



Contribution à la mise en place d'une station de traitement
des matières de vidange par lits de séchage plantés de
Echinochloa pyramidalis à Ouagadougou

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN EAU ET ASSAINISSEMENT**

Présenté et soutenu publiquement le 25 Juin 2012 par

Rachidatou BARRO

Travaux dirigés par : TADJOUWA KOUAWA
Doctorant
UTER LEDES

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Ynoussa MAÏGA

Membres et correcteurs : Dr Sandrine BIAU/ LALLANE
M.TADJOUWA KOUAWA
M. Drissa SANGARE

Promotion [2011/2012]

Dédicaces

À

*Mon très cher père qui m'a toujours soutenu et
conseillé*

*Ma bien aimée maman qui n'a jamais cessé de me
guider*

Ma famille et mes amis

Tous ceux qui ont cru en moi

*Trouvez en ce document le fruit de vos
encouragements...*

Remerciement

Ce travail a vu le jour grâce au soutien, aux conseils et à la participation de personnes auxquelles je tiens à adresser toute ma gratitude.

Mes pensées vont particulièrement à M. TADJOUWA KOUAWA mon encadreur, pour ses conseils ses encouragements, pour m'avoir fait confiance et pour avoir toujours été présent malgré ses multiples occupations. Que Dieu le tout puissant, le tout miséricordieux vous bénisse.

Je remercie également :

M.Seyram SOSSOU pour son entière disponibilité, son appui et ses orientations ;

M.Boukary SAWADOGO pour son soutien;

M. Moustapha OUEDRAOGO et à M. Pierre KABORE pour leur assistance ;

M. AKPALO et ses collègues pour leur service ;

Tous les autres stagiaires du LEDES pour leur entière collaboration et plus particulièrement M. QUENUM pour son aide inconditionnel ;

Le corps professoral de l'institut pour avoir su nous transmettre la chose la plus chère au monde qu'est le savoir.

Je remercie tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce document.

Résumé

D'après le Recensement général de la population et de l'habitation (RGPH, 2006) la ville de Ouagadougou compte environ 1,5 millions d'habitants avec un taux d'accroissement de 7,6%. Avec ce taux d'accroissement et une volonté du gouvernement à atteindre les Objectifs du millénaire pour le développement (OMD), on devra assister à une augmentation des ouvrages d'assainissement autonome qui est le plus utilisé pour l'assainissement des eaux usées et excréta en milieu urbain. L'inexistence de système de traitement, mis en place par les autorités municipales et les autres acteurs, entraîne le dépôt anarchique des sous-produits issus de ce mode d'assainissement dans les périphéries de la ville. Ce qui cause d'énormes problèmes de santé publique et de dégradation de l'environnement.

La nécessité de réfléchir sur des techniques de traitements adaptés au contexte de Ouagadougou tant au niveau économique que social se pose. C'est dans ce sens que cette étude a été menée afin de proposer une filière de traitement des matières de vidange.

Il ressort de notre étude que la mise en place d'une station de traitement par lit de séchage planté serait la bienvenue pour répondre à ce besoin.

Force est de reconnaître qu'en Afrique cette technologie n'a été utilisée qu'à des fins expérimentales mais a donné de bons rendements épuratoires à petite échelle au Cameroun et en grandeur réelle au Sénégal. Cela nous a permis d'estimer les performances épuratoires de cette technique à Ouagadougou après avoir réalisé une campagne de caractérisation qui a conduit au choix des installations à mettre en place.

Mots clés :

1. Assainissement autonome ;
2. Boue de vidange ;
3. Caractérisation
4. Station de traitement ;
5. Lit de séchage planté.

Abstract

According to report of the general population census (RGPH, 2006) the city of Ouagadougou has approximately 1.5 million inhabitants with a growth rate of 7.6%.

With this growth rate and a government's commitment to achieving the Millennium Development Goals (MDGs), there will be an increase of self-purification works which is the most used for the purification of waste water and excreta in urban areas.

The inexistence of system of treatment, set up by the municipal authorities and the other actors, involves the anarchistic deposit of the by-products resulting from this mode of cleansing in the peripheries of the city. What causes enormous public health problems and environmental degradation.

The need for reflecting on techniques of treatments adapted to the context of Ouagadougou as well at the economic level as social is posed. It is in this direction that this study was conducted in order to propose a pathway for treatment of human waste.

It comes out from our study that the installation of a station of treatment by bed of planted drying would be the welcome to meet this need.

Force is to recognize that in Africa this technology was used only at experimental ends but gave good yields purification with small scale to Cameroon and in real size to Senegal.

This allowed us to estimate the purification efficiency of this technique in Ouagadougou after performing a characterization campaign that led to the choice of facilities to implement.

Keys words:

1. Autonomous sanitation;
2. Faecalsludge ;
3. Characterization ;
4. Treatment station ;
5. Planted drying bed.

Liste des abréviations

ANC : Assainissement Non Collectif

BV : Boues de Vidange

CF : Coliformes Fécaux

CT : Coliformes Thermo tolérants

DCO : Demande chimique en oxygène

EAWAG :Institut Fédéral Suisse de Recherche dans le Domaine de l'Eau du domaine des EPF

LSP : Lit de séchage planté

MES : Matières en suspension

MO : Matières Organiques

MS : Matières Sèches

MVS : Matières Volatiles Sèches

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

PED: Pays en développement

PO_4^{3-} : Ortho phosphate

PN-AEPA : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement

RGPH : Recensement général de la population et de l'habitation

SANDEC : Water and Sanitation in Developing Countries (Département de l'Eau et Assainissement dans les pays en développement)

UFC: Unité Formant Colonie

VIP:VentilatedImprovedPit

Table des Matières

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciement.....	ii
Résumé.....	iii
Abstract	iv
Liste des abréviations	v
Table des Matières	vi
Liste des tableaux.....	viii
Liste des illustrations.....	viii
I. Introduction.....	1
1. Contexte	1
2. Problématique.....	1
3. Objectifs de l'étude	2
II. Revue bibliographique	3
1. Les boues de vidanges.....	3
1.1. Définition	3
1.2. Typologie des boues de vidange	3
1.3. Traitements existants	6
1.4. Justification du choix des LSP pour Ouagadougou	11
2. Les lits de séchage plantés	11
2.1. Définition et Principe de fonctionnement	11
2.2. Mécanismes mis en jeu	14
2.3. Gestion des lits de séchage	15
2.4. Performances du traitement des boues de vidange par LSP dans le monde	16
III. Méthodologie	18
1. Recherche documentaire	18
2. Visite de terrain	18
3. Caractérisation des boues de vidange.....	19
3.1. Observations sur le terrain et les entretiens	20
3.2. Echantillonnage.....	20
3.3. Analyse <i>in situ</i>	21

3.4. Analyse au laboratoire	21
3.5. Traitement des données.....	23
IV. Résultats et discussion.....	24
1. Observation sur le terrain et entretien	24
2. Caractéristiques physico-chimique	25
3. Caractéristiques bactériologiques et parasitologiques.....	27
4. Propositions des performances attendues.....	27
V. Proposition de la filière de traitement des boues de vidange	29
1. Conception générale de la station de traitement.....	29
2. Dimensionnement des ouvrages.....	31
2.1. Ouvrage de réception	33
2.2. Dégrilleur	33
2.3. La bâche de stockage	34
2.4. Les LSP	34
VI. Proposition d'étude approfondie	36
VII. Conclusion.....	38
VIII. Bibliographie	39
IX. Annexes.....	41
Annexe 1 : Matériel d'échantillonnage	41
Annexe 2 : Protocole d'analyse des paramètres	41
Annexe 3 :Fiche d'entretien et d'observation.....	44
Annexe 4 : Données prélèvement	45
Annexe 5 : Méthode de quantification des boues de vidanges.....	49
Annexe 6 : Résultats analyse physico-chimique	51
Annexe 7 : Résultats analyse bactérioblogiques et parasitologiques	53

Liste des tableaux

Tableau I: Caractéristiques des BV dans quelques villes.....	5
Tableau II : Les procédés de traitements : Fonctionnement, Avantages et inconvénients.....	7
Tableau III: Exemple de constitution du massif filtrant.....	12
Tableau IV: Variation de la gestion des lits en fonction du climat	16
Tableau V: Quelques performances des LSP dans le monde	16
Tableau VI: Conditions d'analyse microbiologiques	23
Tableau VII: Caractéristiques physico-chimiques des boues de vidanges.....	26
Tableau VIII: Comparaison des paramètres trouvés avec celles d'autres études	26
Tableau IX: Caractéristiques bactériologiques et parasitologiques des BV	27
Tableau X: Comparaison des boues de vidange de Ouaga, Dakar et Cameroun	28
Tableau XI:Quantité de boues vidangées mécaniquement dans la ville de Ouagadougou à l'horizon 2022	32

Liste des illustrations

Illustration 1 : Coupe schématique d'un lit de séchage plantés. (Troesch, 2009) modifié	13
Illustration 2 : Répartition des secteurs de la ville de Ouagadougou par rapport aux sites. (Mahamane, 2011)	19
Illustration 3 : A gauche prélèvement d'un échantillon A droite Remplissage d'un bidon	20
Illustration 4 : Aspect du sol après déversement des BV à gauche, séance de curage à droite	24
Illustration 5: Secteur de provenance des boues de vidanges	25
Illustration 6: Photo de <i>Echinochloa pyramidalis</i>	29
Illustration 7: Schéma globale de la filière de traitement.....	30
Illustration 8: Schéma illustratif des LSP (Lienard A., 1999).....	35

I. Introduction

1. Contexte

Lors du sommet du millénaire tenu en septembre 2000 à New York au siège de l'Organisation des Nations Unies, à travers les OMD, nos dirigeants se sont engagés à œuvrer afin de réduire de moitié au plus tard en 2015, la proportion de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau potable et à un assainissement adéquat.

Le Burkina Faso et ses Partenaires de l'Afrique de l'Ouest, à leur tour, ont entrepris de s'investir concrètement dans l'accompagnement des communes en vue de prendre en compte cette préoccupation à travers la construction de latrines familiales, scolaires, de forages et de bornes fontaines. Muni de son Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA), le Burkina Faso vise, d'ici à 2015, une augmentation du taux d'accès à l'assainissement en milieu urbain de 35% et essentiellement par la construction de latrines.

A Ouagadougou, l'assainissement autonome est la technologie dominante utilisée par la population. Ce mode d'assainissement devrait prendre plus d'ampleur dans le cadre des initiatives prises par l'Etat pour l'atteinte des OMD. Ce qui augmentera la quantité de boues de vidanges produites par ces ouvrages jusque-là déversées de façon anarchiques dans les rues et périphéries de la ville. Elles peuvent pourtant causer de graves nuisances au niveau de l'environnement urbain et de la santé publique (Klingel et *al.* 2002). Pour répondre à cette situation, l'office national de l'eau et de l'assainissement (ONEA) planifie la construction de 2 stations de traitement des boues de vidange (STBV) à Ouagadougou sur financement de l'Agence Française de Développement (AFD).

2. Problématique

Les systèmes individuels d'assainissement induisent de grandes quantités de boues de vidange à gérer. Les populations pour évacuer les sous-produits de leurs fosses font appel à la vidange manuel (pour les moins nantis) ou mécanique. Dans le premier cas, la technique, qui est des plus archaïques, est exécutée par des personnes qui s'en sont fait un métier et qui débarrassent la fosse des boues à l'aide d'une pelle et d'un seau sans, pour la plupart d'entre eux, aucune mesure de protection. Les matières de vidanges sont ensuite transportées vers des champs ou parfois déversées dans les rues ; ce sont les eaux de ruissellement qui les charrieront vers les bas-fonds créant de ce fait d'énormes risques pour la santé publique, des nuisances esthétiques et olfactives. Les camions vidangeurs, quant à eux, polluent l'environnement

desquartiers périphériques et exposent les habitants à de graves maladies telles que le choléra, la typhoïde, la filariose. Les champs aux alentours de Ouagadougou et dans les villages proches restent les réceptacles des boues de vidange. Ce qui présente un danger à cause des germes pathogènes qu'elles contiennent et pour le cultivateur et pour le consommateur.

Ces boues peuvent pourtant être hygiénisées pour empêcher tout risque de contamination ou être valorisé par la transformation par exemple des boues fraîches en biogaz.

C'est ainsi qu'une réflexion a été menée afin de trouver des solutions de traitement, de valorisation de ces ressources que sont les boues de vidanges.

3. Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de proposer une filière de traitement des matières de vidange sur lits de séchage plantés (LSP) de *Echinochloa pyramidalis* à Ouagadougou.

Afin d'atteindre cet objectif, nous nous sommes fixés les objectifs spécifiques suivants :

Objectif spécifique 1 : Caractériser les matières de vidange de Ouagadougou

Cet objectif nous a permis de faire une caractérisation des boues brutes afin d'avoir les caractéristiques des matières de vidange à l'entrée de la station pour le dimensionnement des ouvrages de traitement.

Objectif spécifique 2 : Proposer un schéma de la filière de traitement pour une station de traitement et évaluer les performances attendues du traitement sur la base de la qualité des boues analysées et de la littérature.

Cet objectif nous a permis de déterminer la chaîne d'ouvrages nécessaires au traitement et de dimensionner chaque ouvrage pour la mise en place de la station et de proposer les performances attendues grâce aux résultats déjà obtenus dans la littérature par LSP d'*Echinochloa pyramidalis*

Objectif spécifique 3 : Déterminer les études complémentaires à réaliser

Cet objectif nous a permis d'identifier et de proposer les études complémentaires à réaliser. Le contenu des travaux devra permettre la mise en place effective de la construction de station.

Notre travail s'articulera autour de cinq (5) grandes parties. Les deux premières parties seront consacrées à la revue bibliographique et la méthodologie d'étude. Une présentation des résultats obtenus lors de l'étude et l'analyse de ces résultats sera faite, suivie de la proposition de la filière de traitement. Une dernière partie intitulée proposition d'études complémentaires viendra clore ce document.

II. Revue bibliographique

Le principal objectif de cette partie est de faire l'état de l'art sur le traitement des boues de vidange sur lits de séchage plantés. Il s'agira de répondre essentiellement aux questions suivantes :

- Qu'est-ce qu'une boue de vidange ?
- Quels traitements peut-on y apporter ?
- Quels sont les avantages et les inconvénients des différents traitements ?
- Qu'est-ce qu'un lit de séchage planté ?
- Pourquoi les lits de séchage plantés pour Ouagadougou et quel type de plantes ?

1. Les boues de vidanges

1.1. Définition

Tilleyet *al.*(2009) définissent les boues de vidange (BV) comme étant le terme général pour désigner les boues fraîches (ou partiellement digérées) ou solides résultant du stockage des eaux vannes ou excréta.

Notre étude porte sur les sous-produits d'ouvrage d'assainissement non collectif domestiques et assimilés. C'est à dire les matières provenant de la vidange des puits d'infiltration, des fosses d'aisance (latrines traditionnelles, latrine VIP...) et des fosses septique (toutes eaux ou non).

1.2. Typologie des boues de vidange

Le choix d'une option de traitement des BV dépend principalement des caractéristiques des boues générées dans une ville particulière ainsi que des objectifs de traitement (réutilisation agricole, mise en décharge des biosolides, déversement des liquides traitées dans des cours d'eau récepteurs) (Koné et Strauss., 2004). Cependant, plusieurs études (Kottatep, 1999 ; Montangero A. et *al.*, 2002 ; Kottatep, 2005 ; Kengne, 2006 ; Liénard et *al.*, 2007 ; Troesch, 2009 ; Mahamane, 2011) prouvent que les caractéristiques des BV varient fortement au sein d'une même ville.

Cette variation est essentiellement fonction de :

- Le type d'installation (latrines, fosses septiques)

Le type d'installation influe sur l'état des boues. Les boues des latrines VIP par exemple sont les plus compactes et difficiles à extraire par les camions de vidange. Par contre pour les autres types de latrines où on utilise beaucoup plus d'eau, les boues sont assez liquides et facilement vidangeables;

➤ La fréquence de vidange

Selon le temps de retour des vidanges, les microorganismes disposent d'un temps assez long ou pas pour dégrader dans une bonne proportion les matières organiques insolubles. Les boues de fosses septiques sont biochimiquement plus stables car leur durée de stockage est plus longue que celle des boues de toilettes publiques, vidangées à intervalle de quelques semaines seulement (Koné et Strauss., 2004) ;

➤ La composition des eaux usées recueillies dans la fosse

En fonction de l'emploi fait par les utilisateurs de l'installation, la composition des boues diffère (utilisation de produit chimique pour diminuer les odeurs, rejet d'ordures...). Cela peut avoir un impact sur la filière de traitement à adopter ;

➤ Le mode de vidange

Selon le mode de vidange manuelle ou mécanique, les boues sont respectivement non diluées ou très diluées ;

➤ Le climat

La température joue sur l'activité des micro-organismes.

Le tableau 1 récapitule les caractéristiques des BV de quelques villes.

Tableau : Caractéristiques des BV dans quelques villes.

Paramètres	USEPA (1999)*	Crites & Tchobanoglous (1998)*	Liénard (2004)	Robidoux et al (1998)*	Koottatep et al (2005)	Canler (2010)	Koné et Strauss (2003)		Mahamané (2011)	Koné et Stauss (2004)		Kengne (2006)	Koottatep et al (2005)	Heinss et al (1999)	
Pays (climat)	USA (tempéré)		France (tempéré)		Thaïlande (tropical humide)	France (tempéré)	Ghana	Argentine		Ouagadougou	Accra	Yaoundé	Bangkok	Manila	USA
	min-max	moyenne	Médiane (écartype)	Médiane (min-max)	Moyenne (min-max)	Moyenne (écartype)				moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
DCO (mg/L)	1 500 - 703 000	15 000	15000 (28516)	29500 (1100 – 150000)	15700 (1108 – 76075)	29700 (13400)	7800	4200	11 973	13500	49000	29 900	15700	37000	42000
DBO5 (mg/L)	440 - 78 600	7 000	3735 (6382)	4800 (11 – 80 000)	2 300 (630 - 5 550)	5 800 (5000)	840	(750-2600)	1981	2240	7600		2300	3800	5000
MS (mg/L)	1 132 - 130 475	40 000	17000 (26400)	-	15 350 (2 202 - 67 200)	35 000 (25 000)	12000	-	12 919	19000	52500	33 400	15350	72000	38800
MES (mg/L)	310 - 93 378	15 000	5590 (12176)	-	12 900 (980 - 34 667)	29 000 (23 500)	-	(6000 - 35000)	11084			33400	12900		
MVS	95 - 51 500 mg/L	-	69.9 %MES (10.9)	-	9 250 (840 – 34 667)mg/L	65.3 %MES (14.6)	59 %MS	-	7840				9 250		
NK (mg/L)	66 - 1 060	700	1032 (579)	324 (7-3800)	1 100 (226 – 4 880)	885 (472)	-	190							
NH4+ (mg/L)	97 3 - 116	-	531 (280)	-	-	169 (64)	-	150							
PT (mg/L)	20 - 760	250	209 (396)	88 (1-525)	-	430 (430)	-	-							
pH	1,5-12,6	-	7.2 (0.6)	6,5 (5,0 – 8,4)	7,5 (6,7 - 8,1)	7.1 (0.4)	-	-							
Graisse (mg/L)	5 600 (208 - 23 368)	-	2655 (5285)	1200 (<3 – 15 000)	-	4 500 (-)	-	-							

1.3. Traitements existants

Les technologies utilisées pour le traitement des boues de vidange peuvent être classées en deux catégories : les techniques sophistiquées et les techniques rustiques. 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 techniques sont cependant inadaptées au contexte habituel des pays en voie de développement car très demandeuses en capacités financières et techniques tant au niveau de l'acquisition que de l'exploitation et de la maintenance (Klingel et *al.*, 2002).

Concernant les techniques de traitement à faible coût, les connaissances sur ce type de traitement sont encore limitées car le développement de stratégies adaptées aux conditions des pays en développement (PED) a pendant longtemps porté sur l'accès à l'assainissement sans tenir compte des sous-produits générés de l'ANC. Cependant, il existe un nombre encourageant d'initiatives portant sur les systèmes de traitement appropriés des BV, en particulier dans plusieurs villes d'Afrique occidentale (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Sénégal), d'Asie du Sud-Est (Népal, Thaïlande, Vietnam) et d'Amérique latine (Koné et Strauss., 2004).

Les procédés de traitement ci-dessous cités, ayant été testés et étudiés (sauf la digestion anaérobie) pendant dix ans de recherche sur le terrain sont considérés dans la littérature comme potentiellement appropriés pour les pays en développement (Koné et Strauss., 2004). Ce sont :

- Co-traitement des boues de vidange fraîches avec des eaux usées ou des boues d'épuration
- Digestion anaérobie avec production de biogaz
- Décanteur-digester (réservoir d'Imhoff)
- Bassins de sédimentation/ épaississement
- Etangs de sédimentation/stabilisation
- Lits de séchage
- Lits de séchage plantés

La synthèse de ces options de traitement avec leur principe de fonctionnement, outre les avantages et les inconvénients de chacune d'elle est faite dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau : Les procédés de traitements : Fonctionnement, Avantages et inconvénients

Procédé de traitement	Principe de fonctionnement	Quand utiliser ce système?	Avantages	Inconvénients
Co-traitement des boues de vidange fraîches avec des eaux usées ou des boues d'épuration	Les BV sont mélangées avec les eaux usées avant le traitement ou avec les boues d'épuration avant le traitement des boues (s'il s'agit d'une STEP à boues activées)	La seule condition est l'existence d'une station d'épuration en place ou en projet. La STEP doit avoir des capacités suffisantes pour l'accueil supplémentaire des boues de vidange.	Le co-traitement peut s'avérer économiquement rentable. Les BV peuvent être traitées avec des techniques d'épuration fiables une fois diluées avec les eaux usées.	La valorisation agricole peut être interdite dû aux fortes charges en polluants chimiques des EU ou boues d'épuration et causée ainsi un gaspillage de la ressource BV.
Digestion anaérobie avec production de biogaz	Les BV riches en matière organique biodégradable subissent une digestion anaérobie soit seules soit mélangées à du fumier animal ou des résidus végétaux. Le méthane produit lors de la digestion est récupéré et peut être utilisé pour la cuisson ou pour la production d'électricité pour l'éclairage.	Option intéressante s'il existe un potentiel d'écoulement du biogaz. Seules les BV fraîches (issues de toilettes publiques par ex.) peuvent être utilisées. Le mélange avec du fumier animal ou des résidus végétaux est un moyen d'accroître la teneur en matières sèches et en matière organique fermentable.	Production de combustible et de revenus. Stabilisation des boues fraîches. Faible emprise au sol.	Etape supplémentaire dans la chaîne de traitement. La décantation dans le digesteur est incomplète, demandant un traitement plus poussé du surnageant que ceux des autres types de traitement primaire. L'équipement et son exploitation demandent des moyens assez considérables. L'évacuation des sédiments épaissis peut être difficile.
Décanteur-digesteur (réservoir d'Imhoff)	permet une décantation des solides qui viennent s'accumuler au fond du cône et se stabilisent par digestion tout en s'épaississant. La forme conique de la partie inférieure favorise	Le décanteur-digesteur peut être utilisé pour des BV insuffisamment stabilisées. Il peut être utilisé quand les conditions ne sont pas favorables au fonctionnement d'un digesteur avec production de biogaz et quand le site	Décantation et digestion en une seule étape. Faible emprise au sol	Equipement onéreux. Risque d'obturation de la conduite de soutirage des boues par des boues trop épaissies suite à une mauvaise fréquence du

	l'évacuation des bulles de gaz de digestion anaérobie pour qu'elles ne perturbent pas le processus de décantation. Les boues digérées sont soutirées régulièrement par pompage ou par pression hydrostatique pour traitement ultérieur. Le surnageant clarifié doit généralement subir un traitement supplémentaire.	n'offre pas suffisamment d'espace pour des étangs de stabilisation.		soutirage.
Bassins de sédimentation/épaississement	ils permettent une sédimentation des matières décan tables et livrent un surnageant clarifié pouvant être traité ultérieurement. Les boues accumulées au fond des bassins sont retirées de façon périodique à l'aide de conduites de soutirage.	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. 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.	Système simple et fiable. Faible emprise au sol	Ne convient pas au traitement des BV fraîches
Etangs de sédimentation/stabilisation	Les étangs de sédimentation sont basés sur le même principe que les bassins de sédimentation. Les étangs sont cependant plus étendus et les solides décantés en sont retirés à intervalles plus prolongés. Etant donné leur grand volume et leur grande durée de rétention, ils offrent un bon potentiel de stabilisation pour les	Les étangs de sédimentation/stabilisation peuvent servir au traitement primaire des BV lorsque la station dispose de suffisamment d'espace. Ce type de dispositif convient aux BV fraîches et constitue souvent la première cellule d'un système de lagunage composé d'une série de bassins de stabilisation	Dispositif rustique, bon marché et simple d'exploitation. Fournit une meilleure décantation que les bassins de sédimentation. Potentiel de stabilisation	Forte demande en espace.

	boues fraîches. Les solides décantés sont retirés après évacuation de la colonne de liquide et respect d'une période de séchage. Tant les liquides que les solides décantés nécessitent un traitement ultérieur			
Lits de séchage	Les lits de séchage sont constitués d'un filtre à gravier/sable équipé d'un système de drainage. Les BV brutes ou pré-épaissies sont chargées sur le lit et l'eau qu'elles contiennent s'évacue dans sa majorité par percolation à travers le filtre, le reste par évaporation.	Les lits de séchage peuvent être utilisés en première ou en deuxième étape de traitement pour la déshydratation des boues décantées issues de systèmes de sédimentation. Les lits de séchage ne peuvent accueillir les BV fraîches non diluées (mauvaise déshydratation, odeurs).	Faible teneur en eau des boues séchées et assez bonne qualité des percolats (par rapport aux surnageants des systèmes de sédimentation). Technologie bien maîtrisée et d'une grande fiabilité	Les boues ne sont pas hygiénisées (contrairement aux lits plantés)
Lits de séchage plantés	Les lits plantés à écoulement vertical sont des lits de séchage à filtre de sable et de graviers drainé dans lesquels croissent des plantes marécageuses. Les boues sont chargées sur les lits puis déshydratées aussi bien par percolation à travers le filtre que par évapotranspiration à travers les végétaux. Les boues séchées ne doivent être évacuées qu'au bout de quelques années. Cela favorise leur minéralisation et l'élimination naturelle des pathogènes.	Les lits de séchage plantés sont préconisés lorsqu'une valorisation agricole est envisagée.	➤ une bonne adaptation pour les petites collectivités; ➤ une bonne intégration paysagère ; ➤ une absence de gestion contraignante des boues primaires; ➤ une faible teneur en eau des boues séchées et une assez bonne qualité des percolats (par rapport aux surnageant des systèmes de sédimentation); ➤ une importante élimination de l'azote par nitrification; ➤ un maintien de la perméabilité par les végétaux;	➤ le faucardage annuel ou pluriannuel; ➤ la régularité de l'alternance de l'alimentation; ➤ On ne dispose pour le moment que de l'expérience livrée par les stations pilotes ;

		➤ une atténuation des odeurs; ➤ des faibles coûts d'exploitation et d'entretien par rapport aux systèmes conventionnels d'épuration (boues activées, lits bactériens); ➤ les boues sont hygiénisées ; ➤ Les boues déshydratées peuvent être utilisées pour l'agriculture sans aucun autre traitement. ➤ La qualité des percolats est meilleure qu'avec les autres techniques de traitement	
--	--	--	--

1.4. Justification du choix des LSP pour Ouagadougou

D'après le tableau 2, le traitement par lit de séchage pourrait être utilisé mais il présente quelques inconvénients qui pourraient être palliés par l'utilisation des plantes afin d'obtenir de meilleures performances. Bien que le traitement des BV par LSP n'ait été testé en majorité que sur des installations pilotes, dans les PED, les performances épuratoires du système (comme nous le verrons au paragraphe 2.4) ont été démontrées par plusieurs auteurs. La qualité des boues obtenues par ce traitement permet l'utilisation directe des boues déshydratées en agriculture sans traitement supplémentaire. De plus, les plantes pourraient aussi être valorisées. En effet, les quantités de fourrage vendues à Ouagadougou sont insuffisantes au regard de la demande. On constate une indisponibilité importante du fourrage durant la période sèche. La mise en place d'un traitement par filtre plantés d'espèces fourragères à Ouagadougou pourrait palier à ce manque (Some, 2010). De ce même auteur ressort le choix de l'espèce *Echinochloa pyramidalis* comme une des plantes à fort potentiel fourrager qui pourrait être utilisée sur la station.

Ainsi, le traitement par lit de séchage planté d'*Echinochloa pyramidalis* est celui qui paraît mieux s'adapter au contexte du Burkina Faso dont le principal secteur d'activité est l'agriculture suivi de l'élevage. Ce procédé permettrait :

- Le traitement des boues de vidanges;
- La diminution des maladies liées au péril fécal ;
- L'obtention d'amendement de qualité pour les agriculteurs ;
- L'augmentation de revenu des vendeurs de fourrage durant la saison sèche ;
- La création d'emploi sur la station.

2. Les lits de séchage plantés

2.1. Définition et Principe de fonctionnement

En rappel, un lit de séchage planté est un massif filtrant, où sont repiquées des plantes marécageuses (semi-aquatiques), destiné à recevoir des boues. Le massif filtrant est constitué de différentes couches de matériaux de granulométrie croissante de la surface du lit vers le fond (Tableau 3). Les matériaux rencontrés dans la littérature sont en général le sable, le gravier fin et/grossier, les gravillons, les galets.

Tableau : Exemple de constitution du massif filtrant

Références	Constitution du massif filtrant de haut en bas	Epaisseur (cm)
Paing et Voisin (2005)	Gravier fin (2-8 mm)	50
	Gravier (10-20 mm)	20
	Galet 20-40 mm	20
Troesch S., 2009	Sable ou compost	5-10
	Gravier 2-6mm	20
	Gravier 15-25mm	10
	Galets 30-60mm	20
Kengne 2006	Sable	15
	Gravier fin	20
	Gravier grossier	30
Kootatep et al.(2005)	Sable fin (1 mm)	10
	Gravier (25mm)	15
	Galet (50 mm)	40
Alain Liénard et al (2005)	Amendement organique de type « compost vert	10
	Couche de gravillon (3-6 mm)	25-30
	Couche de transition (utilisation d'une géo grille)	10
	Couche de galets (de 15/30 mm à 30/60 mm)	15

Le système permet la déshydratation des boues aussi bien par percolation à travers le massif filtrant que par évapotranspiration par le biais des végétaux.

La figure.1 présente un schéma illustratif d'un lit de séchage planté.

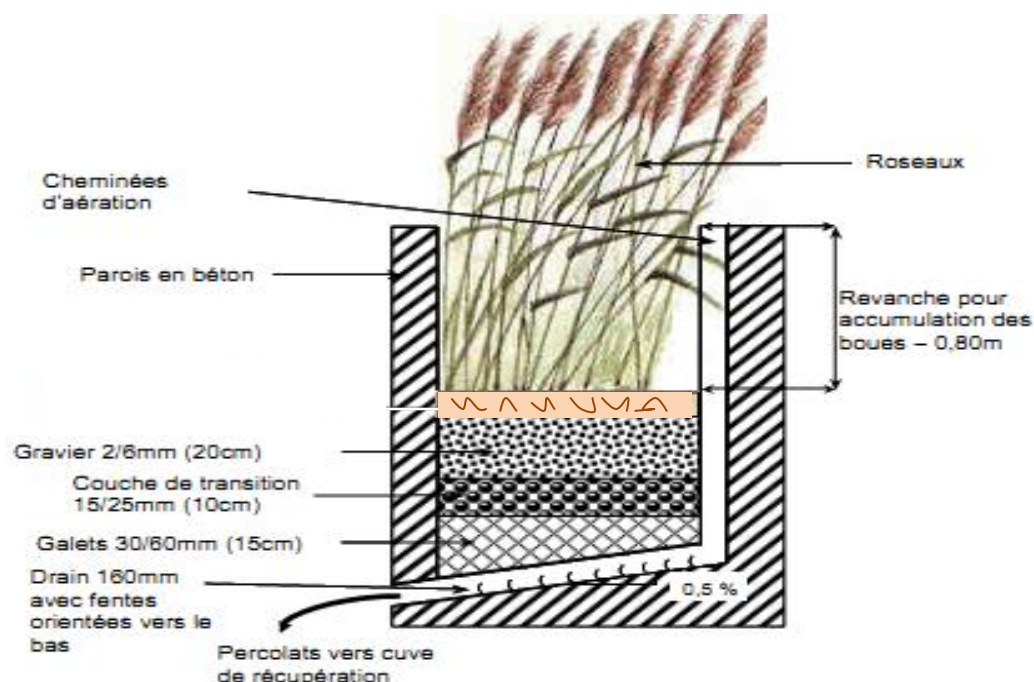


Illustration : Coupe schématique d'un lit de séchage plantés. (Troesch, 2009) modifié

Le principe de fonctionnement des lits de séchage repose sur l'existence en permanence autour de chaque tige de macrophyte, un anneau libre pour le passage de l'eau interstitielle des boues, pendant que les matières en suspension (MES) sont retenues à la surface. Celles-ci seront par la suite déshydratées par évapotranspiration grâce aux plantes (leur système racinaire crée une structure poreuse dans les filtres et permet de maintenir leur capacité à déshydrater les boues) tandis que l'eau interstitielle percole à l'intérieur du filtre pour être récupérée à la base du système dans un ouvrage adapté (Lienard, 1999). Cependant, pour permettre cette dessiccation, il faut maintenir des conditions aérobies par la mise en contact des couches drainantes avec l'atmosphère via des cheminées d'aération. Ces conditions sont également propices à la minéralisation et à la stabilisation de la matière organique accumulée (Lienard, 1995).

La fraction solide des boues ne sera évacuée qu'au bout de quelques années, après un temps minimal (quelques mois) sans apport de boues fraîches. Temps au bout duquel la minéralisation et l'élimination naturelle des pathogènes sera effective, ce qui permettra l'utilisation des résidus séchés pour l'agriculture.

Quant à la fraction liquide, malgré la meilleure qualité par rapport aux autres techniques recommandées pour les PED, elle devra subir un traitement avant d'être réutilisée ou rejetée dans la nature selon les normes de rejet en vigueur.

Le bon fonctionnement du procédé repose sur un développement dense des macrophytes, afin de permettre l'écoulement permanent et en tous points dans le litet d'obtenir une bonne déshydratation par évapotranspiration.

La filtration desMES est assurée par la mise en place de matériaux de granulométrie adaptée pour retenir le maximum de matière organique à la surface des lits et éviter une pénétration excessive de particules au sein même du massif filtrant

2.2. Mécanismes mis en jeu

Les mécanismes mis en jeu dans ce procédé sont essentiellement : la filtration, la déshydratation et la minéralisation(Troesch, 2009).

La filtration

La filtration des MES est assurée par la mise en place de matériaux de granulométrie adaptée pour retenir le maximum de matière organique à la surface des lits et éviter une pénétration excessive de particules au sein même du massif filtrant notamment lors des premières alimentations. Le rôle des végétaux dans la filtration consiste principalement au maintien d'une porosité du résiduel de boue accumulé de par son action mécanique et par son action liée à l'évapotranspiration permettant la dessiccation du dépôt de boue accumulée et donc de son craquèlement(Troesch, 2009).

Une fois que la couche de boue résiduelle sera accumulée en surface du filtre celle-ci assurera, par la suite, le rôle de matrice de filtration dont le colmatage est prévenu par la présence de végétaux.

La déshydratation

La déshydratation consiste idéalement en la percolation de l'eau interstitielle libre contenue dans la boue qui est complété par l'évapotranspiration et par les pertes dues à la minéralisation.

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'impacter ces phénomènes et concernent la qualité du produit à traiter, de l'efficacité de son drainage conditionnée par les caractéristiques physico-chimique du dépôt de matière organique accumulé et de sa porosité maintenue par les végétaux, et enfin du séchage complémentaire permis par l'évapotranspiration des roseaux(Troesch, 2009).

La minéralisation

Il importe que la dégradation de la matière organique présente dans le stock de boue soit aussi aérobie que possible pour permettre la minéralisation de celle-ci par les micro-organismes et assurer des conditions favorables à la croissance des végétaux.

Les processus et cinétiques de dégradation de la matière organique propres aux conditions rencontrées sur les lits de séchage plantés de végétaux sont peu connus et mal quantifiés. Ainsi, le dimensionnement de ce type de procédé ne prend actuellement que peu en compte la dynamique de minéralisation des boues et reste encore empirique vis à vis des performances de siccité à atteindre pour un flux de boues à traiter donné, tout en maintenant une couverture végétale dense (Troesch, 2009).

2.3. Gestion des lits de séchage

Une gestion des lits consistant à l'alternance des périodes d'alimentation et de repos est aussi indispensable pour une pérennité du système. Car un apport excessif provoque un passage en anaérobie conduisant ainsi au colmatage et à une mauvaise déshydratation.

Le maintien des mécanismes tels que la filtration, le drainage et la minéralisation sont impératif pour une bonne gestion du système. Il faut donc s'assurer de :

- La croissance optimale des macrophytes ;
- Une bonne aération du massif filtrant.

Comme le présente le tableau IV, la gestion des LSP varie selon le contexte climatique. L'augmentation du nombre de lit permettant une phase de repos optimale tout en continuant la réception des boues dans la station est aussi un paramètre important.

Tableau : Variation de la gestion des lits en fonction du climat

Auteur / pays d'expérimentation	Plantes utilisées	Gestion
Paing & Voisin (2005) / France	<i>Phragmites australis</i>	46 kg de MS/m ² .an 1 semaine / 5 semaines
Kottatep et al. (2005) / Thaïlande	<i>Typha augustifolia</i>	80 à 500 kg de MS/m ² .an 1 à 2 jours / 6 à 13 jours
Kengne (2006) / Cameroun	<i>Echinochloa pyramidalis</i> et <i>Cyperus papyrus</i>	100, 200 et 300 kg de MS/m ² .an 1-2 jours / 5-6 jours selon la saison
Troesch (2009) / France	<i>Phragmites australis</i>	25 à 50 kg de MS/m ² .an 39, 64 et 93 kg de MS/m ² .an
Vincent et al. (2011) / France		5 jours / 23 jours

Il ressort clairement que dans les pays tropicaux les charges apportées sont nettement plus importantes que celle des pays tempérées. Par contre, les cycles de gestions préconisés sont courts dans les pays chauds (1 à 2 semaines) et relativement long dans les pays plus froids (4 à 6 semaines).

2.4. Performances du traitement des boues de vidange par LSP dans le monde

La technique de traitement des boues de vidange par lit de séchage planté est encore très peu connue et les connaissances sur la question limitées. Cependant, des essais de traitement des boues sur station pilote (parfois expérimentale) à filtres plantés sont pratiqués dans quelques installations en Europe et en Amérique (Koné et Strauss, 2003; Kottatep et al. 2004) mais aussi dans quelques pays en Afrique (Afrique du Sud, Botswana, Cameroun, Ghana, Bénin, Sénégal).

Le tableau ci-dessous présente quelques performances de cette technologie dans le monde.

Tableau : Quelques performances des LSP dans le monde

Pays/Auteurs	Charges appliquées	Performances	Macrophytes utilisés
France / Molle, 2003; Molle, A. Liénard et al. 2004)	70 (kgMS/m ² /an)	85%MS; 70%DCO; 79% NTK; 42% N-NH ₄ ⁺	<i>Phragmites Australis</i>
USA (Schaafsm Baldwin et al. 2000)	9,8-65 (kgMS/m ² /an)	95%DCO; 99%MES; 90% NTK; 42% N-NH ₄ ⁺	<i>Phragmites Australis</i>

Thaïlande (Koottatep, Surinkul et al.2005)	250 (kgMS/m ² /an)	74-86%MS; 78-99%DCO; 70-99%NTK; 50-99%NH ₃	<i>Typha Latifolia</i>
Cameroun (Kengne, al.2006)	100-300 (kgMS/m ² /an)	78% N-NH ₄ ⁺ ; 88%MS; 92%MES; 98%DCO;	<i>EchinochloapyramidalisCyperus papyrus</i>
Sénégal (Abiola 2009)	13-283 (kgMS/m ² /an)	97%MS; 99%MES; 100%MVS; 99%DCO; 91% N-NH ₄ ⁺ ; 97%PO ₄ ³⁻	<i>Echinochloapyramidalis</i>
Pologne (Obarska-pempkowiak, 2003)	—	Boue résiduel après 6ans: 94,6% (réduction du volume), 43-65% (humidité)	<i>Phragmites Australis</i>

Source : Kengne, 2006 (Modifié)

III. Méthodologie

Une méthodologie de travail a été élaborée en vue de l'atteinte de nos objectifs. Elle a consisté à :

- Une recherche documentaire ;
- Une visite de terrain ;
- Une caractérisation des boues de vidanges ;
- Une analyse des résultats issus des 3 précédents points.

1. Recherche documentaire

Pour mieux comprendre le sujet une collecte et une lecture de documents (thèses, publications scientifiques et d'ingénierie, mémoires,...) ayant trait au sujet a été faite. Cela a permis de nous imprégner du sujet et de mieux appréhender la problématique du traitement des boues de vidanges, de connaître les différents traitements existants et les études déjà menées sur le traitement par LSP.

2. Visite de terrain

D'après les travaux de Mahamane (2011) sur la caractérisation des boues de vidanges de Ouagadougou, comparativement aux autres sites, le site de dépotage de Kossodo est celui recevant les BV d'un nombre plus important de secteurs de la ville de Ouagadougou. (Carte.1). De ce fait et vu qu'une des stations de traitement sera implantée à Kossodo, nous avons décidé de nous limiter à ce site pour faire les prélèvements nécessaires à la caractérisation des BV.

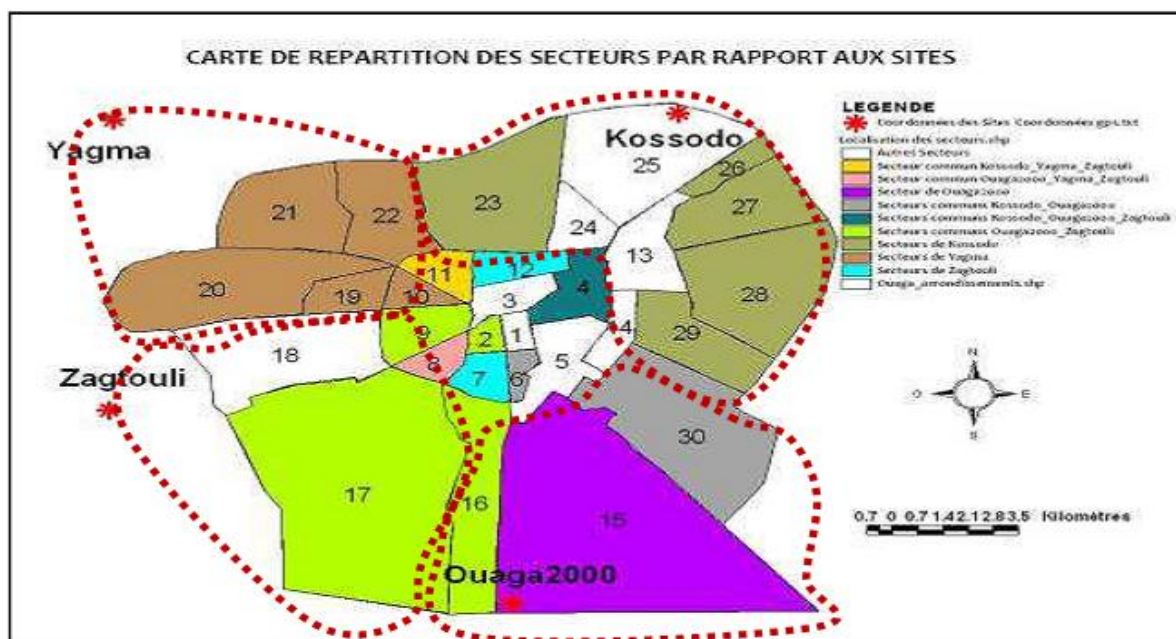


Illustration : Répartition des secteurs de la ville de Ouagadougou par rapport aux sites. (Mahamane, 2011)

Une visite de terrain sur le site a été effectuée au préalable afin de repérer les lieux de déversement des BV et les voies d'accès. La journée consacrée à cette visite a aussi servi à observer la manière dont les vidangeurs procèdent pour le dépotage des ressources que sont les BV. Cela a permis de mieux nous préparer pour les prélèvements (matériel à utiliser et d'affiner la fiche d'entretien).

3. Caractérisation des boues de vidange

Avant de concevoir les dispositifs de traitement des BV, il est essentiel de disposer des informations sur les caractéristiques des boues. Etant donné la forte variabilité des caractéristiques des BV au sein d'une même ville, on ne peut se servir des seules données de la littérature pour estimer les paramètres de dimensionnement (Klingelet *al.*, 2002). Une campagne de caractérisation s'avère donc nécessaire.

Les données d'analyse seront complétées avec celles obtenues par Mahamane (2011) pour la proposition de la filière de traitement.

La méthodologie utilisée pour la caractérisation repose sur :

- Les observations directes faites sur le terrain ;
- Les entretiens avec les vidangeurs ;
- L'échantillonnage des BV ;
- Les analyses *in situ* ;
- Les analyses au laboratoire.

3.1. Observations sur le terrain et les entretiens

Les observations sur le terrain ont permis de voir les habitudes des vidangeurs, la fréquence d'arrivée des camions sur le site, l'aspect physique des BV afin de prévoir les ouvrages appropriés.

L'entretien avait pour but de connaître les volumes des camions, les zones de provenance des boues et les types d'ouvrages vidangés.

3.2. Echantillonnage

Pour la caractérisation des boues de vidanges nous avons fait les analyses sur des échantillons de boues prélevés sur le site de décharge de Kossodo.

Le manuel de gestion des BV dans les pays en développement élaboré par l'EAWAG/SANDEC (2002) conseille de prélever au moins 30 échantillons ou environ 50 échantillons pour des résultats significatifs. Nous avons donc prélevé 34 échantillons.

A chaque sortie sur le terrain, des prélèvements ont été faits sur trois camions différents ou plus à raison de trois flacons par camion.

Les prélèvements se faisaient au moment du déchargement des camions de vidange. Les boues ont été prélevées dans des flacons au début du déchargement (0,5l), lorsque la citerne était à moitié vide (1l) et juste avant la fin du déchargement (0,5l) comme préconisé par Klingel et *al.* (2002).



Illustration : A gauche prélèvement d'un échantillon A droite Remplissage d'un bidon

Après chaque prélèvement, les flacons de boues de vidange étaient conditionnés à basse température dans une glacière et transportés au laboratoire de dépollution des eaux usées (LEDES) sur le site de 2iE de Ouagadougou.

Le mélange des boues provenant du même camion recueilli se faisait une fois au laboratoire dans un récipient afin d'en extraire l'échantillon composite sur lequel s'est fait les analyses. Cette méthode nous permet d'analyser des boues correspondant à celles arrivant en station.

Le matériel utilisé pour l'échantillonnage est composé de matériel de prélèvement, de conservation et de protection (Annexe 2).

3.3. Analyse *in situ*

Les paramètres suivants ont été mesurés sur le terrain juste après le prélèvement des échantillons à l'aide d'un multi mètre :

➤ pH

C'est le logarithme décimal négatif de la concentration d'ion hydrogène en gramme d'atome par litre. La valeur du pH, comprise entre 0 et 14, détermine l'acidité ou l'alcalinité de la solution (pH < 7 : solution acide ; pH > 7 : solution basique ; pH = 7 : solution neutre). Il a une grande influence aussi bien sur le développement des microorganismes que sur le processus chimique ;

➤ Conductivité

La conductivité électrique est la capacité des ions à conduire le courant électrique dans une solution. Le courant est conduit par la matière inorganique dissoute et les cations. Sa mesure a été faite dans l'objectif d'avoir une idée des ions contenus dans les boues brutes. Elle est exprimée en mS/cm.

3.4. Analyse au laboratoire

Au laboratoire les paramètres physico-chimiques (DCO, MES, MS, MVS, Orthophosphate), bactériologiques (*E.Coli*, CT) et parasitologiques (œufs d'helminthes) ont été analysés. Les protocoles d'analyses du 2iE ont été utilisés.

➤ La DCO

Elle indique le degré de pollution, donne une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas dégradables et exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader les matières organiques présentes dans les boues de vidange. Nous l'avons déterminée après oxydation chimique en milieu acide sulfurique fort par un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) pendant deux heures. Ensuite la lecture a été faite avec le Spectrophotomètre DR 2000 HACH ;

➤ Les MES

Ce paramètre permet de quantifier les particules organiques et/ou minérales présentes dans les eaux usées ou naturelles. Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de divers débris.

Les MES ont été déterminées après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 1h. Nous les avons isolées au préalable par filtration sur membrane GFC. La concentration a été obtenue en utilisant la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (M_1 - M_0) \cdot 1000 / V$$

M₀ : Masse du filtre avant utilisation en mg

M₁ : Masse du filtre après utilisation en mg

V : Volume d'échantillon utilisé en mL

➤ **Les MS**

C'est le paramètre de dimensionnement généralement utilisé pour la conception des STBV. Elles représentent à la fois les MES et la matière dissoute (sels minéraux + matière organique dissoute dans le liquide). La concentration en MS s'obtient après avoir fait sécher 50ml de l'échantillon liquide à 105 °C pendant 24h, sans séparer préalablement les particules qu'il contient. La formule suivante a été utilisée :

$$\text{MS (mg/l)} = (P_2 - P_1) \cdot 1000000 / V$$

P₁ : Masse de la porcelaine à vide en g

P₂ : Masse de la porcelaine après passage à l'étuve à 105°C pendant 24h en g

V : Volume de l'échantillon en ml

➤ **Les MVS**

Elles indiquent le degré de stabilisation des boues et la nécessité éventuelle d'une digestion supplémentaire (EAWAG/SANDEC, 2002). Ce paramètre s'obtient à partir des MS par la formule :

$$\text{MVS (mg/l)} = (P_2 - P_3) \cdot 1000000 / V$$

P₂ : Masse de la porcelaine après passage à l'étuve pendant 24h en g

P₃ : Masse de la porcelaine après passage au four à 505°C pendant 3h

V : Volume de l'échantillon en ml

➤ **Les Orthophosphates**

C'est la forme minérale dissoute prépondérante du phosphore sous laquelle il se trouve dans les effluents. Ils proviennent du métabolisme humain et des produits lessiviels et de nettoyage. La mesure a été faite en utilisant la méthode Phos Ver 3 avec le réactif Phos Ver 3 et la lecture au spectrophotomètre DR 2000 HACH.

L'analyse des paramètres bactériologiques permet de quantifier la teneur en pathogènes des BV.

➤ **Les *E.Coli*, les Coliformes Thermo tolérants et les Streptocoques**

Afin de quantifier les bactéries présentes dans les MV, elles ont été mises en contact avec un milieu de culture qui après une durée de 10 à 15mn forme une pâte gélatineuse sur la boîte de pétri dans laquelle nous avonsensemencé les échantillons. L'incubation s'est ensuite déroulée dans l'enceinte d'un incubateur Memmert 37°C pour les entérocoques et un autre de 44°C pour les *E. Coli* et coliformes thermo tolérants. Il suffira ensuite de compter le nombre de colonies, et connaissant le volume de l'aliquote (en général 1 ml sur une boîte), on en déduira la quantité approximative de bactéries dans le milieu (on considère qu'1 UFC correspond à 1 bactérie).

Les conditions d'analyses sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau : Conditions d'analyse microbiologiques

Germes	Milieu de culture	Mode d'ensemencement	Température et durée d'incubation	Colonies Caractéristiques
<i>E.Coli</i>	Chromocult Agar	Etalement surface en	44°C en 24h	Rose ou rouge
CT	Chromocult Agar	Etalement surface en	44°C en 24h	bleu ou bleu violacée
Streptocoques	Slanetz et Bartley	Etalement surface en	37°C en 48h	Rouge rose ou marron

Les parasites sont généralement rencontrés dans les vidanges d'origines fécales, mais le type et la concentration des parasites varient en fonction du niveau d'infection observé au sein d'une population donnée. L'analyse des paramètres parasitologiques repose sur le dénombrement des **œufs d'helminthes** car ce sont les plus représentatifs et les plus faciles à détecter des parasites résistants. Le protocole d'analyse et le mode opératoire du dénombrement est décrit en annexe.

3.5. **Traitement des données.**

Le traitement des données qualitatives a été fait manuellement. L'ensemble des données quantitatives collectées et mesurées ont été contrôlées et dépouillées à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2010.

IV. Résultats et discussion

1. Observation sur le terrain et entretien

Lors des observations nous avons remarqué que les camions viennent quelque fois par nombre de 2 à 3 sur le site de dépotage et que le temps de vidange est d'environ 10mn. Nous avons ainsi pu évaluer le débit moyen de vidange à 20l/s et constater que les BV contiennent des matières plastiques et déchets divers. Ces derniers bouchent quelques fois la vanne de refoulement.

Vu que les camions arrivent sur le site par deux ou trois, il faudra prévoir sur la station de traitement des boues de vidange (STBV) un dispositif qui permettra aux camions de faire la vidange simultanément afin d'éviter aux prestataires de perdre du temps dans une longue file.

L'entretien avec les vidangeurs a révélé que la fréquence de dépotage par jour varie de 1 à 2 allant même jusqu'à 7 en bonne période.

L'intérieur des camions est débarrassé des matières décantées lors du transport des BV après deux ou trois semaines (en fonction du nombre de vidange effectué). Ces matières sont formées de petits grains de sable et ont une couleur noirâtre. D'après les vidangeurs, « ce sable » constitue un bon amendement pour les champs. Une aire de curage et de stockage des matières provenant du curage des camions devra donc être prévue.



Illustration : Aspect du sol après déversement des BV à gauche, séance de curage à droite

L'analyse des fiches d'enquêtes montre que l'essentiel des boues vidangées proviennent d'ouvrages d'assainissement autonomes domestiques et assimilés (fosse septiques, latrines, puits d'infiltration). Cependant, quelques vidangeurs affirment avoir curé (fosses) des eaux provenant de petites industries agro-alimentaires (fabrication de yaourt et eau de la semoule de manioc).

Pour des raisons économiques et grâce à leur volume, les camions vidangent deux ou trois ouvrages avant le dépotage au site. Le produit final est un mélange assez liquide constitué, en général, de boues de fosse septiques et de latrines familiales. Ce qui permettra d'envoyer les boues directement sur les lits sans dilutions avec des eaux usées (cas où les boues sont fraîches). Il faudra au préalable placer un dégrilleur pour arrêter les particules grossières contenu dans les boues et un second dégrilleur pour recueillir les déchets plus fins.

Les boues proviennent des secteurs proches du site de Kossodo : secteurs 13 et 4 (Centre-ville) et les secteurs 23, 26, 27, 28, 29 et 30 avec une prédominance du secteur 28.

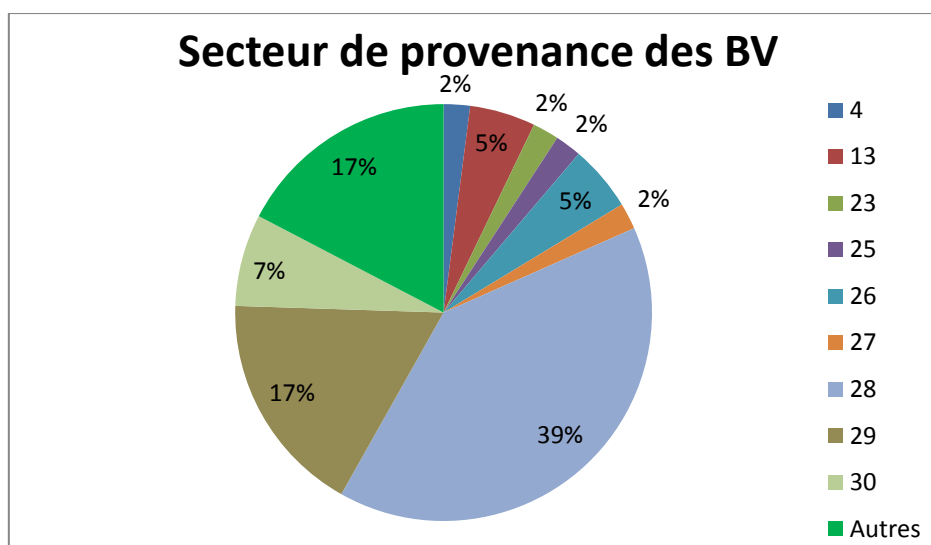


Illustration : Secteur de provenance des boues de vidanges

Le site de Kossodo est le plus proche des secteurs de provenance des BV. Cela montre que le choix d'un site pour la construction d'une STBV devra être fait sur la base d'une distance minimale optimale par rapport aux secteurs (cette distance pourra être déterminée grâce aux systèmes d'information géographiques). L'attribution du site aux différents secteurs pourra être faite ensuite. Tout cela dans le but de permettre aux sociétés de faire du profit et d'éviter ainsi le déversement dans la nature des BV. Bien évidemment la construction de deux STBV est insuffisante pour toute la capitale.

2. Caractéristiques physico-chimiques

Tous les échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire. Le tableau 5 présente les résultats sur les caractéristiques physico-chimiques des boues de vidanges.

Tableau : Caractéristiques physico-chimiques des boues de vidanges

Paramètre	Nombre d'échantillon	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
pH	32	8,28	7,38	9,7	0,33
Conductivité	32	205	158	245	17,93
DCO (mg/l)	34	6930	460	24500	5800
PO₄³⁻ (mg/l)	34	166	43	780	152
MES (mg/l)	34	5492	290	21660	5262
MS (mg/l)	34	8608	946	23314	5897
MVS (mg/l)	34	4996	422	17098	3932

Ce tableau montre des variations assez élevées des paramètres analysés. Les concentrations moyennes des paramètres sont respectivement pour la DCO, les MES, les MS et les MVS de 6930mg/l, 5492mg/l, 8608mg/l et 4996mg/l. Environ 91% des matières en suspension sont sous forme organique. Les boues sont basiques (pH= 8,28).

La forte variabilité des caractéristiques physico-chimiques des boues est liée principalement à la durée de stockage des boues dans les installations, le type d'installation, le mode de vidange et la pratique des utilisateurs.

La valeur moyenne de la quantité de MS trouvée est 8608mg/l nous servira à faire le dimensionnement. Le tableau suivant fait une comparaison des paramètres trouvés avec celle d'études précédentes faite à Ouagadougou à Dakar et au Cameroun.

Tableau : Comparaison des paramètres trouvés avec celles d'autres études

Paramètre	Cette étude Ouagadougou	Mahamane (2011) Ouagadougou	Koné et Stauss(2004) Ouagadougou	Dème et al (2009) Dakar	Kengne, (2006) Cameroun
pH	8,28			7,3	7,5
Conductivité	205				220
DCO (mg/l)	6930	11973	13500	3853	29700
PO₄³⁻ (mg/l)	166				
MES (mg/l)	5492	11084		2130	33400
MS (mg/l)	8608	12919	19000	3488	29000
MVS (mg/l)	4996	7840		1571	19800

Le tableau montre que les valeurs des MS, la DCO, et les MVS trouvés semblent inférieures à celles trouvées par Mahamane (2011). Cela peut s'expliquer par le fait que les méthodes utilisées, le nombre d'échantillons et les périodes de caractérisation ne sont pas les mêmes. De plus, la caractérisation faite par ce même auteur portait sur plusieurs sites, alors que les paramètres varient au sein d'une même ville. Mais il faudrait une analyse statistique pour

conclure que les valeurs sont différentes. Par contre, nos valeurs sont supérieures comparées à celles trouvées à Dakar. Cette faible charge des boues est probablement due au long séjour des boues dans les fosses septiques, à l'intrusion de la nappe (Koné et al 2009). Kengne(2006) trouve des valeurs élevées par rapport aux nôtres ; ce qui se justifie par le fait que les boues de vidange de la ville de Yaoundé contiennent des fortes charges polluantes.

3. Caractéristiques bactériologiques et parasitologiques

Les résultats des analyses bactériologiques et parasitologiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau : Caractéristiques bactériologiques et parasitologiques des BV

Indicateur	Nombre d'échantillon	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<i>E.Coli</i> (UFC/ml)	34	2219	100	7600	1796
Coliformes Thermotolérants (UFC/ml)	34	3016	300	8200	2037
Streptocoques (UFC/ml)	34	2388	100	7900	2177
Œufs d'helminthes (œufs/l)	16	77	0	568	141

On observe des valeurs de coliformes thermo tolérants de 3016 UFC/ml, des streptocoques de 2388 UFC/ml et les *E. Coli* de 2219 UFC/ml.

Les types d'œufs rencontrés sont essentiellement les ascaris (dans 6 échantillons), les ankylostomes et les schistosomes. On retrouve plus les ascaris parce que ce sont les plus résistants. Le nombre des œufs d'helminthes n'est pas très élevé parce que les boues sont très diluées. Cela peut s'expliquer aussi par le fait que la durée de vie des œufs est de 6mois alors que la fréquence de vidange des fosses peut aller jusqu'à 3ans.

4. Propositions des performances attendues

Le traitement des boues de vidange sur lit de séchage planté d'*Echinochloa* a donné de bons rendements épuratoires avec des taux d'abattement de 78 % pour le NH_4^+ , 88 % pour les MS, 92 % pour les MEST et 98 % pour la DCO (Kengné, 2006). Ces bons résultats obtenus à petite échelle au Cameroun ont été confirmées au Sénégal en grandeur réelle avec des rendements épuratoires de 97 % pour les MS, 99 % pour les MES, 100 % pour MVS, 99 % pour la DCO, 91 % pour NH_4^+ et 97 % pour PO_4^{3-} . La hauteur et la siccité des boues étaient respectivement de 9cm et 52,3%. Le tableau X compare les paramètres des boues de vidange de Ouaga, obtenu lors de cette étude, à celle de Dakar et du Cameroun. Nous avons jugé

important de compléter les résultats de nos données avec celles obtenues par Mahamane (2011) afin d'avoir une plus grande plage de données.

Tableau : Comparaison des boues de vidange de Ouaga, Dakar et Cameroun

Paramètre	Barro 2012/ Mahamane 2011 (Ouaga)	Dème et al (2009) Dakar		Kengne, (2006) Cameroun	
			Rendement épuratoire		Rendement épuratoire
DCO (mg/l)	10068	3853	99%	29700	98%
MES (mg/l)	8972	2130	99%	33400	92%
MS (mg/l)	11291	3488	97%	29000	88%
MVS (mg/l)	5996	1571	100%	19800	

Cette comparaison montre que les BV de Ouagadougou sont plus chargées que celles de Dakar et moins chargées que celles du Cameroun. Les rendements épuratoires pour la DCO, les MES et MS étant de 98%, 92% et 88% pour des BV plus chargées et vu que le contexte climatique de Ouaga est plus proche de celui de Dakar(avec des valeurs de la température allant de 21°C à 28°C pour Dakar et 24,5°C à 33°C pour Ouaga) nous avons estimé par interpolation qu'à Ouagadougou les performances seront d'environ : 98,88% pour la DCO, 97,57% pour les MES, 95,19% pour les MS. La siccité de boue ayant atteint 52% à Dakar, un climat plus chaud à Ouagadougou nous estimons qu'une siccité d'au moins 52% sera atteinte. On peut donc envisager obtenir des qualités de boues après traitement dont les caractéristiques seront de : 77,62mg/l pour la DCO, 133,45mg/l pour les MES, 414,05mg/l pour les MS.

V. Proposition de la filière de traitement des boues de vidange

1. Conception générale de la station de traitement

Le système de traitement proposé par cette étude est le traitement par lit de séchage planté. Le végétal utilisé est une poacée de l'espèce *Echinochloa pyramidalis*. C'est une plante fourragère que l'on peut trouver dans les forêts de Bangrèwéogo (à Ouagadougou) et Kamboinsé (situé à environ 15km de Ouaga).



Illustration : Photo de *Echinochloa pyramidalis*

❖ *Composition et fonctionnement de la station proposée*

La filière de traitement que nous proposons se présente comme suit :

Un ouvrage de réception : c'est un bassin de forme rectangulaire prévu pour faciliter le dépotage des BV par les camions de vidange. Il sera couvert au tiers de sa largeur par une tôle muni de trois ouvertures pour éviter les éclaboussures et le débordement des boues de vidange causés par les débits trop forts observés en début de vidange. Ces ouvertures permettront aussi à plusieurs camions de pouvoir faire la vidange en même temps. Le fond de l'ouvrage sera incliné pour forcer les boues à s'écouler vers le canal de dégrillage.

Un dégrilleur : Les BV doivent être en premier lieu dégrillé pour éliminer les matières grossières aspirées lors de la vidange des fosses (papiers, sachet plastiques, résidus divers). Une seconde grille sera installée pour retenir les objets ayant traversé le prédégrilleur. Ce

dernier est périodiquement raclée à l'aide d'un râteau par un ouvrier et les refus de dégrillage seront brûlés plus tard après séchage sur un endroit aménagé à cet effet.

Le bassin de stockage : il est destiné à recevoir et à stocker les boues de vidanges de la journée avant leur injection dans les LSP.

Les lits de séchage plantés : La phase de séparation solide-liquide, de déshydratation et d'hygiénisation des boues est assurée avant le transfert dans le bassin de réception du percolât.

Le bassin de réception du percolât : cet ouvrage est prévu pour la collecte de la phase liquide des boues avant leur traitement.

Schéma globale de la filière :

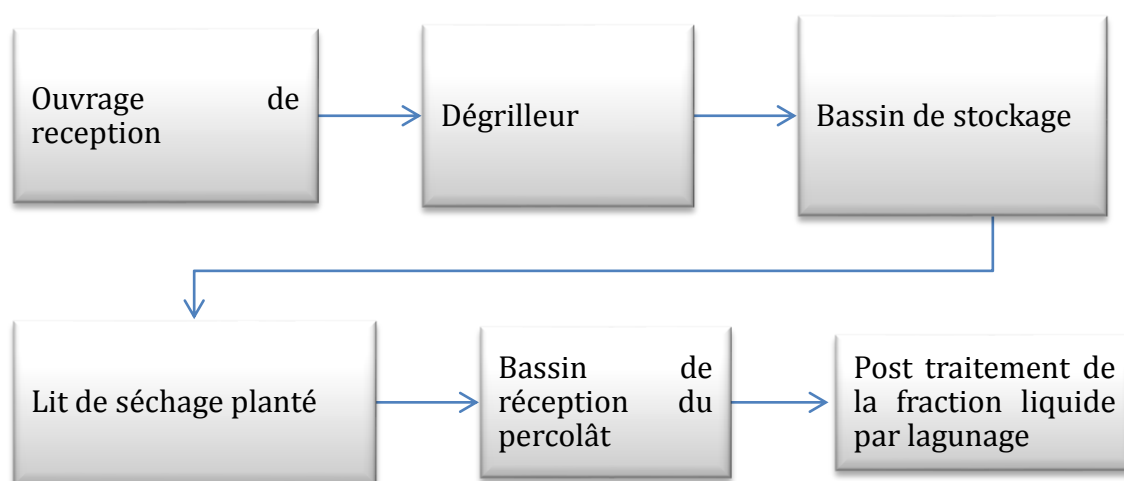


Illustration : Schéma globale de la filière de traitement.

Post traitement de fraction liquide : Vu qu'il existe une gestion des eaux usées dans la ville et qu'une station d'épuration existe, si la station de traitement des BV est implantée à proximité de celle-ci la fraction liquide pourra être renvoyé à la station d'épuration. Sinon on pourra prévoir un traitement par lagunage.

❖ *Implantation*

Les décharges sauvages les plus fréquentées par les sociétés de vidange sont celles de Kossodo, Zagtoui, Ouaga 2000 et Yagma. L'entretien avec les vidangeurs a révélé que le site de dépotage est fonction de la zone de provenance des boues afin de minimiser les distances.

Etant donné que l'ONEA prévoit la construction de deux sites à Zagtouli et Kossodo, nous proposons donc la construction de deux autres stations sur les sites de Yagma et Ouaga 2000. Cela permettrait de réduire les décharges sauvages. Des études devront être menées en collaboration avec les différents acteurs (autorités communale, vidangeurs, bailleur de fonds...) afin de choisir l'implantation définitive de la station.

2. Dimensionnement des ouvrages

Quantité de boues à évacuées

Les quantités de boues à évacuer et/ou traiter représentent un paramètre essentiel pour la planification d'une gestion améliorée des boues de vidange (Kouanda, 2006). Quatre méthodes de quantification des boues ont été développées par le même auteur basé sur les critères qui sont :

- La production spécifique (méthode basée sur la production de boues en litre/jour/habitant par type de latrines) ;
- La demande en vidange mécanique (consiste à recenser l'ensemble des voyages réalisés par les opérateurs de vidange et à multiplier les chiffres trouvés par le volume des camions respectifs) ;
- Les caractéristiques des ouvrages (cette approche consiste à effectuer la somme des volumes vidangeables dans la ville et en fonction du type de latrine) ;
- Le chiffre d'affaire du vidangeur (en connaissant le tarif d'une vidange et le volume du camion, on peut déduire la quantité de boues vidangées).

Le tableau en annexe 5 fait une analyse comparée des quatre méthodes de quantification.

Dans le cadre de cette étude, la deuxième méthode basée sur la demande en vidange mécanique sera utilisée pour le calcul des quantités de boues produites car elle permet d'évaluer la production de boues vidangées mécaniquement qui est la quantité de boues arrivant à la station de traitement. De plus, elle est plus adaptée pour les planificateurs (consultants, services techniques municipaux) (Kouanda, 2006).

Cette méthode utilise les paramètres tels que le nombre de rotation effectuée par camion et par jour, le volume vidangé par rotation, la fréquence moyenne de vidange des installations et la proportion de la population ayant recours au service de camion.

$$Q_{méc} = N * P_{méc} / f_{méc} * v_i * \eta_i$$

Où

N : est le nombre total d'ouvrage existant dans la localité

P_{méc} (%) est la proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement

f_{méc} (an) est la fréquence de vidange des ouvrages vidangés mécaniquement

v_i (m³/rotation) est le volume utile du camion

η_i (rotation/ouvrage) est le nombre de rotation nécessaire pour vider un ouvrage d'assainissement de type i.

Q_{méc} (m³/an) est la quantité totale de boues produites.

La population des secteurs de la ville de Ouagadougou étant estimée à 1.475.223 habitants en 2006, avec un taux de croissance de 4,86% par an et une taille moyenne des ménages de 4,8 personnes /ménages (INSD, 2006), nous avons estimés la population et le nombre de ménages de la ville de Ouagadougou à l'horizon 2022.

Population 2006 (hbts)	Taux d'accroissement	Projection Population 2022(hbts)	Nombre de ménages
<u>1475 223</u>	<u>4,86%</u>	<u>3 150 000</u>	<u>656 250</u>

Le nombre total de latrines a été estimé sur la base du nombre de ménages obtenu rapporté au taux d'équipement en installations d'assainissement autonomes qui est de 98% (trouvé par une précédente étude menée à Ouagadougou (CISSE, 2012)). On suppose que le paramètre η_i=0,5 et le volume utile du camion est de 9,5m³ (moyenne des volumes utiles des camions).

Les données des calculs sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Tableau :Quantité de boues vidangées mécaniquement dans la ville de Ouagadougou à l'horizon 2022

Désignation	Valeur
N	643 125
P_{méc}	72%
f_{méc}	4
v_i (m³)	9,5
η_i	0,5
Q_{méc} (m³/an)	705 804
Q_{méc} (m³/j)	1934

La production spécifique journalière de boues par site est évaluée à 483 m³ en divisant par quatre la production totale journalière, compte tenu de manque de données sur la

fréquentation des sites.

2.1. Ouvrage de réception

Les dimensions de l'ouvrage de réception sont consignées dans le tableau ci-dessous. Elles ont été choisies en fonction des dimensions des camions et aussi pour permettre la vidange simultanée de deux camions.

Tableau XII: Dimensions de l'ouvrage de réception

Dimensions bassin	Valeurs
Longueur	2,5m
Largeur	2m
Longueur zone de convergence	1,5m
Hauteur	0,75m

2.2. Dégrilleur

Pour le dimensionnement du dégrilleur nous avons utilisé les formules de dimensionnement suivantes :

Tableau XIII: Dimensionnement du dégrilleur

Paramètres	hypothèse	Valeur
$Su = \frac{Qp(m^3/s)}{V \cdot O \cdot C}$ Su : Surface utile ; Q_p : Débit de vidange ; V : Vitesse d'écoulement des BV dans le canal ; C : Coefficient de colmatage $O = \frac{\text{Espace libre entre les barreaux}}{\text{Espace libre} + \text{Epaisseur barreaux}}$	• Dégrilleur à nettoyage manuel • Vitesse = 1,2m/s • Espacement libre entre barreau= 15mm • Epaisseur barreau= 10mm • Largeur du canal dans lequel est logée la grille sera prise = 1m afin d'éviter tout engorgement • C=0,3	Su= 0,093m ²
$Sm = \frac{Su}{O \cdot (1 - C)}$		Sm=0,22m ²

La grille sera logée dans un canal d'approche large d'environ 1 m pour éviter un engorgement. Une utilisation rationnelle du dégrilleur exige que celui-ci ne soit pas placé au débouché immédiat du relèvement (distance minimale= 4fois la largeur de canal). On aura une longueur de 4m.les refus de dégrillage seront évacués vers une filière de traitement des ordures ménagères.

2.3. La bâche de stockage

Cette bâche sera semi-enterrée de forme rectangulaire. Elle sera munie de :

- 2 pompes immergées pour eaux chargées, placées aux deux angles séparées par la longueur pour le refoulement des BV vers les lits ;
- Agitateurs suffisamment puissant (une puissance minimale de 50 W /m³ est recommandée (Fndae 30b)) dont le démarrage est programmé au moins une quinzaine de minutes avant le début du pompage, pour homogénéiser le produit avant son injection sur les lits ;
- Canalisations de connexion ;
- Une règle graduée afin de pouvoir lire la hauteur d'eau à tout moment

La bâche de stockage aura un volume d'au moins égale à celle de trois camions c'est-à-dire 40m³. Les dimensions de la bâche de stockage sont :

Longueur : 5m ; Largeur : 4m ; Profondeur : 2m ; Revanche : 0,5m

2.4. Les LSP

Le lit de séchage est de forme rectangulaire avec une longueur de 37m sur une largeur de 25 m soit une superficie de 0,88 ha. Il est composé de bas en haut par: un radier constitué d'une géo membrane , de 10 cm de gravier grossier concassé de diamètre 20–60 mm, de 10 cm de petit gravier concassé de diamètre 5–20 mm, de 10 cm de sable de dune roulé très fin de diamètre inférieur à 0,5 mm.

Tableau XIV: Dimensionnement lit

Désignation	Source	Valeurs
Charge polluante (kg/m ³)	Cette étude	8,61
Quantité de matière sèche par an (kg/an)	Calculé	1458134,52
Charge surfacique retenue (kg/m ² /an)	Kengne (2010) Dodane (2011)	200,00
Surface requise (m ²)	Calculé	7290,67
Surface d'un lit (m ²)		100,00
Nombre de lit		72,91
Surface totale (ha)		0,88
Superficie totale des installations (ha)		1,5

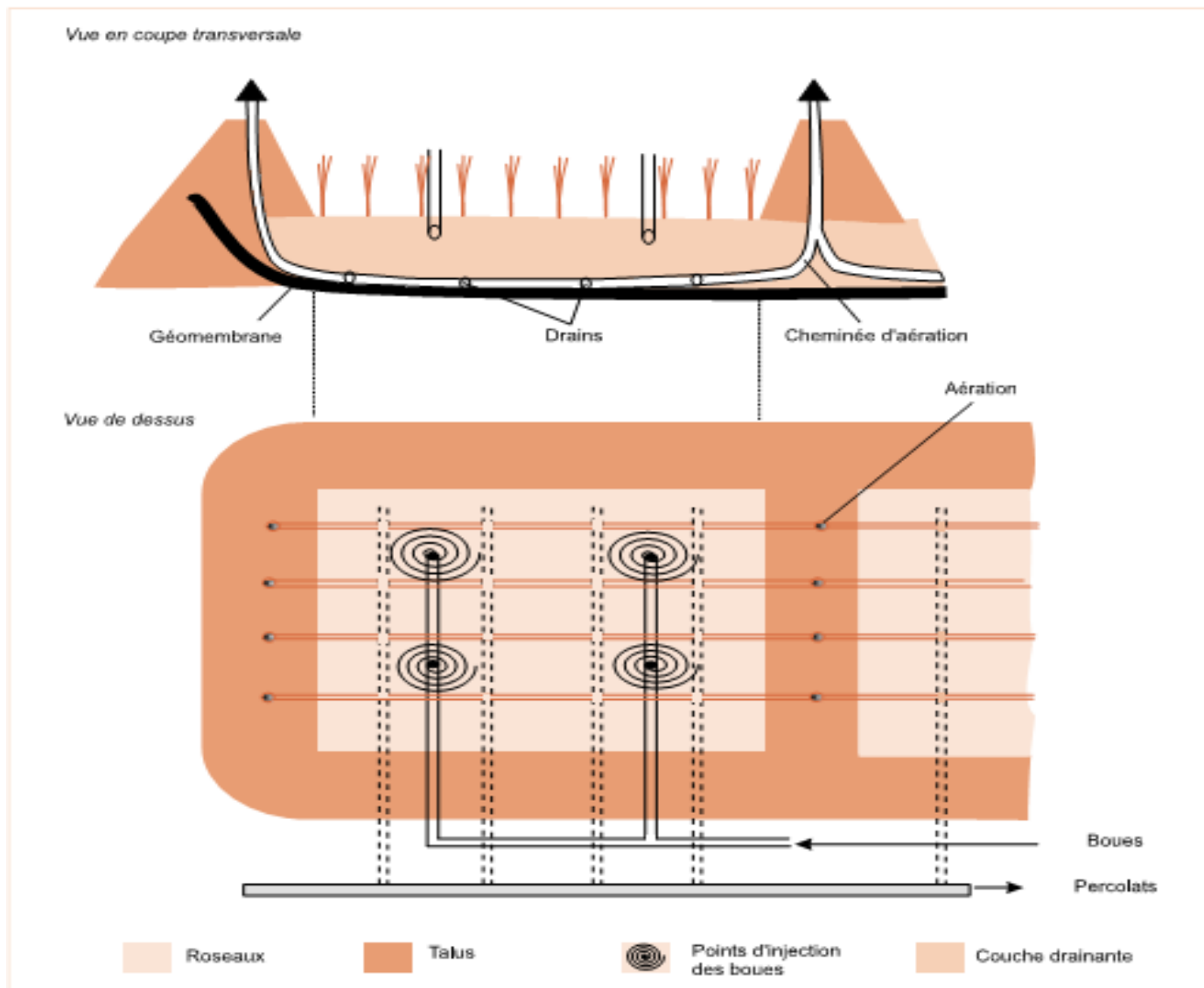


Illustration : Schéma illustratif des LSP (Lienard A., 1999)

Des boutures d'*Echinochloapyramidalis*, possédant au moins un nœud et une hauteur de 15 à 30 cm seront plantées dans des trous d'une profondeur d'environ 5 cm. La densité de plantation devra varier entre 12 et 9 boutures par m². Les litsdevront être arrosés avec des eaux usées dans chaque trou avant de placer la bouture. 11 lits seront alimentées par jour avec une période de repos de 6jours.

VI. Proposition d'étude approfondie

L'étude ci-dessus qui a consisté à proposer une filière de traitement des boues de vidange dans la ville de Ouagadougou, a permis de connaître les différents traitements existants, de caractériser les BV de Ouaga et d'évaluer les performances attendues par traitement des BV sur LSP. Une étude complète et détaillée devra permettre la mise en place effective de la STBV. Le canevas que doit suivre l'étude à mener est décrit ci-dessous.

Objectifs

Les principaux objectifs que l'étude à mener devra atteindre sont :

- Evaluer les impacts environnementaux du projet ;
- Déterminer les quantités de boues arrivant effectivement sur le site en question
- Faire une évaluation financière de la filière déjà proposée par cette étude
- Proposer un schéma d'aménagement complet

Activités et tâches

Afin d'atteindre les objectifs cités ci-dessus, le bureau d'étude devra accomplir les activités suivantes :

- Définir les sites potentiels et faire un choix de site en fonction des distances de transport, on pourra ainsi définir les secteurs de recouvrement de la station;
- Faire une étude de faisabilité ;
- Collecter et analyser les données afin d'avoir les paramètres relatifs à la quantification des boues en se basant sur la méthode déjà choisie ici ;
- Faire un dimensionnement des ouvrages afin d'évaluer le coût des ouvrages ;
- Définir les études complémentaires à menées pour la gestion et le suivi de la station.

Déroulement de l'étude et méthodologie proposée

La démarche méthodologique comprendra :

- Une recherche documentaire permettant à l'équipe mandatée d'analyser les différentes études réalisées dans le domaine au Burkina et/ou dans des villes avec des conditions similaires. Cette recherche documentaire doit inclure une brève descente sur le terrain afin de mieux appréhender le contexte et de compléter et valider les données issues de la bibliographie.
- Une phase de terrain pour l'étude d'impact sur l'environnement
- Une phase d'analyse, de synthèse et de rédaction du rapport.

 Résultats attendus

A l'issue de l'étude un rapport sera produit et devra comprendre de manière non exhaustive les points suivants :

- L'étude d'impact environnementale
- Le choix définitif du site
- La conception et le dimensionnement de la STBV
- La gestion de la station et les mesures d'accompagnement
- Le coût du projet

VII. Conclusion

La gestion des boues de vidange est une question cruciale de nos jours. La mise en place d'un système de traitement s'avère nécessaire au vue de la problématique que pose cette gestion. Une caractérisation des boues a déjà été faite et une étude antérieure a montré le choix d'une plante fourragère pour filtre plantés adapté à Ouagadougou. Nous avons donc proposé la mise en place d'une station de traitement des matières de vidanges par lits de séchage plantés de *échinochloapyramidalis* qui est la technologie la plus adaptée à notre contexte socio-économique. Elle permettra non seulement de répondre au problème de traitement des BV mais aussi de créer de l'emploi et une source de revenu pour les vendeurs de fourrage. Le secteur agriculture pourra aussi se voir poussé grâce à l'engrais que va produire la station après 5 ou 8ans de fonctionnement.

Le procédé de traitement par LSP n'est pas encore maîtrisé sous le climat sahélien et les bases de dimensionnement reposent jusque-là sur des études menées dans les pays du nord. Vu qu'une étude afin de déterminer les paramètres de dimensionnement adaptés aux conditions locales est en cours, nous pensons pouvoir enfin bénéficier des avantages de cette technologie.

VIII. Bibliographie

Abiola F., (2009) Traitement des boues de vidange domestiques à Dakar (Séné-gal): étude du comportement et des performances d'une plante fourragère *Echinochloapyramidalis* dans les lits de séchage en grandeur réelle.

Alain Liénard, Stéphane Troesch, Pascal Molle et Dirk EsserPaing et Voisin (2005) Traitement des boues par lits plantés de roseaux : rappels des points clefs de cette technique.

Canler J-P., (2009) Guide technique sur les Matières de Vidange issues de l'assainissement non collectif : Caractérisation, collecte et traitements envisageables.

KengneNoumsi I.M., (2006) Potentials of sludge drying beds vegetated with *Cyperus papyrus* L. and *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. & Chase for faecal sludgetreatment in tropical regions

Klingel F., Montangero A., Koné D., et Strauss M., (2002) Gestion des boues de vidange dans les pays en développement, Manuel de planification, première édition

Koné D. et Strauss M., (2004) Performances et Challenges des Techniques de traitement à faible coût (rustiques) des Boues de Vidange. Présenté au Forum de recherche en eau et assainissement, CREPA, Ouagadougou, Burkina Faso, 6-10 déc,

Koottatep T., Surinkul N., Polprasert C., Kamal A.S.M., Koné D., Montangero A., Heinss U. et Strauss M., (2005), Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate: Lessons learnt from seven years of operation.

Kouanda H., (2006) vers un assainissement urbain durable en Afrique subsaharienne: approche innovante de planification de la gestion des boues de vidange

Lienard A., (1999) Déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux

Mahamane I., (2011) Contribution à la gestion durable des boues de vidange de la ville de ouagadougou : caractérisation des boues et évaluation du dimensionnement des STBV de kossodo et zagtoui.

Mbaye M., Dodane P.H., et Koné D., (2011) Gestion des Boues de Vidange optimisation de la filière.

Molle, P., Liénard A., Grasmick A., and Iwema A.,(2006) Effect of reeds and feeding operations on hydraulic behaviour of vertical flow constructed wetlands under hydraulic overloads.

Montagero A., et Strauss M., (2002) Gestion des boues de vidange.

Obarska-Pempkowiak H., Tuszynska A. & Sobocinski Z.,(2003) Polish experience with sewage sludge dewatering in reed systems.

Paing J. et Voisin J. (2005) Vertical flow constructed wetlands for municipal wastewater and septage treatment in French rural area

Ministère de l'économie et des finances (Bureau central du recensement), (Juillet 2008) Recensement général de la population et de l'habitation de 2006, Résultats définitifs.

Some S., (2010) Contribution à la faisabilité du traitement des boues de vidange par filtre planté à Ouagadougou : Evaluation de l'offre et de la demande des plantes fourragères.

Troesch S., (2009) Traitement et valorisation des boues et des matières de vidange par lits de séchage plantés de roseaux

Vincent J., (2011) Les lits de séchage de boue plantés de roseaux pour le traitement des boues activées et les matières de vidange : adapter la stratégie de gestion pour optimiser les performances

IX. Annexes

Annexe 1 : Matériel d'échantillonnage

Matériel de prélèvement :

- Une perche d'environ 1,50m de longueur au bout de laquelle est attaché un récipient en plastique permettant de prélever les boues;
- Un entonnoir pour faciliter le déversement des boues dans les bouteilles ;
- Un seau qui permet de garder la bouteille stable pendant son remplissage avec les BV

Matériel de conservation :

- 100 bouteilles de 1 litre pour contenir les échantillons. Avant chaque sortie, les bidons sont numérotés;
- une glacière permettant la conservation des échantillons sur le terrain et lors du transport;
- un réfrigérateur d'une température maximale de 4°C pour conserver les échantillons au laboratoire.

Matériel de protection :

Annexe 2 : Protocole d'analyse des paramètres

DCO :

1,5ml de dichromate de potassium

2,5ml d'échantillon

3,5ml d'acide sulfurique

On secoue légèrement et mettre dans le réacteur (appareil chauffant)

La lecture se fait après 2h.



MES :

Peser le filtre à 0,1mg près et à température ambiante, soit M0.

Filtrer un volume V(ml) d'échantillon

Sécher le filtre dans une étuve à 105°C pendant 1h.

Peser le filtre après l'avoir laissé s'équilibrer à température ambiante, soit, M1.

$$\text{MES (mg/l)} = (M1-M0) \cdot 100 / V$$



Œufs d'helminthes : Détermination par la méthode Schwartzbrod et al

- Laisser décanter 1l de l'échantillon (1-2 heures) dans un cône d'imhoff
- Eliminer 90% du surnageant ;
- Transvaser le sédiment dans un ou plusieurs tubes à centrifuger, centrifuger à 1000 g pendant 15 min ;
- Eliminer le surnageant réunir tous les culots dans un seul tube et centrifuger à 1000 g pendant 15 min ;

- Mettre le culot de centrifugation en suspension dans son volume de tampon acéto-acétique à pH 4,5 (si le volume du culot est de 2 ml, ajouter 2 ml de tampon) ;
- Ajouter deux volumes d'acétate d'éthyle ou d'éther (soit 4 ml) mélanger la solution au moyen d'un agitateur vibrant type Vortex. à défaut un agitateur mécanique ;
- Centrifuger à 1000 *g* pendant 15 min, les débris lourds de nature non graisseuse, notamment les œufs et larves d'helminthes et les protozoaires, sont rassemblés dans la couche inférieure. Au-dessus se trouve le tampon, qui doit être clair. Les matières grasses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais de couleur foncée au sommet de l'échantillon ;
- Noter le volume du culot de centrifugation contenant les œufs, puis éliminer le reste du surnageant en une seule fois en inclinant le tube avec précaution ;
- Remettre le culot (1 ml) en suspension dans 5 ml de solution de sulfate de zinc. Noter le volume du produit final (*X* ml), Mélanger ;
- Calculer le nombre d'œufs par litre à l'aide de la formule ci-dessous:

$$N = AX/PV$$

où:

N = nombre d'œufs par litre d'échantillon

A = nombre d'œufs comptés sur la lame McMaster ou moyenne des nombres trouvés dans deux ou trois lames

X = volume du produit final (ml)

P = Contenance de la lame McMaster (0,5 ml)

V = volume de l'échantillon initial (litres).

Annexe 3 :Fiche d'entretien et d'observation

Date de l'entretien : _____

Numéro de camion :

Nom de la S^{té} de Vidange : _____

Heure de prélèvement :

Secteur et/ou Quartier de prélèvement : _____

Type d'ouvrage vidangé :

Latrine traditionnelle :

☐

Latrine amélioré :

☐

Toilette à chasse manuelle :

☐

Fosse septique :

☐

Fréquence de curage du camion :

Volume du camion :

Echantillon	pH	Température	Conductivité
1			
2			
3			

Autres Observations :

.....

.....

.....

.....

.....

Annexe4 : Données prélèvement

Date	N°Camion	Echantillon	Secteur	Quartier	Entreprise	Volume Camion	Heure	Type d'ouvrage	pH	T°	Conductivité
30/04/2012	1	1	28	Dassasgho	vidange wendpanga		9h20	Fosse Septique+ WC			
		2									
		3									
	2	4	26	Kossodo	ORTEC Vidange	8m3	10h27	FosseSeptique (Hage)	8,6	31,1	222
		5							8,25	33,5	225
		6							8,24	33,5	199
	3	7		Benogo+Zone 1	Sté Dieudonné	8m3	11h13	2WC	8,2	35,6	200
		8							8,10	35	193
		9							8,18	34	200
02/05/2012	4	1			ORTEC Vidange	8m3	8h40	WC+FS	9,7	29,2	240
		2							8,5	27,5	220
		3							8,25	27,6	220
	5	4		Kossodo	Yilemde Vidange	10m3	9h00	Eau de douche d'usine+FS	8,35	33,3	210
		5							8,30	31,8	215
		6							8,4	29,5	205
	6	7	27		Vidange SNVA	12m3	9h20	WC+FS	8,3	29,2	220
		8							8,6	29	222
		9							8,6	29,2	230
	7	10	13 et 4	Zogona et Koulouba	AF Vidange	8m3	10h	WC+Eau Restaurant	8,25	33,5	207
		11							8,36	30,3	207
		12							8,4	29,6	215
	8	13	29		BZ	8m3	10h26	FS+WC	8,22	34,5	202

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des matières de vidanges par lits de séchage plantés de Echinochloa pyramidalis à Ouagadougou

		14							8,34	31,8	200
		15							8,37	30,4	207
03/05/2012	9	1	28	ZogonaDassa sgho	vidange wendpanga		9h16	2WC	8,6	33	210
		2							8,43	31,7	210
		3							8,55	31,1	223
		4							8,6	31	240
	10	5	30	Zone 1	ZHBI	8m3	9h25	WC	8,46	31,1	222
		6							8,5	31,3	230
		7							8,7	31	232
	11	8	23	Larlin	Yilemde Vidange	10m3	9h40	WC	8,45	31,4	222
		9							8,6	32	230
		10							8,5	32	215
	12	11	28		vidange wendpanga		9h50	FS+WC	8,3	31,4	227
		12							8,45	31,9	213
		13							8,19	36,6	196
	13	14		SIAO	AF Vidange	8m3	10h45	FS Toutes Eaux	8,00	34,6	200
		15							8,12	33,1	198
		16							8,1	38,5	197
	14	17	28		Vidangeur MACO	8m3	11h	FS+WC	8,08	35,6	186
		18							8,1	34,3	200
		19							8,27	33,4	208
	15	20	29	Wemtenga	BESEP		11h15	WC	8,22	32,9	207
04/05/2012	16	1		Tanghin	AF Vidange	8m3	9h	Eau grise restaurant	8,84	23,8	209
		2							8,25	31,1	199
		3							8,21	30,5	208
	17	4		Kossodo	BZ	8m3	9h20	TCM	8,42	30,8	209
		5							8,25	31	210
		6							8,32	31	205
	18	7	28		Vidangeur	8m3	9h56	latrine	8,72	26,6	245

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des matières de vidanges par lits de séchage plantés de Echinochloa pyramidalis à Ouagadougou

		8			MACO				8,87	28,5	234
		9							8,5	29,6	222
		10							8,28	35	210
	19	11	28		SNVA	12m3	11h	2WC+FS	8,22	34,5	202
		12							8,16	34,2	208
		13							8,37	33,6	194
	20	14	28 et 30	Karpala	Intervention Rapide	12m3	11h10	3FS+1latrine	8,22	32,8	202
		15							8,27	32,3	211
07/05/2012	21	1		Nemnin	Lasco	9m3	9h26	WC	8,9	29,2	243
		2							8,58	30,5	221
		3							8,22	32,5	207
	22	4		Zone 1	Burkina Propre		9h38	WC	8,27	33,7	210
		5							8,27	34	209
		6							8,22	33,9	200
	23	7		Zone 1+28	SNVA	12m3	9h54	WC+Eau de lavage de Atiéké	8,25	33,9	207
		8							8,24	33,9	204
		9							8,2	33,5	207
	24	10	28		BZ Vidange	8m3	10h11	3FS	8,17	37,9	200
		11							8,03	37,3	196
		12							8,08	35,5	199
08/05/2012	25	1	28		BZ Vidange	8m3	8h50	2WC	8,75	31,1	222
		2							8,15	32,1	203
		3							7,98	32,4	187
	26	4		Centre-ville +1200	Intervention Rapide	12m3	9h35	2WC + FS	8,66	31,7	168
		5							7,59	31,2	162
		6							7,61	31,2	167
	27	7	28		wemting vidange	8m3	10h	Eau de douche (2)	8,4	32,4	212
		8							8,14	32,8	201
		9							8	32,9	191

	28	10		Nioko II	Intervention Rapide	12m3	10h37	Eau de fabrication de Yaourt	7,7	36,4	183
		11							8	34,9	188
		12							8,45	34	195
	29	13		Zone 1	BZ Vidange	8m3	10h58	2WC(marché +cour)	7,58	32,3	171
		14							7,46 ^E	32,1	158
		15							8,15	30,4	216
	30	16		Gounghin	ORTEC Vidange	8m3	11h	WC+FS	7,65	32,8	169
		17							7,51	33,7	161
		18							7,38	33,6	158
	31	19			wemting vidange	8m3	11h48	Puit perdu +WC			
		20									
		21									
09/05/2012	32	1		Saaba+Patte d'oie+ Wayalgin	Vidange Laflute	18m3	9h	3WC+ 1 puit perdu	8,69	32,4	214
		2							8,25	32,6	206
		3							8,08	32,5	197
	33	4		Dassasgho	BZ	8m3	9h30	FS (Pédiatrie)	8,21	33,6	202
		5							7,98	33,7	190
		6							8,12	33,7	197
	34	7	28		wemting vidange		9h40	WC	8,3	32,5	205
		8							8,19	32,7	203
		9							8,13	32,7	198

Annexe5 : Méthode de quantification des boues de vidanges

Méthode/ Critères	Paramètres de calcul	Moyen de mise en œuvre	Etudes de base nécessaires
Méthode 1 : Production spécifique	Population	Moyens financier pour les enquêtes (+)	Enquêtes sur la typologie des latrine
	Production spécifique par type de latrines	Temps d'enquêtes limité (+)	Evaluation des productions spécifique
		Pas besoin de logiciel particulier	
Méthode 2 : demande en vidange mécanique	Nombre total d'ouvrages	Moyens financiers pour les enquêtes (++)	Enquêtes sur la proportion de latrines vidangées mécaniquement
	Proportion d'ouvrages vidangés mécaniquement	Temps d'enquêtes assez long (++)	Enquêtes ménages d'évaluation de la fréquence de vidange
	Fréquence de vidange	Logiciels pour le dépouillement et l'analyse des données d'enquêtes	Estimation des volumes moyens vidangés par le camion
	Volume de boue vidangée par ouvrage		
	Capacité utile du camion vidangeur		
Méthode 3 : Caractéristiques des ouvrages	Nombre total d'ouvrages	Moyens financiers pour les enquêtes (+++)	Enquêtes sur la proportion de latrines vidangées mécaniquement
	Proportion d'ouvrages par mode de vidange	Temps d'enquêtes très long (+++)	Enquêtes ménages d'évaluation de la fréquence de vidange
	Fréquence de vidange par mode de vidange	Logiciels pour le dépouillement et l'analyse des données d'enquête	Estimation des volumes moyens vidangés par le camion
	Volume moyen des ouvrages		Caractérisation des ouvrages
Méthode 4 : Chiffre d'affaires du vidangeur	Chiffres d'affaires de l'opérateur de vidange	Moyens financiers très limités	Entretiens avec l'opérateur de vidange

*Contribution à la mise en place d'une station de traitement des matières de vidanges par lits de séchage
plantés de Echinochloa pyramidalis à Ouagadougou*

	Volume évacué par le camion par rotation	Pas besoin logiciel de calcul	de	Consultation du compte d'exploitation (pas facilement accessible)
		Temps d'accès données (++)	aux	Mesure du volume vidangé par rotation

Source : KOANDA, 2006

Annexe 6 : Résultats analyse physico-chimique

Echantillon	DCO			Orthophosphate			MES				MVS et MS						
	Dilution	Valeur lue	DCO (mg/l)	Dilution	Valeur lue	Orthophosphate (mg/l)	Pvide (mg)	Volume filtré (ml)	Pfiltré (mg)	Pmes (mg/l)	Pp (g)	Véch (ml)	Pp+Ech (g)	Papprès 24h (g)	Papprès 27h (g)	MS (mg/l)	MVS
1	1/50		0	1/50	1,7	85	94,2	20	196,7	5125	95,13	50	144,1	95,45	95,28	6400	3400
2	1/10	46	460	1/50	0,86	43	91,9	20	103,2	565	92,89	50	141,32	93	92,91	2200	1800
3	1/50	141	7050	1/50	2,59	129,5	91,8	20	278,2	9320	100,16	50	149,33	100,77	100,4	12200	7400
4	1/50	95	4750	1/50	0,9	45	93	20	248,1	7755	95,1336	50	145,3362	96,0576	95,626	18480	8632
5	1/50	15	750	1/50	2,19	109,5	91,5	20	125,4	1695	92,8957	50	142,3284	93,3928	93,2505	9942	2846
6	1/50	30	1500	1/50	1,91	95,5	90	20	151,6	3080	100,157	50	148,9742	100,4464	100,3178	5788	2572
7	1/50	157	7850	1/100	1,44	144	92	20	201,5	5475	65,5143	50	115,5846	66,2016	65,762	13746	8792
8	1/50	40	2000	1/50	1,55	77,5	91,6	20	103	570	64,8396	50	113,725	64,9493	64,9017	2194	952
9	1/50	243	12150	1/50	1,95	97,5	92,6	20	361,6	13450	75,5533	50	125,0465	76,3264	75,937	15462	7788
10	1/100	218	21800	1/50	1,84	92	88,8	20	522	21660	65,0886	50	115,1971	65,9252	65,226	16732	13984
11	1/50	114	5700	1/50	1,76	88	91,4	20	225	6680	77,3661	50	126,4705	77,6985	77,5118	6648	3734
12	1/50	61	3050	1/50	1,39	69,5	89,2	50	178,8	1792	95,1336	50	143,5451	95,4	95,315	5328	1700
13	1/50	89	4450	1/50	2,1	105	91	50	163,2	1444	64,9798	50	114,8896	65,274	65,195	5884	1580
14	1/50	133	6650	1/50	1,54	77	90,6	20	285,2	9730	65,6328	50	114,0793	65,9955	65,7535	7254	4840
15	1/50	162	8100	1/50	2,3	115	90,8	20	153,2	3120	88,2301	50	137,8451	88,7476	88,4607	10350	5738
16	1/100	150	15000	1/100	1,85	185	90,5	50	105	290	100,1681	50	148,7999	100,2154	100,1894	946	520
17	1/50	70	3500	1/200	2,75	550	91	20	197,8	5340	76,4378	50	126,5432	76,7273	76,5231	5790	4084
18	1/50	317	15850	1/150	2,72	408	90,3	20	386,6	14815	92,901	50	141,7131	93,6521	93,2599	15022	7844
19	1/50	171	8550	1/150	2,18	327	92,4	20	170,9	3925	67,0734	50	115,7405	67,3536	67,2179	5604	2714
20	1/50	162	8100	1/50	2,34	117	90,3	20	189,2	4945	100,8133	50	149,6376	101,0611	100,868	4956	3862
21	1/50	128	6400	1/100	0,97	97	90	20	184,6	4730	100,1569	50	149,92	100,5942	100,3313	8746	5258

Contribution à la mise en place d'une station de traitement des matières de vidanges par lits de séchage plantés de Echinochloa pyramidalis à Ouagadougou

22	1/50	47	2350	1/100	1,53	153	93,3	20	175,1	4090	75,5636	50	124,7964	75,88	75,6926	6328	3748
23	1/50	490	24500	1/400	1,95	780	92,7	20	343,7	12550	95,1345	50	143,8456	96,248	95,3931	22270	17098
24	1/100	140	14000	1/100	1,43	143	91,2	20	464,8	18680	92,8994	50	142,5772	93,767	93,2712	17352	9916
25	1/50	71	3550	1/50	2,48	124	90,5	20	157,9	3370	100,6848	50	149,183	100,9507	100,8201	5318	2612
26	1/50	121	6050	1/100	1,7	170	90,7	20	122,7	1600	65,532	50	115,2237	65,7756	65,6518	4872	2476
27	1/50	81	4050	1/50	1,82	91	91,8	50	113,5	434	64,84	50	114,9935	64,9025	64,8814	1250	422
28	0,02	232	11600	0,01	2,22	222	91,5	20	138,2	2335	63,6893	50	113,2191	64,855	64,256	23314	11980
29	1/50	103	5150	1/100	2,74	274	89,4	20	165,4	3800	67,2808	50	115,6403	67,7068	67,3232	8520	7672
30	1/50	76	3800	1/100	1,08	108	91,1	20	174,6	4175	66,1815	50	114,9238	66,4341	66,2989	5052	2704
31	1/50	172	8600	1/150	1,33	199,5	91,6	20	169,5	3895	77,3553	50	128,1436	77,645	77,4575	5794	3750
32	1/50	28	1400	1/100	1,68	168	91,3	20	116	1235	88,2062	50	137,6777	88,5048	88,3377	5972	3342
33	1/50	20	1000	1/50	0,86	43	91,4	20	171,6	4010	76,4372	50	125,1642	76,5967	76,518	3190	1574
34	1/50	38	1900	1/50	1,96	98	91,9	20	113	1055	85,002	50	133,8359	85,19	85,0638	3760	2524

Annexe 7 : Résultats analyse bactériologiques et parasitologiques

Echantillon	Bactériologie			Parasites
	E.Coli	Coliformes Thermotolérants	Streptocoques	œufs d'helminthes
1	2400	2800	2600	0
2	900	2800	400	0
3	3200	5200	4700	378,67
4	3300	4200	1500	0
5	1400	2600	100	0
6	1300	2500	400	0
7				0
8	200	700	900	0
9	6100	6900	5500	189,33
10	2800	3000	2700	378,67
11	1700	2400	1900	0
12	7600	8200	3200	0
13	100	300	1400	0
14	1000	3600	3500	0
15	1700	3900	2900	252,44
16	900	2100	300	0
17	3500	3700	300	142
18	3700	4300	7900	142
19	1300	1700	200	0
20	3900	4700	700	0
21	1900	2600	7100	0
22	300	400	1600	142
23	3300	4800	400	0
24	1900	2300	5500	0
25	400	400	6000	142
26	2700	3500	1600	142
27	2200	3300	1400	0
28			200	0
29	100	300	4400	0
30	3400	3400	3700	0
31	5300	7300	2700	568
32	500	600	600	0
33	500	500	100	0
34	1500	1500	2400	0

