritifs azotés (nitrates et nitrites) avec des valeurs moyennes de 158,40 mg/L pour les nitrates et de 81,58 mg/L pour les nitrites, signe d'un bon processus de nitrification dans les latrines. S'agissant de la pollution carbonée, les valeurs moyennes de DCO et de DBO₅ sont respectivement de $42\,173 \pm 10\,064$ mg d'O₂/L et de $8\,550 \pm 2\,569$ mg d'O₂/L. Le ratio DCO/DBO₅ indique le degré de biodégradabilité des boues. La charge organique des boues est toujours biodégradable (DCO/DBO₅ compris entre 3 et 5). Le traitement biologique des boues peut donc être envisagé. Les valeurs de DCO et de DBO₅ sont particulièrement élevées par rapport aux données de littérature. Elles sont cependant proches de celles de Kengne (2006) à Yaoundé avec une concentration moyenne de DCO égale à 31 100 mg d'O₂/L et de Moubouali (2010) à Dori qui rapporte une concentration de DCO de 49 033 mg d'O₂/L pour les boues des latrines VIP.

La matière sèche (MS) et la matière volatile (MV) indiquent le degré de stabilisation des boues. Les analyses montrent des valeurs typiques de MS comprises entre 39 796 et 610 000 mg/L avec une valeur moyenne de $390\,592 \pm 271\,626$ mg/L. La matière volatile représente 62% de la matière sèche témoignant ainsi que les boues ne sont pas encore stabilisées. Il subsiste encore une proportion importante de matières organiques biodégradables dans les boues. Le taux important de matière volatile serait la conséquence d'une minéralisation lente en milieu anaérobie dans des réacteurs rudimentaires (Kouawa, 2016). En effet, les boues analysées proviennent essentiellement de latrines traditionnelles.

L'analyse comparée des valeurs moyennes des différents paramètres entre les boues des latrines publiques (type A) et les boues des latrines familiales (type B) montre des résultats similaires à quelques différences près. Cependant les données de littérature soulignent que les boues de type A sont plus concentrées que celles de type B en raison du temps de séjour très faible des boues du type A (1,5 à 5 fois supérieures en ce qui concerne les concentrations en polluants organiques). Toujours à l'opposé de la littérature, la pollution carbonée des boues des latrines familiales à Solenzo est relativement plus importante avec une valeur moyenne de DBO₅ 1,5

fois supérieure à celle des latrines publiques. La situation atypique de la commune de Solenzo est due à une faible fréquentation des latrines publiques qui se remplissent beaucoup moins vite que les latrines familiales. En effet, aucun ouvrage public échantillonné n'a encore été vidangé.

Tableau 16: Qualité physico-chimiques des boues analysées

| Paramètres | Latrines Publiques (n = 5) | | Latrines Familiales (n = 25) | | Latrines Familiales + Latrines Publiques (n = 30) | | | |
|---|----------------------------|----------|------------------------------|----------|---|--------|--------|----------|
| | Moy | σ | Moy | σ | Moy | Min | Max | σ |
| pH | 8,19 | 0,51 | 7,99 | 0,75 | 8,02 | 6,21 | 8,92 | 0,7 |
| Cond (mS/Cm) | 5,1 | 1,2 | 5,16 | 2,3 | 5,2 | 1,95 | 9,43 | 2,16 |
| N – NH ₄ ⁺ (mg/L) | 119,10 | 42,25 | 104,50 | 28,96 | 106,93 | 68,5 | 191,5 | 31,2 |
| NTK (mg/L) | 253,72 | 133,95 | 232,16 | 157,51 | 235,75 | 40,73 | 548,80 | 151,9 |
| N – NO ₃ ⁻ (mg/L) | 132 | 55,07 | 163,68 | 75,81 | 158,40 | 55 | 340 | 72,9 |
| N – NO ₂ ⁻ (mg/L) | 79,30 | 78,29 | 82,04 | 101,14 | 81,58 | 7,5 | 358 | 96,5 |
| DCO (mg d'O ₂ /L) | 39640 | 9057 | 42680 | 10350 | 42173 | 25 850 | 77 450 | 10 064 |
| DBO ₅ (mg d'O ₂ /L) | 6050 | 3028 | 9050 | 2210 | 8550 | 3 500 | 12 250 | 2 569 |
| DCO/DBO ₅ | 6,6 | 3 | 4,7 | 4,68 | 4,9 | 7,4 | 6,3 | 3,9 |
| MS (mg/L) | 454847 | 289074 | 377740 | 272383 | 390592 | 39796 | 610000 | 271 626 |
| MV (%MS) | 69,07 | 8,39 | 60,02 | 16,25 | 62 | 11 | 85 | 15 |

n : nombre d'échantillons

3.2.2. Caractéristiques microbiologiques des boues de vidange

L'analyse microbiologique des BV montre des concentrations de l'ordre de 10^6 et de 10^7 UFC/100mL respectivement pour les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (tableau 17). La concentration moyenne en coliformes fécaux est de $1,03.10^6$ UFC/100mL avec des valeurs minimale et maximale de $3,10.10^4$ et $6,80.10^7$ UFC/100mL respectivement. La teneur en coliformes fécaux constitue un critère de dimensionnement des bassins de maturation destinés essentiellement à désinfecter le percolât. Les bactéries les plus abondamment observées sont les streptocoques fécaux avec une concentration moyenne de $2,65.10^7$ UFC/100mL et des valeurs minimale et maximale de $6,9.10^5$ et $1,74.10^8$ UFC/100mL respectivement. Les streptocoques fécaux sont des indicateurs d'une contamination d'origine fécale ancienne. Ils sont plus résistants que les coliformes fécaux, ce qui leur permet de survivre plus longtemps. Cette résistance à divers environnements expliquerait leur plus grand nombre par rapport aux coliformes fécaux.

La pollution microbiologique est relativement plus importante dans les boues de latrines familiales en ce qui concerne les coliformes fécaux ($7,49.10^5$ UFC/100mL dans les latrines publiques contre $1,09.10^6$ UFC/100mL dans les latrines familiales) et les œufs d'helminthes (1118 œufs/L dans les latrines publiques contre 1587 œufs/L dans les latrines familiales). Par contre, les concentrations moyennes en streptocoques fécaux sont de même ordre ($2,51.10^7$ et $2,68.10^7$ UFC/100mL respectivement dans les latrines publiques et familiales).

Tableau 17 : Qualité microbiologiques des boues analysées

| Paramètres | Latrines Publiques (n = 5) | | | Latrines Familiales (n = 25) | | | Latrines Publiques + Latrines Familiales (n = 30) | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|
| | Moy | Min | Max | Moy | Min | Max | Moy | Min | Max |
| Coliformes (UFC/100mL) | $7,49.10^5$ | $3,50.10^4$ | $1,62.10^6$ | $1,09.10^6$ | $3,10.10^4$ | $6,80.10^6$ | $1,03.10^6$ | $3,10.10^4$ | $6,80.10^7$ |
| Streptocoques (UFC/100mL) | $2,51.10^7$ | $8,60.10^5$ | $1,16.10^8$ | $2,68.10^7$ | $6,90.10^5$ | $1,74.10^8$ | $2,65.10^7$ | $6,9.10^5$ | $1,74.10^8$ |
| Œufs d'helminthes (Œufs/L) | 1118 | 630 | 1620 | 1587 | 882 | 3060 | 1 399 | 630 | 3 060 |

n : nombre d'échantillons

L'analyse parasitologique a mis en évidence des œufs d'helminthes viables aussi nombreux que variés. Des larves d'anguillules ont été également observées dans les échantillons analysés. Une concentration moyenne de 1 399 œufs/L a été observée avec des valeurs minimale et maximale de 630 et de 3 060 œufs/L respectivement. Les résultats de cette étude sont supérieurs à ceux rapportés par Kouawa (2016) à Ouagadougou avec des concentrations de 0 à 842 œufs/L, par Dème et al. (2009) à Dakar avec une concentration moyenne de 10 œufs/L, ou encore par Halalsheh (2008) à Amman avec des concentrations de 87 à 89 œufs/L. Ils sont en revanche inférieurs aux données de Kengne (2006) à Yaoundé qui indiquent des concentrations de 4 000 œufs/L à 27 000 œufs/L ou à celles de Cofie et al. (2006) à Kumasi qui rapportent des concentrations de 13 500 œufs/L à 15 700 œufs/L. Selon Stien (1989), la grande variété des œufs d'helminthes mis en évidence et l'importante dispersion des concentrations sont sous la dépendance de plusieurs facteurs dont le nombre d'individus infestés, le nombre d'œufs pondus quotidiennement par l'espèce helminthe et le nombre d'œufs éliminés par gramme de matière fécale humaine infestée.

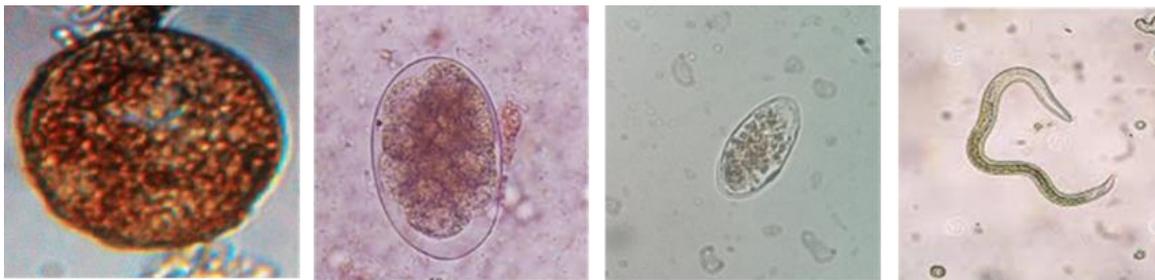


Photo 3: Types d'œufs d'helminthes et larve observés

3.3.CHOIX DU SITE DE DEPOTAGE/TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

3.3.1. Les parties prenantes

Les PP dans ce projet de choix d'un site de dépôtage/traitement sont :

- **La mairie de Solenzo (le Conseil municipal)**

Avec la politique de décentralisation, l'Etat burkinabé a transféré certaines compétences aux communes dont la composante Eau et Assainissement. Ainsi, la mairie de Solenzo est responsable de la mise en place du service public de l'assainissement donc de la planification de la gestion des BV. De ce fait la mairie est *un acteur clé avec droit de véto* dans le choix d'un site de dépôtage/traitement des BV.

- **L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA)**

L'ONEA appui la commune dans son rôle de maître d'ouvrage pour l'assainissement des eaux usées et des excréta en milieu urbain. C'est l'ONEA qui a doté la commune d'un PSA depuis 2014. L'ONEA est *un acteur clé avec droit de véto* dans ce projet car tout d'abord il a la charge de l'assainissement dans les centres urbains du pays, ensuite il a une expérience dans la réalisation et l'exploitation des stations de BV.

- **Les services techniques déconcentrés de l'Etat**

Il s'agit des Directions Provinciales en charge de l'environnement, la santé, l'agriculture, les ressources animales et la sécurité. En effet, le choix d'un site de dépotage/traitement des BV vise à préserver l'environnement et la santé des populations, à améliorer le cadre de vie. C'est pourquoi l'avis des agents de Santé et de l'Environnement est important pour le choix du site et de l'option de traitement. Par ailleurs, les sous-produits issus du traitement des BV pourraient être valorisés en agriculture d'où l'importance du service de l'agriculture dans ce projet. Ces services déconcentrés sont des *acteurs secondaires dans ce projet sans droit de véto*.

- **Les propriétaires terriens et les populations riveraines**

Les propriétaires terriens devraient céder des terres pour l'implantation du site de dépotage/traitement des boues dans la situation où le site idéal n'appartiendrait pas à la municipalité. Quant aux populations riveraines, elles peuvent subir des préjudices causés par le projet (nuisances olfactives par exemple). Ils doivent être étroitement impliqués dans ce projet pour s'assurer de leur soutien. Ce sont des *acteurs primaires avec droit de véto*.

- **Les vidangeurs**

L'identification d'un site de dépotage/traitement de BV devra mettre fin au dépotage anarchique de boues dans la nature. Le choix du site pour l'implantation de la station devrait tenir compte des préoccupations des vidangeurs (distances à parcourir, taxe de dépotation) car ce sont eux qui doivent transporter les boues à la station. Plus ils sont impliqués plus ils fréquenteront la station. Ce sont des *acteurs clés sans droit de véto*.

- **Les maraichers et agriculteurs**

Les données d'enquête montrent que 89% des maraichers sont intéressés par les sous-produits issus du traitement des BV pour amender leurs parcelles de production. Ils peuvent être associés au choix de la filière de valorisation. Ce sont des *acteurs secondaires sans droit de véto*.

- **Les partenaires techniques et financiers**

La commune de Solenzo bénéficie de l'accompagnement technique et financier des partenaires tels que la GIZ, la KFW, la BID dans le secteur de l'eau et de l'assainissement. Ce sont des *acteurs clés mais sans droit de véto* qui pourraient aider la commune à financer ce projet de mise en place d'une STBV.

- **La Société Civile**

Les organisations de la société civile (ACDP, Salubrité, RevPlus) œuvrent à l'assainissement de la ville de Solenzo à travers la collecte de déchets solides, des sensibilisations et des formations. Elles pourraient être impliquées dans ce projet d'assainissement. Ce sont des *acteurs secondaires sans droit de véto*.

3.3.2. Développement d'une méthode simplifiée d'analyse multicritère

Dans cette étude, le défi majeur est le choix d'un site unique et meilleur parmi neuf (09) sites inventoriés pour le dépotage/traitement des BV (Annexe 9). Ces sites ont été identifiés avec les agents communaux et le représentant des vidangeurs manuels. La plupart des sites sont des "surfaces libres" c'est-à-dire inexploitées et non encore affectées à une utilisation future. La figure 13 donne la distribution spatiale des différents sites répertoriés en vue du choix du site adéquat pour le dépotage/traitement des BV de la commune.

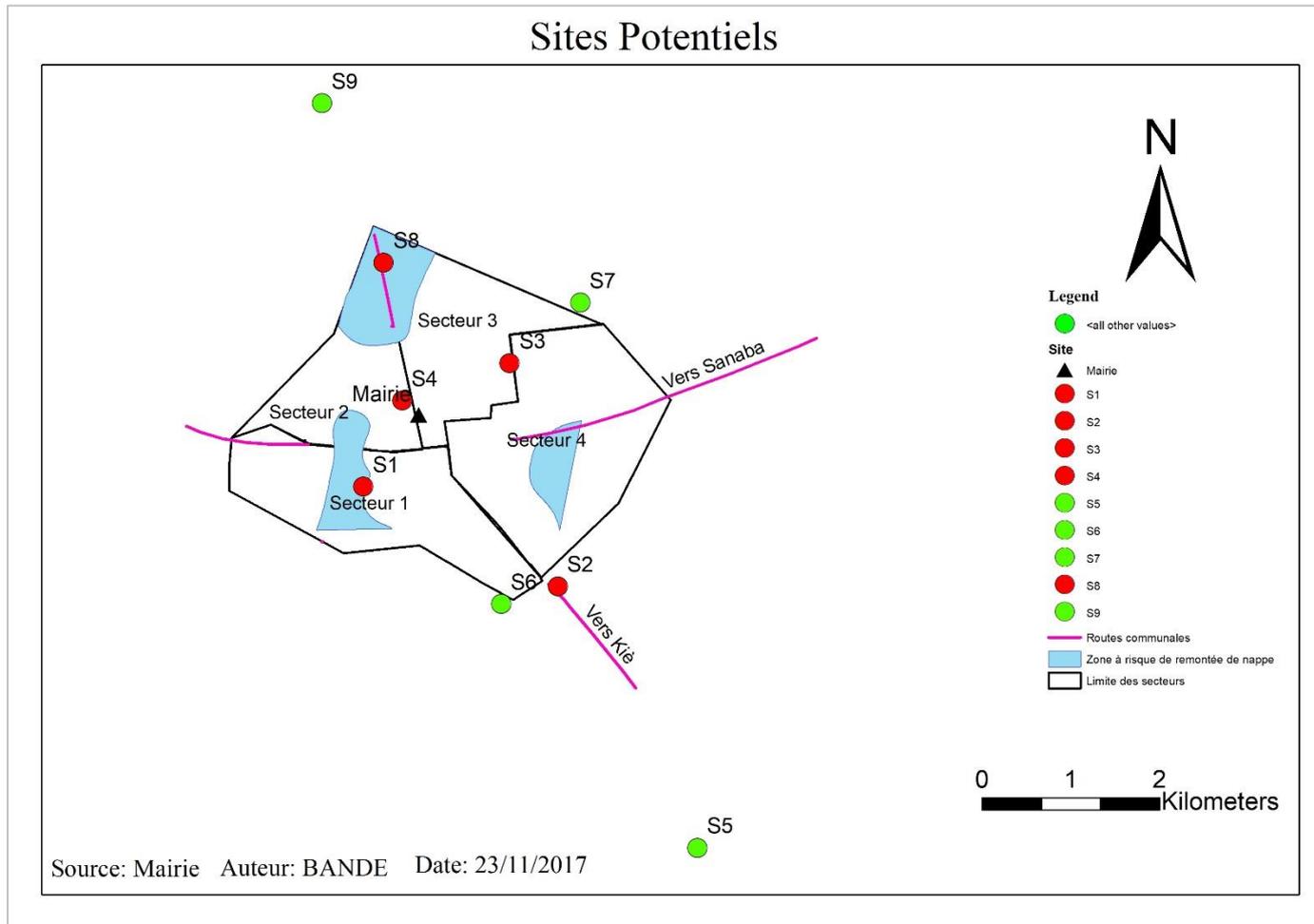


Figure 13: Cartographie des sites provisoires de dépotage/traitement des boues de vidange

3.3.2.1. Analyse des sites par rapport aux critères d'exclusion

L'analyse des sites par rapport aux critères d'exclusion permet de les classer en deux groupes : « sites provisoirement appropriés » et « sites non appropriés ».

Le tableau 18 donne les sites non appropriés, donc à exclure définitivement du processus de choix du site.

Tableau 18: Sites non appropriés à l'implantation d'une station de boues de vidange

| Sites | Description | Motifs d'exclusion |
|-------|--|---|
| S1 | Route de Bobo côté droit (site inexploité) | Situé sur une zone de remontée de la nappe (critère d'exclusion en relation avec l'eau) |
| S2 | Route de Kié, site dépotage des BV du CMA (champs agricoles) | Champs agricoles (critère d'exclusion socio-économique) |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | |
|----|--|--|
| | | |
| S3 | Ancienne Carrière (inexploitée) | Situé à moins de 500 mètres du District Sanitaire |
| S4 | Espace Vert (Secteur 2, Route de Tansila) | Site situé à moins de 500 mètres des habitations de la trame urbaine |
| S8 | Site de dépotage SOFITEX. Route de Tansila | Situé sur une zone de remontée de la nappe |

Les sites retenus seront soumis à l'analyse multicritère. Ce sont **S5, S6, S7 et S9**.

3.3.2.2. Evaluation des sites retenus par rapport aux critères de comparaison

Les critères proposés étant validés par les PP, nous pouvons maintenant évaluer les sites retenus par rapport à ces critères en tenant compte des coefficients proposés par les PP. Le tableau 19 donne la matrice des évaluations avant pondération.

Tableau 19: Matrice des évaluations

| Critères → | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|------------|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Sites ↓ | | | | | | | |
| S5 | 5 | 4 | 1 | 5 | 3 | 3 | 21 |
| S6 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 20 |
| S7 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 20 |
| S9 | 5 | 4 | 2 | 5 | 3 | 3 | 22 |

L'analyse de la matrice des évaluations montre que le site S9 totalise le plus de points par rapport aux autres sites (22 points) suivi de S5 qui compte 21 points. Les sites S6 et S7 sont à égalité (20 points chacun). Le site S9 semble le plus approprié pour le dépotage/traitement des BV. Mais comme nous l'avons vu plus haut, les critères ne revêtent pas la même importance aux yeux des PP. Pour en tenir compte, nous allons pondérer les notes obtenues par chaque site par critère. Le meilleur site sera celui qui totalisera le plus de points après pondération.

Pondération des critères

Les tableaux 20 donne les résultats après pondération

Tableau 20: Pondération des notes par critère

| Critères → | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | Total |
|------------|----|-----|------|-----|-----|------|-------------|
| Sites ↓ | | | | | | | |
| S5 | 2 | 0,4 | 0,15 | 1 | 0,3 | 0,15 | 4 |
| S6 | 2 | 0,2 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,15 | 3,85 |
| S7 | 2 | 0,3 | 0,45 | 0,8 | 0,3 | 0,1 | 3,95 |
| S9 | 2 | 0,4 | 0,3 | 1 | 0,3 | 0,15 | 4,15 |

Après pondération le site S9 occupe toujours la première place avec un total de **4,15** points. S5 conserve aussi la place de deuxième avec **4** points, S6 est relégué à la quatrième place avec un score de **3,85** au profit de S7 qui prend la troisième place du classement avec un total de **3,95** points.

La synthèse de ces trois évaluations montre que le site le plus approprié pour le dépotage/traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo est le site S9.

3.4. CHOIX D'UNE OPTION DE TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE DE LA VILLE DE SOLENZO

Le choix d'une filière de traitement des BV dépend d'un certain nombre de facteurs. L'analyse de la situation actuelle de la ville par rapport à ces facteurs permettra de retenir la filière de traitement la plus adaptée au contexte de Solenzo.

3.4.1. Disponibilité des ressources

A l'instar de la plupart des communes du pays, Solenzo manque de ressources financières pour financer la construction d'une STBV. La station à mettre en place doit elle-même générer des revenus nécessaires pour financer l'exploitation et la maintenance. Le choix se porte donc sur une option engendrant des sous-produits commercialisables.

3.4.2. Volonté de réutilisation des sous-produits de traitement

L'enquête auprès de 90 producteurs maraichers répartis sur huit sites a montré qu'environ 89% des enquêtés se sont déclarés favorables à l'utilisation de compost produit à base de BV à raison

de 4684 FCFA le sac de 50Kg et 10250 FCFA le sac de 100Kg. Il existe donc un marché potentiel pour le compost à base de BV. La vente du compost pourrait constituer une source de revenu pour le système. Une unité de compostage des boues serait donc rentable.

3.4.3. Quantité de boues à traiter

La quantification des boues donne une production de **5747,45 m³/an** soit **15,75 m³/jour**. La quantification des boues en soit ne permet pas de déterminer une option de traitement mais constitue une base de dimensionnement.

3.4.4. Qualité des boues à traiter

Les analyses au laboratoire ont mis en évidence une proportion importante de matières organiques biodégradables dans les boues. Le traitement biologique des boues peut être envisagé. Par ailleurs, les échantillons analysés sont bien solides avec une teneur moyenne en eau d'environ 20%. Le traitement par lits de séchage plantés ou non serait indiqué.

3.4.5. Aspects climatiques

Le climat est chaud et le soleil est omniprésent tout au long de l'année. Les conditions climatiques sont favorables à un traitement biologique beaucoup moins coûteux que les systèmes sophistiqués.

3.4.6. Gestion actuelle des déchets solides

Les ordures ménagères de la ville sont collectées par une association de femmes, l'association de collecte de déchets plastiques (ACDP). Elle réalise un tri à la base en vue de recycler les déchets plastiques et produire du compost. L'ACDP pourrait assurer la fourniture de déchets organiques pour le co-compostage avec les BV.

Au regard de tout ce qui précède, nous proposons un traitement par lits de séchage (LS) non plantés suivi de bassins de lagunage à microphytes pour l'épuration du percolât. De plus l'ONEA, partenaire clé de la commune en assainissement a une expérience confirmée dans l'exploitation des lits de séchage. En effet la société exploite actuellement quatre STBV constituées de lits de séchage non plantés et de lagunes à microphytes. Cette expérience pourrait être mise à profit dans le cas de Solenzo.

3.5. PRE-DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE TRAITEMENT

3.5.1. Présentation générale de la station de traitement

La station de traitement des boues de vidange de la ville de Solenzo comportera :

- **un ouvrage de réception des BV**

L'ouvrage sera facilement accessible aux camions de vidange, charrettes et tricycles et sera aménagé de manière à ce que les boues ne soient pas en dehors de l'ouvrage. Cet ouvrage consistera en un bassin avec un fond incliné permettant un écoulement des boues vers le canal conduisant au dégrilleur. La taille du bassin de réception des boues doit être suffisante pour contenir les boues et éviter les débordements de la vague des boues.

- **un ouvrage de prétraitement**

L'ouvrage de prétraitement sera constitué d'un dégrilleur dont le rôle est de retenir les éléments grossiers de toute sorte contenus dans boues surtout les déchets non biodégradables afin de protéger les installations en aval et d'optimiser le traitement. Pour un prétraitement efficace, le dégrilleur sera régulièrement nettoyé (en fin de journée) soit par raclage ou par ratissage afin d'entraîner les déchets grossiers hors de la zone mouillée de la grille.

- **un ouvrage de stockage**

Il sera constitué d'un bassin rectangulaire destiné à recevoir et à stocker les boues. Cela permettra la dilution des boues vidange manuelle par les boues de vidange mécanique plus liquides pour offrir un écoulement gravitaire plus aisé vers les LS.

- **des lits de séchage**

La séparation des phases solide et liquide sera assurée par des LS non plantés. La phase liquide percole à travers le massif filtrant tandis que les boues sèchent sous l'effet du soleil.

- **des bassins de lagunage**

Ils seront constitués d'une association de bassins en série qui serviront à traiter le percolât issu des LS avant son rejet dans l'environnement.

- **une aire de séchage naturel et de compostage**

L'aire de séchage est destinée à recevoir les boues déshydratées issues du curage des LS. La surface à aménager doit être suffisante pour offrir une bonne exposition des boues au soleil pour la désactivation complète des pathogènes.

- **un hangar pour la conservation des boues séchées et du compost produit.**

La station sera aménagée de sorte à permettre l'écoulement gravitaire des effluents afin de minimiser les charges d'exploitation.

3.5.2. Dimensionnement des ouvrages

Nous retenons 2030 comme horizon du projet. Ce choix est motivé par le fait que le PN-AEUE, nouveau programme en matière d'assainissement au Burkina Faso arrive à échéance en 2030. Les quantités de boues à traiter actuellement et à l'horizon du projet sont résumées dans le tableau 21 en faisant l'hypothèse que la production de la SOFITEX et du district sanitaire reste inchangée sur la période.

Tableau 21: Quantité de boues produites actuellement et à l'horizon du projet

| Horizon | Quantité de boues produite | Unité |
|------------------|----------------------------|-----------|
| Actuel : 2017 | 15,75 | (m3/jour) |
| Prévision : 2030 | 21 | (m3/jour) |

3.5.2.1. Ouvrage de réception

On considérera, avec l'expérience des stations réalisées, qu'un jet de boues sortant du camion a une longueur de $L = 180$ cm, une hauteur $h = 0,80$ m et une vitesse maximale $V_{\max} = 4$ m/s.

Ainsi, il est proposé un bassin de réception de forme trapézoïdale, avec une zone de convergence, dans laquelle la largeur du bassin se rétrécit jusqu'à la largeur du canal conduisant les boues vers le dégrilleur. Le tableau 22 ci-dessous donne les dimensions de l'ouvrage.

Tableau 22: Dimensions de l'ouvrage de réception

| Désignation | Valeurs (m) |
|-----------------------------------|-------------|
| Largeur en gueule | 2,2 |
| Largeur du fond | 0,50 |
| Largeur du canal | 0,50 |
| Longueur totale du bassin | 5,30 |
| Longueur zone convergent au canal | 1,50 |
| Hauteur | 0,80 |

L'ouvrage sera réalisé en béton armé avec une épaisseur de 15 cm pour les parois et le radier. Le fond de l'ouvrage sera incliné de 1% pour permettre l'écoulement des boues. L'ouvrage sera recouvert d'un bac en aluzinc avec deux ouvertures pour permettre le dépotage simultané de deux camions de vidange.

La rampe d'accès à l'ouvrage de réception sera constituée d'un pont bascule qui permettra d'enregistrer les quantités de boues livrées à la station en chaque fin de journée.

3.5.2.2. Dégrilleur

Le canal de dégrillage proposé est un canal rectangulaire avec un débit de dimensionnement maximal de 142 l/s, débit engendré par la vidange simultanée de deux camion (ONEA, 2012).

Hypothèses

La vitesse de passage de l'effluent à travers la grille est de 1 m/s. L'écartement des barreaux e est de 10 mm car il s'agit d'un dégrilleur moyen ; l'épaisseur des barres b est de 8 mm ; l'angle d'inclinaison α de la grille est de 60° car nettoyage manuel ; Le coefficient de colmatage C est de 0,3 car il s'agit d'une grille manuelle ; La largeur du canal est égale à 2 fois le tirant d'eau.

Tableau 23: Dimensionnement du dégrilleur

| Paramètre | Valeurs | Formule de calcul |
|--|---------------------|---|
| Coefficient de colmatage dû à l'encombrement des barres θ | 0,56 | $\theta = \frac{e}{e + b}$ |
| Section mouillée S_m | 0,36 m ² | $S_m = \frac{Q}{[V * \theta(1 - C)]}$ |
| Section utile S_u | 0,14 m ² | $S_u = S_m * \theta(1 - C)$ |
| Tirant d'eau H | 42,50 cm | $S_m = H * l = 2H^2 \rightarrow H = \sqrt{\frac{S_m}{2}}$ |
| Largeur du canal l | 85 cm | $l = 2H$ |
| Longueur oblique L_0 immergée de la barre | 49 cm | $\sin \alpha = \frac{H}{L_0} \leftrightarrow L_0 = \frac{H}{\sin \alpha}$ |

Tableau 24: Récapitulatif des dimensions du dégrilleur

| S_m | S_u | H | l | L_0 | e | B |
|---------------------|---------------------|----------|-------|-------|-------|------|
| 0,36 m ² | 0,14 m ² | 42,50 cm | 85 cm | 49 cm | 10 mm | 8 mm |

3.5.2.3. Bassin de stockage

Le bassin de stockage doit être suffisamment grand pour recevoir le flux journalier de boues. Selon Cauchi et Vignoles (2011) le bassin doit avoir un volume minimum d'une fois et demi le flux journalier de boues. Il sera dimensionné un bassin rectangulaire de volume 42 m³ soit le double du flux journalier de boues. La profondeur sera fixée à 2 m pour une surface de 21 m² soit 5m x 4,20m.

3.5.2.4. Dimensionnement des lits de séchage

- **Calcul du nombre de lits**

Des résultats expérimentaux obtenus par Cofie et al. (2006) au Ghana montrent une charge surfacique admissible comprise entre 100 et 200 kg de MS par mètre carré de lit et par an pour un temps de séchage de 15 jours. Nous retiendrons une charge admissible de 200 kgMS/m²/an étant donné les conditions climatiques favorables. Il sera dimensionné des lits rectangulaires de dimensions 15m x 10m.

Le pré-dimensionnement des lits de séchage donne les résultats suivants (tableau 25) :

Tableau 25: Pré-dimensionnement des lits de séchage

| Paramètres | Valeurs | Unités | Observations |
|---|-----------|-----------------------------|---|
| Débit des boues Q_b | 21 | m ³ /j | calculé |
| Charge surfacique de MS (C_{MS}) | 200 | Kg MS/m ² /an | choisie |
| Concentration en MS (Con_{MS}) | 390,6 | Kg MS/m ³ | Résultats d'analyse |
| Charge totale annuelle en MS reçue à la station en considérant 5 jours de travail par semaine | 2 132 676 | Kg MS/an | $C_T = Q_b * Con_{MS} * J * S$ avec J = 5jours/semaine et S=52 semaines |
| Surface totale de lits : | 10 663 | m ² | $S_T = C_T / C_{MS}$ |

| | | | |
|--------------------------------|-----|----------------|-------------------|
| Surface d'un lit (S_L) | 150 | m ² | choisie |
| Nombre total de lits (N_L) | 71 | lits | $N_L = S_T / S_L$ |

La saison des pluies (mai à octobre) constitue une période particulière car l'activité de vidange est plus importante et le temps de séchage s'allonge du fait des risques permanents de pluies qui peuvent imbiber de façon notable les lits. Il est prévu une rallonge de deux jours de fonctionnement par cycle pour tenir compte de la saison des pluies. Pour permettre un séchage rapide des boues, une épaisseur de 25 cm sera admise dans les LS soit un volume de boues de 37,5 m³. Avec un débit journalier de 21 m³, moins d'un lit est rempli par jour. Il est prévu un lit supplémentaire qui pourrait être utilisé si besoin est en saison pluvieuse. ***Il sera donc dimensionné 72 lits au total.***

- **Dispositions constructives**

La STBV comprendra 72 lits de séchage de 150 m² de surface et de volume utile 37,5 m³. La hauteur utile du lit sera de 25 cm soit une hauteur totale de 75 cm en prenant une revanche de 50 cm. L'intérieur d'un lit sera constitué de : (du haut vers le bas)

- une capacité d'accumulation de boues de 25 cm, plus une revanche de 50 cm ;
- une couche de 20 cm de sable criblé et lavé ($\phi = 0,2 - 0,6$ mm) ;
- une couche de 10 cm de gravier fin ($\phi = 7 - 15$ mm) ;
- une couche de 20 cm de gravier moyen ($\phi = 15 - 25$ mm).

La composition du massif filtrant des LS est inspirée des travaux de Cofie et al. (2006) à Kumasi au Ghana.

Les lits seront construits en béton armé avec un adjuvant étanche. L'épaisseur des parois sera de 15 cm. Le radier aura une pente d'environ 0,6% pour permettre l'écoulement gravitaire du percolât vers la conduite de drainage. Les eaux infiltrées seront récupérées par un drain (tuyau PVC $\phi 200$ perforé sur sa partie inférieure). Le drain sera placé sur l'axe longitudinal du lit dans une rigole filante de section trapézoïdale de 85 cm x 25 cm x 25 cm avec une pente de 0,6%, remplie de graviers moyens ($\phi = 15 - 25$ mm). Ces dispositions constructives sont semblables à celles de la STBV de Dogona à Bobo-Dioulasso à quelques différences près (ONEA, 2012). Le tableau 26 présente le récapitulatif des caractéristiques géométriques des lits de séchage.

Tableau 26: Récapitulatif des caractéristiques géométriques des lits de séchage

| Désignation | Nombre | Longueur x largeur | Epaisseur du massif filtrant | Profondeur utile | Revanche | Profondeur totale |
|------------------------|--------|--------------------|------------------------------|------------------|----------|-------------------|
| <i>Lits de séchage</i> | 72 | 15m x 10m | 50 cm | 25 cm | 50 cm | 125 cm |

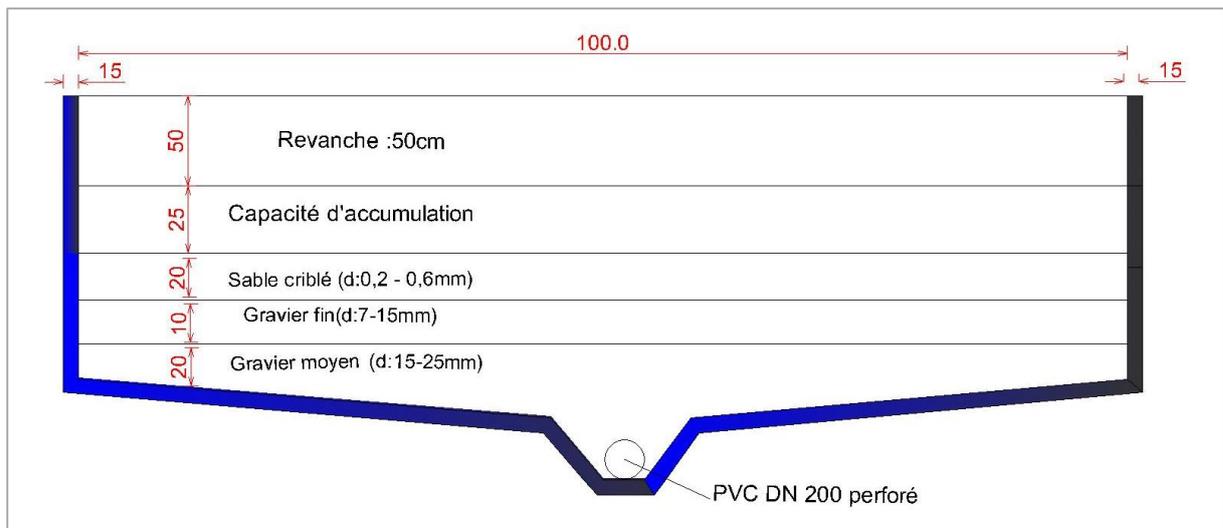


Figure 14: Coupe transversale d'un lit de séchage

3.5.2.5. Dimensionnement des bassins de lagunage

- **Caractéristiques du percolât**

Cette étude n'a pas expérimenté de station pilote. Nous n'avons donc pas pu disposer de percolât pour analyse. Nous allons donc nous référer à la littérature pour ce qui est de la qualité du percolât. Ainsi, en partant des travaux de Heinss et al. (1998), Cofie et al. (2006) et de Kuffour et al. (2009) qui proposent des plages de performance épuratoire des LS non plantés, nous déduisons la qualité du percolât comme suit :

Tableau 27: Débit et charges du percolât

| Paramètres | Boues brutes | Abattement | Percolât | |
|------------------|----------------------|------------|-------------------------|------------|
| Débit | 21 m ³ /j | 30% | 14,70 m ³ /j | |
| MS | 390 592 mg/L | 75% | 97 648 mg/L | 1 435 Kg/j |
| DBO ₅ | 8 550 mg/L | 65% | 2 993 mg/L | 44 Kg/j |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | | | |
|-------------------|------------------------------|--------|------------------------------|----------|
| DCO | 42 173 mg/L | 75% | 10 543 mg/L | 155 Kg/j |
| NH4 | 107 mg/L | 65% | 37 mg/L | 0,5 Kg/j |
| NTK | 236 mg/L | 65% | 83 mg/L | 1 Kg/j |
| Coliforme fécaux | $1,03 \cdot 10^6$ UFC/100 mL | 2 ulog | $1,03 \cdot 10^4$ UFC/100 mL | |
| Œufs d'helminthes | 1 399 Œufs/L | 99% | 14 Œufs/L | |

La concentration résiduelle en coliformes fécaux dans le percolât est de $1,03 \cdot 10^4$ UFC/100 mL. Selon Maiga et al. (2008), l'abattement en coliformes fécaux dans le bassin anaérobie est de l'ordre de 10^1 UFC/100 mL. Le même taux d'abattement a été observé au niveau du bassin facultatif. En partant ainsi de ces résultats, à l'issue du bassin facultatif, la concentration en coliformes fécaux serait de $1,03 \cdot 10^2$ UFC/100mL. La norme de rejet étant fixée à 10^3 UFC/100 mL au Burkina Faso, il n'est donc pas nécessaire de dimensionner un bassin de maturation dans cette présente étude. Le percolât sera donc traité par deux bassins de lagunage de forme trapézoïdale dont un bassin anaérobie et un bassin facultatif.

Le dimensionnement des bassins requiert des données telles que la température et l'évaporation dans la localité. Comme la commune de Solenzo ne dispose pas de station météorologique, les données de la station synoptique de Dédougou située à environ 85 Km seront considérées (annexe 7). L'évaporation est estimée à 0,74 cm par mètre carré et par jour. Les données de température montrent que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 26°C.

- **Bassin anaérobie**

Il est proposé un bassin de forme trapézoïdale. D'après Mara et Pearson (1998), la charge admissible par les lagunes anaérobies est de 350 gDBO5/m³.j pour une température est supérieure à 25 °C (température moyenne du mois le plus froid).

Tableau 28: Démarche de dimensionnement du bassin anaérobie

| Paramètre | Valeur | Unité | Formule de calcul/Observation |
|---------------------|--------|-------------------|-------------------------------|
| Débit du percolât Q | 14,70 | m ³ /j | 70% Q _{boue} |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | | |
|-------------------------------|--------|------------|---|
| Charge volumique (Cv) | 350 | gDBO5/m3.j | (Mara et Pearson, 1998) pour température supérieure à 25° C |
| Concentration en DBO5 Li | 2 993 | mg/L | 35% [DBO5] des BV |
| Volume V du bassin | 126 | m3 | $Cv = \frac{Li * Q}{V} \rightarrow V = \frac{Li * Q}{Cv}$ |
| Profondeur du bassin H | 2 | m | Fixée |
| Pente v : d | 1 : 2 | | Fixée |
| Revanche R | 0,5 | m | Fixée |
| Relation Longueur/largeur | L = 2l | | Fixée |
| Largeur l | 5,60 | m | $V = 2l^2 * H \rightarrow l = \sqrt{V/2H}$ |
| Longueur L | 11,20 | m | L = 2l |
| Largeur au fond lf | 1,60 | m | $lf = l - d * H$ |
| Largeur en surface libre lSL | 9,60 | m | $l_{SL} = l + d * H$ |
| Largeur en crête lc | 11,60 | m | $lc = l_{SL} + 2d * R$ |
| Longueur au fond Lf | 7,20 | m | $L_f = L - d * H$ |
| Longueur en surface libre LSL | 15,20 | m | $L_{SL} = L + d * H$ |
| Longueur en crête Lc | 17,20 | m | $Lc = L_{SL} + 2d * R$ |
| Temps de séjour | 8 | jours | Li/Cv |
| Nombre de bassin | 1 | | |

- **Bassin facultatif**

Le bassin facultatif est également de forme trapézoïdale. La méthodologie de dimensionnement est résumée dans le tableau ci-après.

Tableau 29: Démarche de dimensionnement du bassin facultatif

| Paramètre | Valeur | Unité | Observation |
|--|--------|-------------------|---|
| Débit entrant Q_{BF} | 14,1 | m ³ /j | $Q_{BF} = Q_{BA} - (\text{Vol évaporé} + \text{Vol infiltré})$ |
| Charge admissible de DBO (λ_s) | 369 | KgDBO5/ha/j | $\lambda_s = 350(1,107 - 0,002T)^{T-25}$ |
| Abattement DBO5 au niveau BA | 70% | | Pearson et al. (1987) |
| [DBO5] résiduel | 898 | mg/L | 30% [DBO5] BA |
| Surface du bassin S | 343 | m ² | $\lambda_s = \frac{[\text{DBO5}] * Q}{S} \rightarrow S = \frac{[\text{DBO5}] * Q}{\lambda_s}$ |
| Profondeur du bassin H | 1,5 | m | Fixée |
| Volume du bassin | 515 | m ³ | $V = S * H$ |
| Pente v : d | 1 : 2 | | Fixée |
| Revanche R | 0,5 | m | Fixée |
| Relation Longueur/largeur | L = 2l | | Fixée |
| Largeur l | 13,10 | m | $S = L * l = 3l^2 \rightarrow l = \sqrt{S/3}$ |
| Longueur L | 26,20 | m | L = 2l |
| Largeur au fond l_f | 10,10 | m | $l_f = l - d * H$ |
| Largeur en surface libre l_{SL} | 16,10 | m | $l_{SL} = l + d * H$ |
| Largeur en crête l_c | 18,10 | m | $l_c = l_{SL} + 2d * R$ |
| Longueur au fond L_f | 23,20 | m | $L_f = L - d * H$ |
| Longueur en surface libre L_{SL} | 29,20 | m | $L_{SL} = L + d * H$ |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | | |
|----------------------|-------|-------|----------------------------|
| Longueur en crête Lc | 31,20 | m | $Lc = L_{SL} + 2d \cdot R$ |
| Temps de séjour | 14 | jours | Li/Cv |
| Nombre de bassin | 1 | | |

Le tableau 30 présente le récapitulatif des caractéristiques géométriques des bassins de lagunage.

Tableau 30: Récapitulatif des caractéristiques des bassins de lagunage

| Désignation | Longueur (m) x largeur (m) | | | Profondeur (m) | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|--------------------|
| | <i>Fond</i> | <i>Plan d'eau</i> | <i>Crête</i> | <i>Prof utile</i> | <i>Prof totale</i> |
| <i>Bassin anaérobie</i> | 7,20 x 1,60 | 15,20 x 9,60 | 17,20 x 11,60 | 2 | 2,5 |
| <i>Bassin facultatif</i> | 23,20 x 10,10 | 29,20 x 16,10 | 31,20 x 18,10 | 1,5 | 2 |

La figure 15 ci-dessous donne une vue globale de la station de traitement de boues de vidange de la commune de Solenzo.

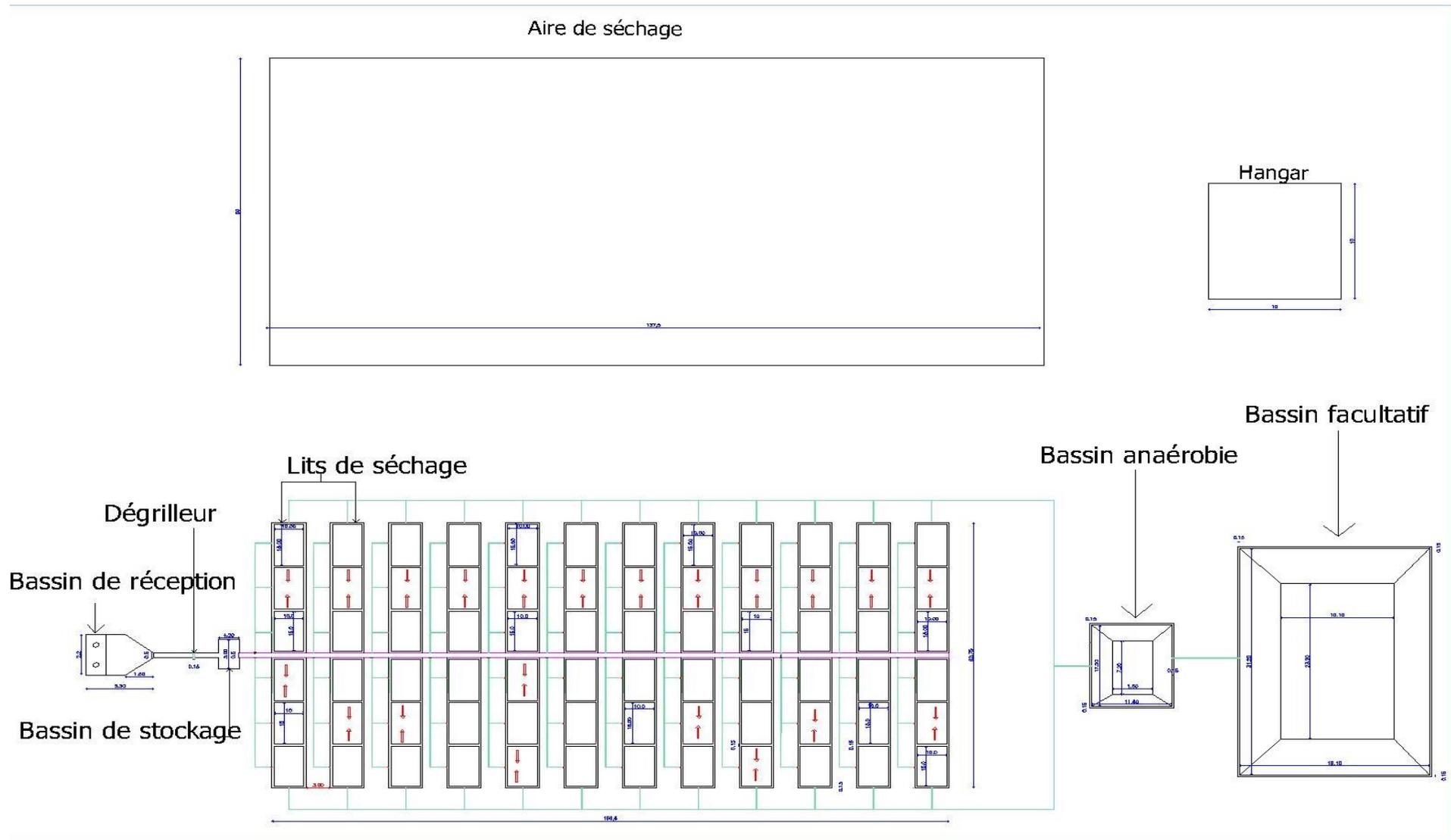


Figure 15: Plan d'aménagement de la station de boues de vidange de la ville de Solenzo

3.6. ESTIMATION DU COUT DU PROJET

Le projet de construction de la station de traitement de boues de vidange pour la commune de Solenzo comprend l'exécution des travaux et l'acquisition du matériel. Les travaux comprennent :

- réalisation des 12 filières de lits de séchage de 6 lits chacune ;
- construction de bassins de lagunage ;
- réalisation d'une aire de séchage ;
- construction d'un hangar ;
- construction des locaux techniques ;
- installation électrique ;
- alimentation en eau potable.

Les prix unitaires des travaux et acquisitions considérés dans cette étude sont similaires à ceux de la STBV de Dogona à Bobo-Dioulasso (ONEA, 2012).

Le tableau 37 donne un récapitulatif des coûts des travaux et acquisitions. Les prix sont exprimés en FCFA hors taxe, hors douane. Le détail des calculs (quantités, coûts unitaires et taux) est fourni à l'annexe 8.

Tableau 31: Récapitulatif des coûts des travaux et équipements

| N° Prix | Désignation | Montant (FCFA) | Pourcentage (%) |
|--------------------|--|--------------------|-----------------|
| A | Terrassements généraux | 1 600 000 | 0,26 |
| B1 | Ouvrage de réception | 8 915 870 | 1,45 |
| B2 | Canal de dégrillage et de distribution | 57 088 600 | 9,31 |
| C | Lits de séchage | 489 470 500 | 79,84 |
| D | Aire de séchage et hangar | 38 845 000 | 6,34 |
| E1-E3 | Bassins de lagunage | 7 671 349,50 | 1,25 |
| F1 | Local technique (un bureau, salle outils, toilettes) | 7 000 000 | 1,14 |
| F2 | Installation électrique | 1 000 000 | 0,16 |
| F3 | Alimentation en eau potable | 1 500 000 | 0,24 |
| TOTAL HT/HD | | 612 072 520 | 100,00 |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

Le coût total du projet de construction de la station de traitement des boues de vidange pour la commune de Solenzo est estimé à **612 072 520** CFA hors taxe, hors douane. La construction des lits de séchage représente plus de la moitié du budget (79,84%).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude dont l'objectif est de contribuer à la mise en place d'un service de gestion améliorée et durable des boues de vidange dans la commune de Solenzo a estimé à 5747,45 m³ la production annuelle de boues dans des latrines traditionnelles pour la plupart. La quasi-totalité de ce gisement (85%) est mal géré, exposant ainsi les populations à des risques sanitaires et environnementaux. La défécation en plein air demeure aussi une pratique courante et concerne 35% des ménages. La qualité physico-bio-chimique de boues produites et les besoins de réutilisation des sous-produits en agriculture ont suggéré un traitement par lits de séchage non plantés suivi de bassins de lagunage. Le coût global de la mise en place de la station de traitement est estimé à **612 072 520** FCFA hors taxe, hors douane.

Cette étude, en proposant un site règlementé de dépotage/traitement des boues de vidange, contribuera à améliorer le cadre de vie des populations de la ville de Solenzo et à réduire la prévalence des maladies hydriques en limitant le dépotage sauvage des boues de vidange à proximité des habitations.

Des études préalables sont nécessaires pour le démarrage effectif des travaux de construction de la STBV. Il s'agit en particulier :

- des études géotechniques qui permettront de confirmer ou d'infirmer l'aptitude du site retenu à abriter la STBV et de fournir des solutions techniques pratiques, viables et économiques de manière à réaliser en toute sécurité et à moindre coût l'infrastructure projetée ;
- une étude d'impact environnemental et social pour identifier, analyser et évaluer les impacts environnementaux et sociaux possibles de la STBV afin de proposer des mesures d'atténuation efficaces et à des coûts acceptables des impacts négatifs.

Pour mener à bien ce projet, nous formulons les recommandations suivantes :

- le coût de réalisation de la STBV est estimé à **612 072 520** FCFA hors taxe, hors douane. Cela est beaucoup trop cher pour une commune comme Solenzo. Nous recommandons à la commune de s'associer aux communes voisines pour réaliser cette infrastructure au profit de toutes dans le cadre de l'intercommunalité afin de se partager les coûts.
- les vidangeurs manuels utilisent des moyens rudimentaires pour la collecte et le transport des boues (brouettes et charrettes). Il est nécessaire, à court terme, que la

municipalité mette à leur disposition, sous forme de location par exemple, des moyens adaptés tels que des tricycles et des fûts et à long terme acquérir un camion de vidange ;

- avant la construction effective de la STBV et vus les moyens de transport rudimentaires des vidangeurs, nous préconisons trois (03) sites de dépotage contrôlés que sont S9, S7 et S6. Ainsi, le site S9 couvrira tout le secteur 2 et une partie du secteur 3 ; le site S6 desservira tout le secteur 1 et une partie du secteur 4 et le site S7 recevra les boues des autres parties des secteurs 4 et 3. Cela permettra de réduire les distances à parcourir et ainsi les coûts de transport.
- tous les vidangeurs manuels dans la ville de Solenzo sont dans l'informel sans aucune organisation. Nous recommandons à la mairie d'œuvrer à leur organisation et à leur professionnalisation avec l'aide de ses partenaires. Cette organisation commence par la délivrance d'un agrément. Ainsi, seuls les vidangeurs titulaires d'un agrément sont autorisés à exercer sur le territoire communal. Cet agrément vise à assurer que les intervenants respectent les textes règlementaires en vigueur, les règles d'hygiène strictes et qu'ils ne déversent pas les BV hors des zones autorisées ;
- 89% des producteurs maraichers sont intéressés par du compost à base de BV. Nous recommandons une étude de faisabilité de co-compostage avec pour inputs BV et ordures ménagères putrescibles dans l'optique de produire du compost de qualité à l'intention des producteurs maraichers ;

L'analyse de rentabilité financière du projet n'ayant pas été traitée dans cette étude, il serait intéressant que d'autres études se penchent sur ce volet notamment l'évaluation des charges d'exploitation et de maintenance et la proposition d'un modèle de gestion adapté au contexte local de Solenzo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bassan, M., Tchonda, T., Yiougo, L., Zoellig, H., Mahamane, I., Mbéguéré, M., and Strande, L. (2013). Characterization of faecal sludge during dry and rainy seasons in Ouagadougou, Burkina Faso. pp. 1–5.

BCG (2013). Sanitation data.

Bigumandondera, P. (2014). Etude de l'assainissement non collectif en Afrique Subsaharienne: Application à la ville de Bujumbura.

Blunier, P. (2004). La collecte et le transport mécanisés des boues de vidange dans la ville de Ouahigouya (Burkina Faso).

Buckley, C., Foxon, K., Brouckaert, C., Rodda, N., Nwaneri, C., Balboni, E., Couderc, A., and Magagna, D. (2008). Scientific support for the design and operation of ventilated improved pit latrines (VIPs) and the efficacy of pit latrine additives. *Water Res. Comm. South Afr.*

Canler, J. (2010). Guide technique sur les matières de vidange issues de l'assainissement non collectif: caractérisation, collecte et traitements envisageables.

Cauchi, A., and Vignoles, C. (2011). Synthèse d'études de petites installations d'assainissement en plateformes Deuxième partie: Leipzig. *Eau Ind. Nuis.* 59–64.

Cofie, O.O., Agbottah, S., Strauss, M., Esseku, H., Montangero, A., Awuah, E., and Kone, D. (2006). Solid–liquid separation of faecal sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture. *Water Res.* 40, 75–82.

CREPA (1996). Fiches techniques des ouvrages d'alimentation en eau potable et assainissement (AEPA). Document technique N°2-1996.

Diagne, E. (2005). Implantation et dimensionnement d'une station de traitement de boues de vidange dans la commune de Ouahigouya. Mémoire de master en Equipement Rural. EIER.

Eau Vive (2010). Pour une meilleure diffusion des ouvrages d'assainissement en milieu rural sahélien-80 propositions concrètes.

Enquête PEA-GIZ (2016). Enquête sur l'assainissement familial dans le centre urbain de Solenzo.

Ezzouaq, M., and Chouaouta, H. (2002). Guide de présélection de site de décharge contrôlée des déchets ménagers : cas de Larache et Chefchaouen. Coopération Maroc-Allemande. Programme de gestion et de Protection de l'environnement (PGPE).

FAO (2003). Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord, 73 pp.

Franceys, R., Pickford, J., Reed, R., and World Health Organization (1995). Guide de l'assainissement individuel.

- Gbedo, V., Liady, M.N.D., Fiogbe, E.D., and Aina Martin Pépin, G. (2015). Caractérisation des boues de vidange brutes et de leurs sous-produits dans la ville de Parakou (Bénin).
- Heinss, U., Larmie, S., and Strauss, M. (1998). Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Septage and Public Toilet Sludges in Tropical Climate-Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design. EAWAG. EAWAGSANDEC Rap.
- Heinss, U., Larmie, S.A., and Strauss, M. (1999). Characteristics of faecal sludges and their solids-liquid separation. EAWAGSANDEC Jan.
- JMP (2017). Progrès en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène : mise à jour 2017 et évaluation des Objectifs de Développement Durable.
- Klingel, F., Agnès, M., Koné, D., and Strauss, M. (2002a). Gestion des boues de vidange dans les pays en développement, Manuel de planification. Inst. Rech. Sur L'Eau Domaine Ecoles Polytech. Fédérales EAWAG Dép. Eau Assain. Dans Pays En Dév. SANDEC.
- Klingel, F., Montangero, A., Koné, D., and Strauss, M. (2002b). Gestion des boues de vidange dans les pays en développement. SANDECEAWAG Dübendorf Suisse.
- Klingel, F., Montangero, A., Koné, D., and Strauss, M. (2002c). Gestion des boues de vidange dans les pays en développement. SANDECEAWAG Dübendorf Suisse.
- Koanda, H. (2006). Vers un assainissement urbain durable en Afrique subsaharienne : Approche innovante de planification de la gestion des boues de vidange. Thèse N° 3530 (2006). Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
- Koné, D., and Strauss, M. (2004). Low-cost options for treating faecal sludges (FS) in developing countries—Challenges and performance.
- Kone, M., Ouattara, Y., Ouattara, P., Bonou, L., and Joly, P. (2016). Caractérisation des boues de vidange dépotées sur les lits de séchage de zagtouli (Ouagadougou). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10, 2781–2795.
- Kopp, J., and Dichtl, N. (2001). Characterization. In: Spinosa L. and Vesilind P.A. (eds), *Sludge into Biosolids – Processing, Disposal, Utilization*. IWA Publishing, United Kingdom.
- Kouanda, H. (2006). Vers un assainissement urbain durable en Afrique subsaharienne.
- Kouawa, T. (2016). Traitement des boues de vidange par lits de séchage sous climat soudano-sahélien.
- Kuffour, A., Awuah, E., Anyemedu, F., Strauss, M., Koné, D., and Cofie, O. (2009). Effect of using different particle sizes of sand as filter media for dewatering faecal sludge. *Desalination* 248, 308–314.
- Liénard, A., Canler, J.-P., Mesnier, M., Troesch, S., and Boutin, C. (2008). Le traitement des matières de vidange: en station d'épuration ou en lits plantés de roseaux? *Ingénieries-EAT* p – 35.

MAH (2010). Enquête nationale sur l'accès des ménages aux ouvrages d'assainissement familial – 2010 : Résultats de la province des Banwa.

Maiga, A., Konate, Y., Wethe, J., Denyigba, K., Zoungrana, D., and Togola, L. (2008). Performances épuratoires d'une filière de trois bassins en série de lagunage à microphytes sous climat sahélien: cas de la station de traitement des eaux usées de 21E (groupe EIER-ETSHER). *Rev. Sci. EauJournal Water Sci.* 21, 399–411.

Mara, D.D., and Pearson, H.W. (1998). Design manual for waste stabilization ponds in Mediterranean countries (Lagoon Technology International Ltda).

Maystre, L.Y., Pictet, J., and Simos, J. (1994). Méthodes multicritères ELECTRE: description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale (PPUR presses polytechniques).

Morgan, P. (2007). Toilets That Make Compost: Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context (EcoSanRes Programme).

Moubouali, S.. (2010). Contribution à la gestion des boues de vidanges issues des fosses septiques et des latrines : cas de la ville de Dori au Burkina Faso. Mémoire de master en ingénierie de l'eau et de l'environnement. 2iE.

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. Volume 2 : Ville de Bobo-dioulasso.

PCD-AEPA/S (2013). Plan Communal de Développement sectoriel Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement (PCD-AEPA)- Commune de SOLENZO.

Pearson, H., Mara, D.D., Mills, S., and Smallman, D. (1987). Factors determining algal populations in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance. *Water Sci. Technol.* 19, 131–140.

PSAS (2014). Plan stratégique d'assainissement des eaux usées et des excréta du centre urbain de solenzo horizon 2025.

pS-Eau (2000). Gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain.

Reymond, P. (2008a). Elaboration d'une méthodologie permettant de déterminer une option durable pour le traitement des boues de vidange dans une ville moyenne d'Afrique subsaharienne-Application à la ville de Sokodé, au Togo. *EAWAG/SANDEC 164*.

Reymond, P. (2008b). Elaboration d'une méthodologie permettant de déterminer une option durable pour le traitement des boues de vidange dans une ville moyenne d'Afrique subsaharienne: Application de la ville de Sokodé au Togo.

Sou, Y.M. (2009). Recyclage des eaux usées en irrigation: potentiel fertilisant, risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols. *These EPFL 178*.

Spellman, F.R. (1997). *Dewatering biosolids* (CRC Press).

- Stien, J.-L. (1989). Œufs d'helminthes et environnement: Le modèle œufs d'Ascaris. These Univ. Metz.
- Strande, L., Ronteltap, M., and Brdjanovic, D. (2014). Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation. IWA Publishing. Édition française 2018.
- Strauss, M., Larmie, S., and Heinss, U. (1997). Treatment of sludges from on-site sanitation—low-cost options. *Water Sci. Technol.* 35, 129–136.
- Strauss, M., Larmie, S.A., Heinss, U., and Montangero, A. (2000). Treating faecal sludges in ponds. *Water Sci. Technol.* 42, 283–290.
- Strauss, M., Koné, D., Koanda, H., and Steiner, M. (2006). GESTION DES MATIERES FECALES URBAINES-SITUATION, DEFIS ET SOLUTIONS PROMETTEUSES.
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., and Schertenleib, R. (2009). Compendium des systèmes et technologies d'assainissement. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Duebendorf, Switzerland.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., and Zurbrügg, C. (2014a). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2 Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). 2nd Revised Edition.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., and Zurbrügg, C. (2014b). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2 Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). 2nd Revised Edition.
- UNICEF, and OMS (2009). Stratégie de prévention et de traitement de la diarrhée.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire enquête ménages

Annexe 2 : Questionnaire enquête vidangeurs manuels

Annexe 3 : Questionnaire d'enquête maraichers

Annexe 4 : Matrice d'élaboration du diagramme de flux de matières fécales

Annexe 5 : Plan de prélèvement d'échantillons de boues de vidange

Annexe 6 : Méthodes de référence et modes opératoires des paramètres analysés

Annexe 7 : Démarche méthodologique de dimensionnement des lagunes et du dégrilleur

Annexe 8 : Devis estimatif du projet de construction de la STBV de Solenzo

Annexe 9 : Sites inventoriés en vue du choix du site de dépotage/traitement des BV

Annexe 1 : Questionnaire enquête ménages

Identifier

Repeat no.

Display Name

Device identifier

Instance

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 ans ?

4040004|Quel est le statut d'occupation du logement ?

25930001|Nouvelle question - Veuillez changer le nom

6050003|le ménage dispose-t-il d'un branchement à domicile ?

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

- 3050006|Quelle est la principale source d'approvisionnement en eau de boisson du ménage ?
- 90004|En dehors de la boisson, quels sont les autres usages que vous faites de l'eau ?
- 7020006|Quelles sont les autres sources d'approvisionnement en eau pour les autres usages ?
- 4050004|Comment est transportée l'eau ?
- 3050007|Comment le récipient de transport est-il entretenu ?
- 6060008|Où est conservée l'eau de boisson du ménage ?
- 80007|Pendant combien de temps stockez-vous l'eau ?
- 6040006|L'eau de boisson est-elle toujours prélevée avec le même récipient ?
- 6060009|Comment ce récipient est-il entretenu ?
- 1030008|Unité de mesure de la quantité d'eau potable consommée par votre ménage pendant une journée ordinaire ?
- 8020008|A combien estimez-vous la quantité d'eau potable consommée par votre ménage pendant une journée ordinaire ?
- 50011|Quel est l'équivalent en litres de l'unité ?
- 9030009|Quel est le principal mode de paiement de votre consommation d'eau potable ?
- 5090005|Inscrire le montant que vous avez payé pour la dernière facture en francs CFA.
- 2050010|Si paiement au volume, quel est le montant journalier dépensé par votre ménage pour l'eau potable ?
- 7020011|Si paiement en cotisation Quel est le montant payé par an ?
- 2030013|Citez au moins une maladie liée à la consommation de l'eau non potable que vous connaissez?
- 4030007|Comment traitez-vous l'eau non potable ?
- 1030011|Le ménage dispose -t-il de latrines/toilettes pour la gestion des excréta ?
- 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) ?
- 70012|Tous les membres du ménage utilisent –ils les latrines / toilettes à tout moment pour la défécation?
- 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 excréta? (Quels autres usages le ménage fait-il des latrines ?)
- 7020017|Avez-vous déjà vidangé vos latrines ?
- 1030015|Si oui, quelle est la fréquence de vidange

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

- 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 ?
- 3050013|Les latrines sont-elles partagées avec d'autres ménages / autres personnes ?
- 7020022|Êtes-vous satisfait de vos latrines?
- 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 ?
- 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 ?
- 70023|Que faites-vous juste avant de manger ?
- 4030022|Dans le ménage, se laver les mains avant les repas est une pratique habituelle pour les Adultes de 15 ans et plus ?
- 4050018|Dans le ménage, se laver les mains avant les repas est une pratique habituelle pour les Enfants de 7 à 14 ans ?
- 9020021|Dans le ménage, se laver les mains avant les repas est une pratique habituelle pour les Enfants de 3 à 6 ans ?
- 5070021|Comment les membres du ménage se lavent les mains avant de manger ?
- 6060029|Dans le ménage, se laver les mains après les toilettes est une pratique habituelle pour les Adultes de 15 ans et plus ?
- 5080020|Dans le ménage, se laver les mains après les toilettes est une pratique habituelle pour les Enfants de 7 à 14 ans ?
- 9020023|Dans le ménage, se laver les mains après les toilettes est une pratique habituelle pour les Enfants de 3 à 6 ans ?
- 2050031|Comment les membres du ménage se lavent les mains à la sortie des toilettes ?

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

5060022|Dans le ménage, se laver les mains après manipulation des selles des enfants est une pratique habituelle ?

3050016|Dans le ménage, se laver les mains avant de préparer le repas est une pratique habituelle ?

5080023|Dans le ménage, se laver les mains avant de donner à manger aux enfants et bébés, est une pratique habituelle ?

6050025|Les latrines sont-elles propres ?

4030029|Existence de savon à côté des latrines/toilettes

90019|Existence d'eau à côté des latrines/toilettes

60029|Présence d'excreta dans la cour

2030028|Présence d'excreta dans les alentours de la maison

60031|Présence de poubelle dans la cour

5080027|Propreté de la cour

6050026|Propreté des alentours de la cour

6050027|Présence d'animaux en divagation dans la cour

Annexe 2 : Questionnaire enquête vidangeurs manuels

Mai 2017 - PEA/GIZ & 2iE & COMMUNE SLZ

1. Age de l'enquêté

2. Sexe de l'enquêté

1. Masculin 2. Féminin

3. Profession Principale

1. Vidangeur Manuel 2. Cultivateur 3. Maraicher 4. Eleveur 5. Commerçant
 6. Agent de sécurité 7. Autre

4. Profession Secondaire

1. Vidangeur Manuel 2. Cultivateur 3. Maraicher 4. Eleveur 5. Commerçant 6. Autre

5. Ethnie

6. Lieu de résidence

1. Secteur 1 2. Secteur 2 3. Secteur 3 4. Secteur 4

7. Niveau d'études

1. Aucun 2. Primaire 3. Secondaire 4. BAC et +

8. Depuis combien d'année pratiquez-vous l'activité de vidange manuelle ?

9. Dans quelle zone intervenez-vous ?

1. Secteur 1 2. Secteur 2 3. Secteur 3 4. Secteur 4

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

10. Quel est le nombre moyen de vidanges par mois pendant la saison sèche?

11. Quel est le nombre moyen de vidanges par mois pendant la saison des pluies

12. Combien coûte une vidange pendant la saison sèche?

1. Moins de 5000 2. 5000 et 10000 3. 10000 et 20000 4. Plus de 20000

13. Combien coûte une vidange pendant la saison des pluies ?

1. Moins de 5000 2. 5000 et 10000 3. 10000 et 20000 4. Plus de 20000

14. Utilisez-vous des équipements de protection?

1. Oui 2. Non

15. Si Oui, les quels ?

1. Gants 2. Masques 3. Cache nez 4. Casques 5. Bottes 6. Combinaison 7. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

16. Sinon, pourquoi?

17. Quel matériel de travail disposez-vous ?

1. Seaux 2. Pioches 3. Pelles 4. Brouettes 5. Charette 6. Corde 7. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases (6 au maximum).

18. Où déposez-vous les boues ?

1. A côté des concessions 2. Champs 3. Sites maraichers 4. Rue 5. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

19. Quelles **sont** les difficultés liées au **transport/dépotage** des boues ?

1. Pas de moyen de **transport** 2. Pas de **site autorisé** pour le dépotage des boues 3. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

20. Quelles **sont** les autres difficultés que vous rencontrez dans l'exercice de votre métier de vidange **manuelle** ?

21. Avez-vous déjà reçu une formation **sur** la vidange **manuelle** ?

1. Oui 2. Non
-

22. Si Oui, par quelle **structure** ? En quelle **année** ?

23. Appartenez-vous à une **association** de vidangeurs ?

1. Oui 2. Non
-

24. Sinon **pourquoi** ?

1. Pas d'**associations** de vidangeurs dans la commune 2. Pas **nécessaire** 3. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).

25. Êtes-vous **reconnu** par la **mairie** ?

1. Oui 2. Non
-

26. Avez-vous un **suiti médical** ?

1. Oui 2. Non
-

27. Si oui, quel genre de **suiti** ?

1. Vaccination 2. Visite de contrôle 3. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

28. Si oui, à quelle **fréquence** ?

1. Mensuelle 2. Trimestrielle 3. Semestrielle 4. Annuelle 5. Autre
-

29. Savez-vous que votre métier présente des **risques** pour la **santé** des populations et pour l'**environnement** ?

1. Oui 2. Non
-

30. Si **Oui**, quelles **sont** les mesures prises pour **atténuer** ces **risques** ?

1. Aucune 2. Traitement de la **fosse** avant vidange 3. **couverture** des boues avec du sable/terre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

31. Si on vous propose de vous **assister** pour mieux **organiser** la filière de **gestion** des BV moyennant une contribution, **accepteriez-vous** ?

1. Oui 2. Non
-

32. Si oui, quel type de **contribution** pouvez-vous **apporter** ?

1. Adhésion au dispositif de la filière de **gestion** des BV 2. **Respect** de la réglementation 3. Contribution filière
 4. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

Annexe 3 : Questionnaire d'enquête maraichers

20 - 27 mai 2017 - giz_Mairie_2iE

IDENTIFICATION DE L'ENQUETE

1. Age de l'enquêté

2. Sexe de l'enquêté

1. Homme 2. Femme

3. Profession principale

1. Cultivateur 2. Eleveur 3. Commerçant 4. Maraicher 5. Autre (préciser)

4. Profession secondaire

1. Maraicher 2. Cultivateur 3. Eleveur 4. Commerçant 5. Autre (préciser)

5. Site de production

TYPE D'EXPLOITATION

6. Quelle est la superficie de votre exploitation (dam²)?

7. Combien de personnes travaillent fréquemment sur votre exploitation?

8. Depuis combien de temps exploitez-vous votre jardin?

9. Que produisez-vous?

1. Oignon 2. Tomate 3. Choux 4. Gombo 5. Salade 6. Aubergine 7. concombre 8. Poivron

Vous pouvez cocher plusieurs cases (5 au maximum).

ORGANISATION

10. Appartenez-vous à un groupement de producteurs ?

1. Oui 2. Non

11. Sinon pourquoi?

1. Absence de groupement dans la localité 2. Pas nécessaire 3. Ignorance

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

12. Etes-vous prêts à intégrer un groupement de producteurs ?

1. Oui 2. Non

13. Avez-vous déjà reçu du soutien?

1. Oui 2. Non

14. Si oui, quel genre de soutien?

1. Appui technique 2. Appui financier 3. Dotation d'intrants ou de matériel

Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).

15. Avez-vous déjà reçu une formation sur la bonne utilisation des différents types d'engrais ?

1. Oui 2. Non

UTILISATION D'ENGRAIS CHIMIQUES OU DE FUMURE ORGANIQUE

16. Utilisez-vous des engrais chimiques ?

1. Oui 2. Non

17. Si oui, quels sont les engrais que vous utilisez?

1. NPK 2. Urée 3. Autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).

18. Combien de sacs de 50 Kg de NPK consommez-vous par saison?

19. Combien de sacs de 50 kg d'Urée consommez-vous par saison?

20. A combien achetez-vous le sac de 50Kg de NPK?

21. A combien achetez-vous le sac de 50 Kg d'urée

22. Avez-vous déjà utilisé les boues de vidange?

1. Oui 2. Non

23. Si oui, précisez le lieu d'utilisation

1. Site maraicher 2. Champs

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

24. Dans quel état avez-vous utilisé les boues ?

1. Boues fraîches 2. Boues minéralisées 3. Boues co-compostées avec OM

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

25. Où procurez-vous les boues?

26. Sinon, pourquoi?

1. Pas disponible 2. Pas efficace 3. Pas hygénique 4. Pas adaptée au maraichage

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

27. Etes-vous prêts à acheter du compost à base de BV pour réduire votre consommation en engrais chimiques ?

1. Oui 2. Non
-

28. Si Oui, sous quelle forme voulez-vous qu'on vous livre ce compost?

1. Sac de 50Kg 2. Sac de 100Kg 3. Par Charette
-

29. A quel prix souhaitez-vous acheter le sac de 50Kg de ce compost?

30. A quel prix souhaitez-vous acheter le sac de 100Kg de ce compost?

Annexe 4 : Matrice d'élaboration du diagramme de flux de matières fécales

| List A: Where does the toilet discharge to? (i.e. what type of containment technology, if any?) | List B: What is the containment technology connected to? (i.e. where does the outlet or overflow discharge to, if anything?) | | | | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| | to centralised combined sewer | to centralised foul/separate sewer | to decentralised combined sewer | to decentralised foul/separate sewer | to soakpit | to open drain or storm sewer | to water body | to open ground | to "don't know where" | no outlet or overflow |
| No onsite container. Toilet discharges directly to destination given in List B | | | | | Significant risk of GW pollution | | | | | Not Applicable |
| Septic tank | | | | | Low risk of GW pollution | | | | | |
| Fully lined tank (sealed) | | | | | Significant risk of GW pollution | | | | | |
| | | | | | Low risk of GW pollution | | | | | |
| Lined tank with impermeable walls and open bottom | Significant risk of GW pollution | Significant risk of GW pollution | Significant risk of GW pollution | Significant risk of GW pollution | Significant risk of GW pollution | | | | | Significant risk of GW pollution |
| | Low risk of GW pollution | Low risk of GW pollution | Low risk of GW pollution | Low risk of GW pollution | Low risk of GW pollution | | | | | Low risk of GW pollution |
| Lined pit with semi-permeable walls and open bottom | Not Applicable | | | | | | | | | Significant risk of GW pollution |
| Unlined pit | | | | | | | | | | Low risk of GW pollution |
| Pit (all types), never emptied but abandoned when full and covered with soil | | | | | | | | | | Significant risk of GW pollution |
| Pit (all types), never emptied, abandoned when full but NOT adequately covered with soil | | | | | | | | | | Low risk of GW pollution |
| User interface failed, damaged, collapsed or flooded | | | | | | | | | | |
| Containment (septic tank or tank or pit latrine) failed, damaged, collapsed or flooded | | | | | | | | | | |
| No toilet. Open defecation | Not Applicable | | | | | | | | | Not Applicable |

Annexe 5 : Plan de prélèvement d'échantillons de boues de vidange

| MENAGES | | | | | | | | |
|---|-----------|--------------------|-----------------------|---|--|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Type de latrine | Secteurs | Nombre de latrines | | n | Lieu de prélèvement | | | |
| | | LOTIE | NON LOTIE | | ZONE LOTIE | | ZONE NON LOTIE | |
| | | | | | Pas de remontée | Zone de remontée | Pas de remontée | Zone de Remontée |
| Latrines Traditionnelles avec dalle en béton | secteur 1 | 7 | 7 (Aucune vidange) | 4 | 1) Denbele naouijna Ferdinand (déjà vidangé f=4ans) | 2) Some Davele | 3) Konate Daniel ; 4) Sané Amidou | - |
| | secteur 2 | 13 | 1 | 3 | 1) Djibo Mounirou | 2) KINDO Issaka (déjà vidangé f=5ans) | 3) Sanou Yaya | - |
| | secteur 3 | 19 | 2 | 5 | 1) Dieni Abi (déjà vidangé f=3ans 2) Bagoro Bagelo Edgare ; 3) Sawadogo N Boubakar; 4) Zongo kouka; | - | 5) Koeba Manboudou | - |
| | secteur 4 | 15 | 3 | 5 | 1) Ouedraogo Zagaria (déjà vid f=4ans) ; | 4) Sawadogo Amade | 5) Ouedraogo Ouseni | - |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|---|-----------|---|-----------------------|--|---|
| | | | | | 2) Coulibaly Dibisan ; 3) Benbele Nathalie | | | |
| TOTAL | | 67 | | 17 | | | | |
| | | | | | | | | |
| Latrines Traditionnelles sans dalle en béton | secteur 1 | 2 | 3 | 1 | - | - | 1) Sawadogo Boukari | - |
| | secteur 2 | 2 | 7 | 2 | 1) Romba mamadou (déjà vidangé, f=3ans) | - | - | 2) Konate Alimata (déjà vidangé f=4ans) |
| | secteur 3 | 5 | 3 | 2 | 1) Ouedraogo Mahamadi | - | 2) Ganabe Arouna | - |
| | secteur 4 | 6 | 5 | 3 | 1) Drabo Aboudou | 2) Ouedraogo Salimata | 3) Sawadogo Lassina (déjà vidangé f=1an) | - |
| TOTAL | | 33 | | 8 | | | | |

| LIEUX PUBLICS | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|----------|----------------------------|
| Type de Latrines | Secteur | Nom du lieu | Nbr de Blocs de latrines | Nombre de Cabines | n | Lieu de prélèvement |
| LT avec dalle en béton | Secteur 1 | Lycée Provincial | 1 | 4 | | Lycée Provincial |
| | | | 1 | 5 | 1 | |
| | Secteur 2 | Lycée privée Amadouba | 1 | 2 | 1 | Mosquée |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | | | | | |
|--|-----------|----------------------------|----------|-----------|----------|--------------------|
| | | Mosquée | 1 | 2 | | |
| | Secteur 3 | Lycée privée BERACA School | 1 | 2 | 0 | - |
| | | Collège prive Sol Béni | 1 | 1 | | |
| | Secteur 4 | Mosquée | 1 | 1 | 1 | Lycée privé (SION) |
| | | Mosquée | 1 | 1 | | |
| | | Lycée privé | 1 | 5 | | |
| TOTAL | | | 9 | 23 | 3 | |
| | | | | | | |
| Latrines VIP une fosse/ SanPlat améliorée | Secteur 1 | Gare routière | 1 | 6 | 1 | Gare routière |
| | | CMA (Personnel) | 1 | 2 | 0 | |
| | Secteur 2 | Marché | 1 | 4 | 1 | Marché |
| | Secteur 3 | école primaire A | 1 | 4 | 0 | - |
| | | CEBNF | 1 | 4 | | |
| | Secteur 4 | CSPS urbaine 1 | 1 | 2 | 0 | - |
| TOTAL | | | 6 | | 2 | - |

Annexe 6 : Méthodes de référence et modes opératoires des paramètres analysés

| Paramètres | Méthode de référence | Mode opératoire |
|-------------|---|---|
| DCO | Norme ISO 15705 (novembre 2002). Qualité de l'eau – Détermination de la demande chimique en oxygène (ST-DCO) – Méthode à petite échelle en tube fermé | <ul style="list-style-type: none"> • Prélever 2,5 mL de l'échantillon de boue filtré dans le tube DCO ; • Y introduire 3 mL d'acide sulfurique DCO concentré ; • Puis 1,5 mL de dichromate de potassium ; • Minéraliser pendant 2 heures ; • Laisser refroidir ; • Lire au spectrophotomètre. |
| DBO5 | NF EN 25 663 (janvier 1994). Qualité de l'eau. Détermination de la demande biochimique en oxygène en cinq jours. Partie 1 : Méthode manométrique | <ul style="list-style-type: none"> • Prélever et introduire 97 mL d'échantillon dans la bouteille ambrée ; • Ajouter un agitateur pour homogénéiser l'échantillon ; • Mettre 3 pastilles de soude dans le godet en caoutchouc et le placer dans le goulot de la bouteille ambrée afin de piéger tous les gaz autre que l'oxygène ; • Laisser établir l'équilibre pendant 2 mn et fermer hermétiquement le bouchon ; |

| | | |
|--|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Placer l'ensemble dans la chambre thermostatée (à 20°C) pendant cinq jours. |
| Nitrates (NO₃⁻) | Les nitrates sont déterminés suivant la norme ISO 7890-3 (décembre 1998). Qualité de l'eau – Essais des eaux – Dosage des nitrates – Partie 3 méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire après filtration sur membrane GF/C 0,45 µm | Introduire 25 mL de l'échantillon filtré dans la cuve puis dans une autre cuve 25 mL de l'eau distillée qui servira de témoin. On minéralise l'échantillon ainsi que le témoin en présence du nitraver. La lecture des nitrates se fait au programme 355 |
| Nitrites (NO₂⁻) | NFT EN 26777 (mai 1993) – Qualité de l'eau – Dosage des nitrites – Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire (indice de classement T90-013). | On introduit 25 mL de l'échantillon filtré dans la cuve puis dans une autre cuve 25 mL de l'eau distillée qui servira de témoin. On minéralise l'échantillon ainsi que le témoin en présence du nitraver. La lecture des nitrates se fait au programme 371. |
| Ammonium (NH₄⁺) | NF T90-015 (Août 1975). Qualité de l'eau – Dosage de l'ammonium – Partie 2 : méthode spectrométrique au réactif de Nessler. | On prélève ensuite 2,5ml de chaque échantillon que l'on dilue avec de l'eau distillée ; puis on ajoute 1ml de réactif de Nessler dans chaque échantillon. Calibrer avec le témoin et agiter puis poser chaque échantillon dans le spectrophotomètre et faire la lecture après une période de réaction d'une minute. |
| Azote total Kjeldahl (NTK) | NF EN 25663 (janvier 1994). Qualité de l'eau - Dosage de l'azote Kjeldahl : méthode après minéralisation au | <ul style="list-style-type: none"> Peser 10 g de l'échantillon et compléter avec 100 mL d'eau distillée dans le tube Kjeldahl ; Y introduire 10 mL d'acide sulfurique concentré ; |

| | | |
|---|--|--|
| | sélénium en milieu acide fort (indice de classement T90110). | <ul style="list-style-type: none"> • Minéraliser l'échantillon dans le minéralisateur BUCHI K-435 aux températures suivantes : 180°C pendant 2h, 250°C pendant 2h, 340°C pendant 2h et laisser refroidir pendant 24h ; • Distiller l'échantillon minéralisé le distillateur BUCHI K-355 ; • Titrer le distillat à l'acide sulfurique à 0,02N ; • Ici aussi, on utilise un témoin ou blanc constitué de l'eau distillée |
| <p>Matière sèche et matière volatile</p> | - | <ul style="list-style-type: none"> • Peser la masse à vide du creuset notée M1 ; • Peser 10 ou 5 gramme l'échantillon de boue selon la capacité du creuset notée M2 ; • Noter le volume V de l'échantillon ; • Sécher l'échantillon dans le bain de sable à 105°C pendant 5h, laisser refroidir puis peser. La masse correspondante est notée M3 ; • Enfin calciner l'échantillon après séchage au four à 550°C pendant 2h ; • Laisser refroidir puis peser et noter la masse M4. <p>La matière sèche (MS) est donnée par :</p> $MS (\%) = \frac{M3-M1}{M2-M1} * 100 \text{ ou encore par}$ $MS (\text{mg/L}) = \frac{M3-M1}{V} * 10^6$ <p>La matière volatile (MV) est donnée par :</p> |

| | | |
|--|----------|--|
| <p>Matières sèche et matière volatile (Suite)</p> | <p>-</p> | <p>$MV (\%MS) = \frac{M3-M4}{M3-M1} * 100$ ou encore par</p> <p>$MV (mg/L) = \frac{M4-M1}{v} * 10^6$</p> |
| <p>Coliforme fécaux</p> | <p>-</p> | <p>Ensemencement en profondeur en milieu gélosé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prélever 1 mL de l'échantillon et introduire dans la boîte à pétri ; • Couler ensuite le milieu de culture (Chromocult Coliform Agar) ; • Incuber à 44°C pendant 24 heures ; • Dénombrer ensuite les colonies formées |
| <p>Streptocoques fécaux</p> | <p>-</p> | <p>Ensemencement en profondeur en milieu gélosé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prélever 1 mL de l'échantillon et introduire dans la boîte à pétri ; • Couler ensuite le milieu de culture (Slanetz Bartley Agar) ; • Incuber à 37°C pendant 48 heures ; • Dénombrer ensuite les colonies formées |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Œufs d'helminthes | Norme expérimentale AFNOR XP X33-017 (juillet 2004). Caractérisation des boues – Dénombrement et viabilité des œufs d'helminthes parasites– Méthode par une technique de triple flottation (indice de classement X33-017). | <ul style="list-style-type: none">• Suspending 25g de boues sèches dans un litre d'eau de robinet puis agiter à l'aide d'un agitateur magnétique et d'un barreau aimanté pour dissoudre. (2 à 24 heures environ)• Laisser au repos (sédiment) pendant 3 h à 24h.• Enlever le maximum de surnageant possible à l'aide d'une pompe à vide• Placer le sédiment dans des tubes à centrifuger de 45 ml• Centrifuger à 1000 tours/mn pendant 10mn• Enlever la phase liquide (surnageant) et récupérer le culot (phase solide) dans un volume de 150 ml (100ml) avec du sulfate de zinc de densité 1,3• Homogénéiser avec une spatule,• Laisser au repos pendant 3 h• Récupérer le surnageant du sulfate de zinc dans un erlenmeyer de 2 litres et le diluer avec au moins 1 litre d'eau du robinet• Laisser au repos pendant 3 h• Enlever le maximum du surnageant et suspendre le dépôt en l'agitant et le vidant dans des tubes de 50 ml et rincer 2 à 3 fois avec de l'eau distillée• Centrifuge à 1000 tours/mn pendant 5 minutes• Regrouper les dépôts dans un tube 50 ml et centrifuger à 1000 tours/mn pendant 10 minutes |
|--------------------------|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <p>Œufs d'helminthes (Suite)</p> | | <ul style="list-style-type: none">• Verser le surnageant et ajouter 5 ml d'une solution d'acide acétique• Et ajouter 10 ml d'ether ethylique ou 5 ml d'acétate d'éthyl• Secouer et ouvrir occasionnellement pour laisser sortir le gaz• Centrifuger à 1000tr/min pendant 10 minutes• Trois phases se distinguent dans chaque tube, les œufs se concentrent au fond du tube en cône.• Eliminer les deux premières phases et noter le volume final (laisser 1ml environ)• Ajouter un volume de sulfate de zinc égal à 5fois le volume final.• Déposer entre lame et lamelle une goutte d'environ 0,1 ml, observé au microscope puis compter les œufs. |
|--|--|--|

Annexe 7 : Données météorologiques de la station synoptique de Dédougou (2016)

| - | janv | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | Evaporation moyenne |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| Evaporation (mm) | 310,8 | 337,7 | 366,6 | 369,8 | 313,5 | 229,1 | 152,5 | 116,2 | 143 | 226,9 | 256 | 303,4 | 260 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Temp Max (°C) | 33,6 | 36,7 | 40,3 | 41,8 | 39,8 | 36,1 | 32 | 31,3 | 33 | 37,9 | 38,5 | 35,5 | - |
| Temp Min (°C) | 18,7 | 20,2 | 24,7 | 28,7 | 27,5 | 25 | 23,2 | 23,1 | 23,1 | 23,8 | 21,7 | 19,8 | - |
| Moyenne (°C) | 26 | 28 | 33 | 35 | 34 | 31 | 28 | 27 | 28 | 31 | 30 | 28 | - |

Source : Direction Générale de la Météorologie (2016)

Annexe 8 : Devis estimatif du projet de construction de la STBV de Solenzo

| N° des prix | Désignation des prestations | Unité | Quantité | Prix unitaire (FCFA) | Prix total (FCFA) |
|---|---|-------|-----------|----------------------|-------------------|
| A | TERRASSEMENTS GENERAUX | | | | |
| A.1 | Abatage d'arbres et libération des emprises du site | ff | 1 | 800 000 | 800 000 |
| A.2 | Deserbase et mise en forme de la plateforme du site | ff | 1 | 800 000 | 800 000 |
| TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX (I) | | | | | 1 600 000 |
| B | PRETRAITEMENT | | | | |
| B1 | Ouvrage de réception | | | | |
| B1.1 | Remblais sur 0,80m et compactage en sable d'apport | m3 | 994,08 | 4 000 | 3 976 320 |
| B1.2 | Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 | m3 | 15,39 | 85 000 | 1 308 150 |
| B1.3 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour radier et forme de pente | m3 | 4,28 | 230 000 | 984 400 |
| B1.4 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour parois | m3 | 11,4 | 230 000 | 2 622 000 |
| B1.5 | Fourniture et pose d'un bac en aluzinc | Unité | 1 | 25 000 | 25 000 |
| TOTAL Ouvrage de réception (II) | | | | | 8 915 870 |
| B2 | Canal de dégrillage et de distribution | | | | |
| B2.1 | Remblais sur 1 m et compactage en sable d'apport | m3 | 1111 | 4 000 | 4 444 000 |
| B2.2 | Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 | m3 | 48,84 | 85 000 | 4 151 400 |
| B3.3 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour radier et forme de pente | m3 | 80,12 | 230 000 | 18 427 600 |
| B3.4 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour parois | m3 | 129,72 | 230 000 | 29 835 600 |
| B3.5 | Fourniture et pose d'une grille manuelle en inox | Unité | 1 | 230 000 | 230 000 |
| TOTAL Canal de dégrillage et de distribution (III) | | | | | 57 088 600 |
| C | LITS DE SECHAGE | | | | |
| C1 | Déblais en pleine masse en terrain de toute nature et mise en dépôt | m3 | 13 860,00 | 2 500 | 34 650 000 |
| C2 | Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 | m3 | 495,00 | 85 000 | 42 075 000 |
| C3 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour radier et forme de pente | m3 | 1 278,85 | 230 000 | 294 135 500 |
| C4 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour parois | m3 | 207,90 | 230 000 | 47 817 000 |
| C5 | Fourniture et pose d'une couche de 10 cm d'épaisseur de sable criblé et lavé ($\phi = 0,2 - 2$ mm) | m3 | 990,00 | 3 600 | 3 564 000 |
| C6 | Fourniture et pose d'une couche de 20 cm d'épaisseur de graviers moyens ($\phi = 5 - 15$ mm) | m3 | 1 980,00 | 7 750 | 15 345 000 |
| C7 | Fourniture et pose d'une couche de 40 cm d'épaisseur de graviers moyens ($\phi = 15 - 25$ mm) | m3 | 3 960,00 | 8 900 | 35 244 000 |

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des boues de vidange dans la
commune de Solenzo (Burkina Faso)

| | | | | | |
|--|---|-------|----------|------------|-----------------------|
| C8 | Fourniture et pose de conduite PVC type assainissement DN 200 pour drain | m.L | 1 000,00 | 8 500 | 8 500 000 |
| C9 | Regards de visites avec fermeture en dalle de béton | Unité | 44 | 185 000 | 8 140 000 |
| TOTAL Lits de séchage (IV) | | | | | 489 470 500 |
| D AIRE DE SECHAGE ET HANGAR | | | | | |
| D1 | Béton armé avec treillis soudé pour dallage et mise en forme de pente aire de séchage | m3 | 275 | 90 000 | 24 750 000 |
| D2 | Canal de drainage de largeur 0,4m et de profondeur 0,4m | m.L | 217 | 35 000 | 7 595 000 |
| D3 | Hangar en structure métallique de 200 m2 | Unité | 1 | 6 500 000 | 6 500 000 |
| TOTAL AIRE DE SECHAGE ET HANGAR (V) | | | | | 38 845 000 |
| E TRAITEMENT DU PERCOLÂT | | | | | |
| E1 Bassin Anaérobie | | | | | |
| E1.1 | Fouille | m3 | 166,375 | 2 500,00 | 415 937,50 |
| E1.2 | Couche de base en argile compacté (20cm) | m3 | 2,1 | 9 000,00 | 18 900,00 |
| E1.3 | Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 (5cm) | m3 | 0,525 | 85 000,00 | 44 625,00 |
| E1.4 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour parois (15cm) | m3 | 4,5 | 230 000,00 | 1 035 000,00 |
| TOTAL Bassin Anaérobie (VI) | | | | | 1 514 462,50 |
| E2 Bassin Facultatif | | | | | |
| E2.1 | Fouille | m3 | 753,435 | 2 500,00 | 1 883 587,50 |
| E2.3 | Couche de base en argile compacté (20cm) | m3 | 46 | 9 000,00 | 414 000,00 |
| E2.4 | Béton de propreté dosé à 150 Kg/m3 | m3 | 11,5 | 85 000,00 | 977 500,00 |
| E2.5 | Béton armé dosé à 350 Kg/m3 de CHF pour parois | m3 | 8,1 | 230 000,00 | 1 863 000,00 |
| TOTAL Bassin Facultatif (VII) | | | | | 5 138 087,50 |
| F ANNEXES ET DIVERS | | | | | |
| F1 | Local technique (bureau, salle outils, toilettes) | Unité | 1 | 7 000 000 | 7 000 000 |
| F2 | Installation électrique | ff | 1 | 1 000 000 | 1 000 000 |
| F3 | Alimentation en eau potable | ff | 1 | 1 500 000 | 1 500 000 |
| TOTAL ANNEXES ET DIVERS (IX) | | | | | 9 500 000 |
| TOTAL HT/HD | | | | | 612 072 520,00 |

Annexe 9 : Sites inventoriés en vue du choix du site de dépotage/traitement des BV

| Site | Description | Distance | Superficie (ha) | Longitude (°) | Latitude (°) |
|------|---|-------------|-----------------|---------------|--------------|
| | | Site-Mairie | | | |
| S1 | Route de Bobo côté droit (inexploité) | 1.09 Km | 2 | -4.090583333 | 12.17625 |
| S2 | Route de Kié. site dépotage des BV du CMA (champs) | 2.06 Km | ≥ 5 | -4.070361111 | 12.16608333 |
| S3 | Ancienne Carrière (inexploité) | 1.5 Km | 1.5 | -4.075444444 | 12.189 |
| S4 | Espace Vert (Secteur 2). Route de Tansila | 200 m | 1 | -4.086583333 | 12.18511111 |
| S5 | Entre Kiè et Solenzo (terrain inexploité) | 5.55 Km | ≥ 5 | -4.055777778 | 12.13927778 |
| S6 | A côté de TP (terrain inexploité) | 3 Km | ≥ 3 | -4.076222222 | 12.16425 |
| S7 | Espace entre ancienne et nouvelle carrières terrain inexploité) | 2.36 | ≥ 3.5 | -4.068138889 | 12.19525 |
| S8 | Site de dépotage SOFITEX. Route de Tansila | 1.75 Km | ≥ 5 | -4.088555556 | 12.19927778 |
| S9 | Entre Solenzo et Denkoro (terrain inexploité) | 3.9 Km | ≥ 5 | -4.095027778 | 12.21563889 |