Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

ETUDE PILOTE DU TRAITEMENT DES EAUX GRISES POUR PETITES COMMUNAUTES EN MILIEU RURAL : cas du village de Kologodjessé

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU

MASTER EN EAU ET ASSAINISSEMENT

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

Bénédicte Carolle Wind-Yam NIKIEMA

Travaux dirigés par :

Dr. Ynoussa MAIGA, Enseignant chercheur à 2iE UTER-GVEA

Ir. David MOYENGA, Ingénieur de recherche à 2iE UTER-GVEA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Yacouba KONATE

Membres et correcteurs : Dr. Ynoussa MAIGA

Ir. David MOYENGA

M. TAJOUWA KOUAWA **Promotion 2011/2012**

REMERCIEMENTS

Je remercie toute l'équipe AMELI-EAUR de m'avoir accueilli au sein du projet et également de m'avoir permis de réaliser ce mémoire de fin de cycle Master.

Je suis redevable à plusieurs personnes pour leur soutien permanent et durable et qui n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de ce mémoire je cite Dr. Ynoussa MAIGA, M. David MOYENGA , M. Boukary SAWADOGO, M. Seyram SOSSOU, Dr. Mariam SOU, M. DICKO.

Je remercie du fond du cœur le personnel du laboratoire LEDES spécialement Drissa SANGARE, Armel Dopé YAPI, Moustapha OUEDRAOGO, Pierre KABORE pour leur grand soutien et leur assistance.

Mes sincères remerciements aux habitants de Kologodjessé pour leur accueil chaleureux lors de mon passage dans leur village particulièrement aux familles Ilboudo et Compaoré.

Je suis profondément reconnaissante à mes parents : Mme NIKIEMA Evelyne Xavière, M. NIKIEMA Emmanuel ainsi que mon frère Serge et mes sœurs Josiane et Estelle.

Aux amis Ismaël BANOIN, Rachidatou BARRO, Arnaud QUENUM, et aux camarades de Master 2 Eau et Assainissement promotion 2011-2012 ;

Je vous remercie du fond du cœur et vous suis infiniment reconnaissante.

RESUME

Les pays sahéliens sont confrontés au problème de la rareté de l'eau. Face à ce problème, le recyclage des eaux grises se présente comme une alternative pouvant contribuer à améliorer les conditions de vie des populations. Cette étude a consisté à évaluer un système de traitement des eaux grises par des "*bacs inclinés"*. Dans cette étude les eaux grises ont été échantillonnées durant 35 jours dans des familles pilotes situées en zone rurale (Kologodjessé) au Burkina Faso. Les échantillons ont été prélevés à l'entrée du lit de filtration ainsi qu'à la sortie du lit. Les paramètres tels que la demande biologique et chimique en oxygène, les matières en suspension, les nitrites, nitrates, sulfates, le phosphore total ont été analysés dans le but d'évaluer les performances épuratoires du dispositif de traitement et de vérifier la possibilité de réutilisation des eaux traitées en irrigation. De cette étude il a été constaté que le système présente de bonne performances épuratoires de la matière organique, 73% pour les matières en suspension, 54% et 80% respectivement pour la demande chimique et biologique en oxygène cependant les résultats obtenus au niveau de l'abattement de la pollution bactérienne ont été faibles de l'ordre de 2,03 u.log, 1,66 u.log et 0,90 u.log respectivement pour *Escherichia coli*, les coliformes et les entérocoques. Il a également été constaté que la qualité bactériologique des eaux traitées n'est pas adéquate pour une réutilisation en irrigation.

Mots clés : Eaux Grises, Traitement, "*bacs inclinés"*, Irrigation, Burkina Faso

ABSTRACT

Sahelian countries face different problems such as water rarity. To this situation, grey water recycling presents to be an adequate alternative that can contribute to improve people living conditions.This survey was based on the assessment of a grey-water treatment system called "s*lanted soil"*. In this process, many samples of grey water were taken during 35 days in different families located in rural zones (Kologodjessé) of Burkina Faso. The samples were taken at the entrance and the exit of each filtration bed. Many parameters like biological and chemical demand of oxygen, suspended solid, nitrites, nitrates, sulfates, phosphorous, have been analyzed in order to assess the efficiency of this grey water treatment system and also to see the different possibilities (fields) of using this treated water in irrigation. The results of this survey showed a good performance of this systems for the organic matters treatment with 73% for suspended solids, 54% and 80% respectively for chemical oxygen and biological oxygen demand; but as for bacterial pollution, the results showed a low performance with 2,03 u.log, 1,66 u.log and 0,90 u.log respectively for *Escherichia coli*, coliforms, and enterococcus. This survey also showed that the bacterial quality of the treated water is not appropriate for a reuse in irrigation.

Key-words: Grey Water, Treatment, "*slanted soil",* Irrigation, Burkina Faso

SIGLES ET ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

µS: micro Siemens

Améli-Eaur : Projet d'amélioration de l'accès à l'assainissement en zone sahélienne en Afrique

Ca^{2+}: Calcium

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DGRE : Direction Générale de la Ressource en Eau

E. coli : *Escherichia coli*

FAO : Food and Agricultural Organization

LAS: Liner Alkyl benzène Sulfonate

LEDES : Laboratoire Eau, Dépollution Ecosystèmes et Santé

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

MES : Matières En Suspension

mg : milligramme

Mg^{2+}: Magnésium

mL: millilitre

Na^{+}: Sodium

NH_4^{+}: Ammonium

NO_2^{-} : Nitrite

NO_3^{-} : Nitrate

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PO_4^{3-} : Orthophosphate

Ptot: Phosphore total

RAS : Ratio d'Absorption de Sodium

SO_4^{2-} : Sulfate

UFC : Unité Formant Colonies

WHO: World Health Organization

Table des matières

REMERCIEMENTS i
RESUME ii
ABSTRACT ii
SIGLES ET ABREVIATIONS iii
LISTE DES FIGURES vi
LISTE DES TABLEAUX vii
INTRODUCTION 1
CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE 1
OBJECTIFS DE L'ETUDE 2
Objectif général 2
Objectifs spécifiques 2
Hypothèses de l'étude 2
1 GENERALITES 3
1.1 ZONE DE L'ETUDE 3
1.2 CARACTERISTIQUES DES EAUX GRISES 4
1.2.1 Composition en matières organiques 4
1.2.2 Compositions en nutriments 5
1.2.3 Composés spécifiques 5
1.2.4 Paramètres microbiologiques 5
1.3 IMPACTS DE LA REUTILISATION DES EAUX GRISES TRAITEES 6
1.3.1 Impact sur le sol et la plante 6
1.3.2 Risque sur la santé humaine 6
1.4 SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EAUX GRISES PAR FILTRATION 6
1.4.1 Filtre planté à écoulement horizontal 6

1.4.2 *'' Slanted soil treatment''* (SST) 7
1.4.3 NORME DE REUTILISATION DES EAUX GRISES EN IRRIGATION 8
2 MATERIEL ET METHODE 10
2.1 PRESENTATION DES SITES EXPERIMENTAUX 10
2.2 COMPLEXE DOUCHE-DISPOSITIF DE TRAITEMENT PAR BACS INCLINES 10
2.3 PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS 12
2.3.1 Fréquence de prélèvement des échantillons 12
2.3.2 Points de prélèvement 12
2.4 MESURE DES PARAMETRES 12
2.4.1 Mesures *in situ* 12
2.4.2 Analyses physico-chimiques 12
2.4.3 Paramètres chimiques organiques 13
2.4.4 Paramètres chimiques minéraux 13
2.4.5 Analyses microbiologiques 14
2.5 OBSERVATION SUR LE FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF 14
3 RESULTATS 16
3.1.1 Paramètres liés aux performances épuratoires du dispositif 16
3.1.2 Qualité des eaux dans le réservoir de stockage 20
4 DISCUSSION 23
4.1 Performances des dispositifs de traitement 23
4.2 Qualité des eaux grises traitées et réutilisation en irrigation 24
4.3 Observation du fonctionnement et de l'utilisation 25
CONCLUSION 27
ANNEXES 31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du village de Kologodjessé 3

Figure 2 : Filtre planté au Mexique (a) Coupe transversale d'un filtre planté (b) 7

Figure 3 : Système SST à Chichibu au JAPON (a) Schéma du Système slanted soil (b)..... 8

Figure 4 : Dispositif de traitement des eaux grises par bac incliné..... 11

Figure 5 : Taux d'abattement des MES dans les différents dispositifs 16

Figure 6 : Taux d'abattement de la DCO dans les différents dispositifs..... 16

Figure 7: Taux d'abattement de la DBO_5 dans les différents dispositifs 17

Figure 8 : Abattement des *E.coli* dans les différents dispositifs 17

Figure 9 : Abattement des coliformes fécaux dans les différents dispositifs 18

Figure 10 : Abattement des entérocoques dans les différents dispositifs..... 18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Normes de réutilisation des eaux grises en irrigation 8

Tableau II : tableau présentant les familles pilotes et le nombre de pilots installés 10

Tableau III : Tableau présentant les méthodes d'analyses des ions calcium, magnésium et sodium.... 13

Tableau IV : Valeur moyenne et écart types de MES, DBO5, DCO 19

Tableau V : valeur moyenne des *E coli*, coliformes fécaux et entérocoques 20

Tableau VI : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans le bac de stockage1 et 2 21

Tableau VII : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans le bac de stockage 3 et 4 22

INTRODUCTION

CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Au Burkina Faso la situation de l'accès à l'eau et à l'assainissement en milieu rural est précaire. Le taux de couverture en assainissement est de 1% si l'on ne tient compte que des ouvrages d'assainissement améliorés pris en compte par les objectifs du millénaire pour le développement, de 10% si l'on tient compte des ouvrages traditionnels, avec un taux d'accès à l'eau potable en zone rurale de 60% (DGRE, 2006). Pourtant, l'accès à une eau de qualité et de quantité suffisante est une nécessité pour tous les êtres humains, les animaux, la vie végétale, ainsi que pour la plupart des activités économiques (Li *et al*., 2009). En outre, cette insuffisance de l'accès à l'assainissement et à l'eau potable en zone rurale couplée à une faible pratique des règles fondamentales d'hygiène, entrainent une persistance des maladies d'origine hydrique (EDS, 2003). Face à la rareté de la ressource en eau, la recherche de solutions de conservation alternatives d'eau, s'avère être très importante. Le système de traitement des eaux grises par bacs inclinés se trouve être une des méthodes alternatives pouvant contribuer à réduire les effets liés à ce problème. En effet, dans les zones arides, l'eau grise est particulièrement importante car son recyclage pour l'irrigation peut réduire l'utilisation de l'eau potable de près de 50% (DHWA, 2002 ; Gross, 2007).

De nombreuses études ont été menées sur le traitement des eaux grises avec des technologies différentes qui varient à la fois en termes de complexité et de performance (Li *et al*., 2009 ; Ito, 2009). Cependant, des études portant sur le traitement des eaux grises en zone rurale sous un climat sahélien sont rares (Finley, 2008). C'est dans ce souci d'amélioration de l'accès à l'eau et à l'assainissement en zone rurale sous un climat sahélien que le projet AMELI-EAUR (Amélioration de l'accès à l'assainissement et à l'eau : cas du Burkina Faso) s'investit pour mettre à la disposition des populations rurales des eaux grises traitées pour une réutilisation en maraîchage.

En 2011, des études ont été menées sur la faisabilité du traitement et la réutilisation des eaux grises en milieu rural et péri-urbain dans les villages de Kamboinsé situé en zone péri-urbaine (Adoum, 2011), et dans les villages de Kologodjessé et Barkoundouba, situés en zone rurale (Ikio, 2011 ; Sangaré, 2011). De ces études, il est ressorti que les eaux grises produites dans l'ensemble des ménages de ces villages ne satisfont pas aux normes nationales de rejet.

Cependant, la quantité des eaux grises produites par les ménages pourrait servir de base pour alimenter un système de traitement autonome (Sangaré, 2011). C'est dans ce cadre que le projet portant sur l'étude pilote du traitement des eaux grises en zone rurale cas de Kologodjessé a été lancé et s'inscrit dans une logique de continuité du travail qui avait déjà été entamé par le projet.

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Objectif général

Tester les performances des dispositifs de traitement par bacs inclines installés dans les ménages en milieu rural.

Objectifs spécifiques

- Evaluer les taux d'abattement des polluants dans les dispositifs
- Evaluer l'adéquation des eaux grises traitées pour une réutilisation en irrigation
- Observer l'utilisation des dispositifs de traitement par les ménages

Hypothèses de l'étude

- Taux d'abattement des matières en suspension, DCO, DBO de plus de 60%
- Taux d'abattement des coliformes fécaux supérieur à 50%
- Eau traitée de qualité conforme à la norme de réutilisation en irrigation
- Faible abattement des minéraux (Nitrites, Nitrates)

Le présent document comprend une introduction, trois grandes parties qui sont les généralités, la méthodologie, les résultats-discussions et une conclusion suivi de recommandations.

1 GENERALITES

1.1 ZONE DE L'ETUDE

Le village de Kologodjessé (figure 1) est situé dans la province de l'Oubritenga à 5 km du chef-lieu de province Ziniaré. Il est à majorité constitué de Mossi et compte 104 ménages. Le climat de la région est de type soudano-sahélien caractérisé par une saison sèche longue (d'octobre à mai) et une saison des pluies plus brève (de juin à septembre) avec des précipitations annuelles qui se situent entre 600 et 900 mm. Le village dispose de 3 forages, d'un grand puits traditionnel vieux de 30 ans, et d'un petit barrage situé à une distance de 5km des habitations, qui est une source d'eau pour le jardinage. L'activité principale de la population est l'agriculture et élevage de chèvres, moutons et quelques vaches. Les ménages ne disposent pas de système d'évacuation des eaux usées. Seuls quelques ménages disposent de latrines de base pour l'évacuation des excrétas.

Figure 1 : Localisation du village de Kologodjessé

1.2 CARACTERISTIQUES DES EAUX GRISES

Les eaux grises sont définies comme des eaux usées domestiques qui ne proviennent pas d'une toilette et ne contenant pas d'urine ou de matière fécale (Morel et Diener, 2006). Elles proviennent généralement des eaux issues des cuisines, des douches et des buanderies (OMS, 2006a). La production d'eau grise est influencée par des facteurs tels que les sources d'approvisionnement en eau existantes, le nombre de personnes par ménage, l'âge, le mode de vie etc. (Morel et Diener, 2006). En zone rurale au Burkina Faso, les quantités d'eau sont de 70 à 147 L /j/concession (Sangaré, 2011) ; 67 à 344,2 L /j /concession (Ikio, 2011). Au Mali la production journalière est de 30 L/j par personne ; en Australie elle est de 110 L/j par personne (Morel et Diener, 2006).

La température des eaux grises est souvent plus élevée que celle des eaux d'approvisionnement et varie dans la plage de 18-30°C (Crites et Tchobanoglous, 1998). Il est important de mesurer la température de l'eau grise car la solubilité des gaz, l'activité microbiologique et la rapidité des réactions dépendent fortement de la température (Klee, 1998 ; Sana ,2009).

La valeur du pH varie entre 6,7 et 8,35 en Palestine, 6,5 et 8,2 en Israël (Morel et Diener, 2006) et au Burkina Faso, 6,9 et 7,8 (Sangaré, 2011). Une eau d'irrigation avec un pH en dehors de la plage normale comprise 6, 5 et 8.,5 peut affecter la balance nutritionnelle ou peut contenir des substances toxiques (Ayers and Westcott, 1994 ; Department of water affairs and forestry, 1996).

1.2.1 Composition en matières organiques

Les matières en suspensions sont des particules et des colloïdes causant la turbidité des eaux grises et entrainant le colmatage des conduites (Morel et Diener, 2006). La concentration en matière en suspension dans les eaux grises peut varier entre 50-300mg/l (Del Porto and Steinfeld, 1999).

Différentes études indiquent une faible biodégradabilité des eaux grises avec un ratio de DCO/DBO_5 de 2,9 – 3,6 (Al-Jayyousi, 2003; Jefferson et al, 2004) cela est attribué au fait que la biodégradabilité des eaux grises dépendent fortement du type de surfactants synthétique utilisés dans les détergents et de la quantité d'huile et de graisse présents.

1.2.2 Compositions en nutriments

L'azote et le phosphore sont d'importants paramètres qui donnent de la valeur fertilisante pour les plantes (Morel et Diener, 2006). Les concentrations en phosphore sont typiquement trouvées autour de 4-14mg/L dans les régions ou les détergents phosphorés sont utilisés (Eriksson *et al.*, 2002). La valeur typique de l'azote dans les eaux grises domestiques varie entre de 5-50 mg/L (Siegrist et al, 1976).

1.2.3 Composés spécifiques

Les eaux grises contiennent des sels mesurés par électro-conductivité. L'électro-conductivité mesure la salinité de tous les ions dissout dans l'eau grise y compris les ions chargé négativement (Cl^-, NO_3^-) et positivement (Na^+, Ca^{2+}). La valeur du ratio d'absorption du sodium (RAS) varie entre 2-10 et dépend fortement des produits de lessive utilisé par le ménage (Gross *et al.*, 2005 ; Bino, 2004 ; Morel et Diener, 2006). Les pays Européens et les états d'Amérique du Nord recommandent pour l'irrigation d'utiliser des eaux ayant un ratio d'absorption de sodium (RAS) inférieur à 15 pour les plantes sensibles (FAO, 1985). En outre, un usage continu d'eau grise non traitée avec un RAS élevé provoque une déstructuration du sol et limite son aération et sa perméabilité (OMS, 2006b ; Wiel-Shafran et al., 2006 ; Morel et Diener, 2006).

Les eaux usées urbaines contiennent des doses parfois importantes de surfactants. Les eaux grises contenant des valeurs de détergents anioniques d'une valeur supérieure à 35mg/L entrainent la mort des plantes. Des valeurs élevées de tensio actifs anioniques ont causé la réduction de la croissance des plantes sensibles telles que la laitue (Gross *et al.*, 2005 ; Ito ,2009). Dans le cadre de la réutilisation des eaux grises les surfactants doivent être traitées et suivi de près pour éviter la dégradation des plantes et des sols.

1.2.4 Paramètres microbiologiques

Les eaux grises peuvent poser un risque de santé liés à la contamination avec les pathogènes. Les contaminations fécales des eaux grises, traditionnellement exprimées par des indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes fécaux, dépendent fortement de l'âge des membres de la famille. Une forte contamination peut être observée dans les lieux ou

les bébés et les enfants en bas âges sont présents. Les concentrations de coliformes tournent autour 10^3 –10^6 UFC/100 ml (Morel et Diener, 2006).

1.3 IMPACTS DE LA REUTILISATION DES EAUX GRISES TRAITEES

1.3.1 Impact sur le sol et la plante

L'utilisation des eaux grises à des fins d'irrigation agricole survient fréquemment à cause de la rareté de l'eau et la croissance démographique (Bernard et al, 2003). La réutilisation de ces eaux peut apporter des éléments fertilisants le sol tels que le phosphore total, l'azote et le potassium pouvant contribuer au développement des cultures. De plus si les matières en suspension sont en pourcentage élevé, la texture du sol, la fertilité et l'activité microbiologique dans le sol pourrai être améliorés (OMS, 2006b).Cependant des risques existent et peuvent être liés aux Liner alkyl benzène sulfonate (LAS), lors de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation. Ces risques peuvent causer des problèmes de croissance aux plantes telles que la laitue et causer des maladies aux des cultures telles que la chlorose (Ito, 2009).

1.3.2 Risque sur la santé humaine

les écoulements d'eaux grises dans les rues et les cours intérieures des propriétés au sein des communautés à faibles revenus sont notamment à l'origine de maladies hydriques avec la prolifération des moustiques, de nuisances olfactives et la détérioration esthétique de l'environnement (Sangaré, 2011). La matière organique dans les eaux grises stockées est décomposée par des microorganismes, augmentant ainsi leur croissance qui conduit à une anaérobiose du milieu environnant avec le dégagement d'odeurs désagréables (Murphy, 2006 ; Hamel, 2006).

1.4 SYSTEMES DE TRAITEMENT DES EAUX GRISES PAR FILTRATION

1.4.1 Filtre planté à écoulement horizontal

Les filtres plantés à écoulement horizontal sont constitués d'une couche de matériaux imperméable (plastique) et rempli avec du sable ou de gravier. 5 à 10 cm de sol sont appliqués à la surface du massif filtrant pour faciliter le développement des plantes émergentes.

L'écoulement dans le filtre se fait horizontalement et le niveau de l'eau est contrôle par un coude situé à la sortie entre 10-15 cm sous la surface du sol.

Ce système est avantageux car il présente une efficience en termes d'élimination des matières en suspension et des matières organiques dissoutes. Il présente aussi des faiblesses tels que la nécessité de connaissances pour la construction, risques de colmatage si les eaux grises ne sont pas suffisamment prétraitées. Ce système est utilisé dans plusieurs pays tels que le Pérou, la Malaisie, aux Etats Unis, au Sri Lanka, en Jordanie ainsi qu'en Europe. Les performances épuratoires sont de 80-90% pour la DBO_5, 80-95% pour les matières en suspension, 15-40% pour l'azote total, 30-40% pour le phosphore total, < 2-3 log pour les coliformes fécaux (Morel et Diener, 2006).

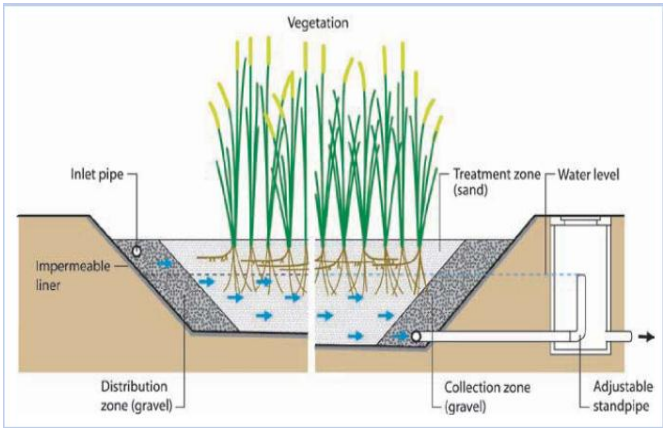


Figure 2 : Filtre planté au Mexique (a) Coupe transversale d'un filtre planté (b)
Source : Morel et Diener, 2006

1.4.2 *''Slanted soil treatment''* (SST)

Le système de traitement des eaux grises par le slanted soil treatment a été conçu pour collecter des eaux de ménage dans une série de bacs empiles et inclines d'une pente de 5%. Ces eaux traitées par filtration sont collectées dans un réservoir tampon et parfois mélangé avec de l'urine pour être utilisée en irrigation. Le slanted soil treatment est avantageux car il prend moins de place et peut être conçu avec des matériaux locaux (Ito, 2009). Les taux d'abattement du dispositif sont de 66.3% pour les matières en suspension, 78.4% pour la DBO_5, 64.8% pour la DCO, 49.6% pour le phosphore, 20.6% pour l'azote.

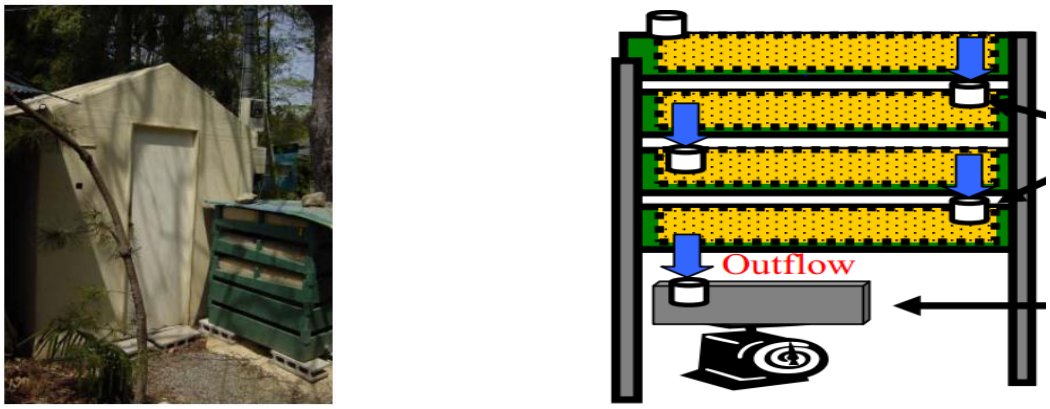


Figure 3 : Système SST à Chichibu au JAPON (a) Schéma du slanted soil système (b) Source : Ito, 2009

1.4.3 NORME DE REUTILISATION DES EAUX GRISES EN IRRIGATION

L'utilisation des eaux usées requiert des niveaux de traitement en vue d'éviter les problèmes de santé et minimiser l'impact sur l'environnement (sol, eaux de surface et souterraines). Des normes existent au niveau international (OMS, FAO) visent à fixer des seuils d'utilisation pour chaque type de pollution. Le tableau I présente les normes de réutilisation des eaux grises en irrigation.

Tableau I : Normes de réutilisation des eaux grises en irrigation

Paramètres	Norme	Source
E.coli	< 10^3-10^5 UFC/100mL	WHO (2006c)
Coliformes fécaux	< 10^4 UFC/100mL	Blumenthal et al. (2000)
pH	6.5 à 8.4	S.E.E.E
Température	<35°C	S.E.E.E
Conductivité	< 3000 µS/cm	WHO 2006b
Calcium	<200 [mgl^{-1}]	Khodapana et al. 2009
Magnésium	<200 [mgl^{-1}]	Khodapana et al. 2009
Matières en suspension	<450 [mgl-1]	WHO 2006 c.
DBO5	110-400 [mgl^{-1}]	WHO 2006 c.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 PRESENTATION DES SITES EXPERIMENTAUX

L'étude s'est déroulée dans le village de Kologodjessé dans deux familles-pilotes (tableau II). Le premier site expérimental est un ménage composé de 6 habitants, et le deuxième site est une concession de 24 personnes reparties au sein de 3 ménages. L'installation des pilotes s'est effectuée suivant la taille des concessions (nombre de personnes par concession) ; ainsi un dispositif a été installé dans la famille 1 tandis que trois (3) autres pilotes sont installés dans la famille pilote 2. Au sein du premier ménage les tâches ménagères sont les activités principales génératrices d'eau grises (lessive, vaisselle, douche, activités domestiques) tandis que dans le second ménage en plus des activités ménagères il y a aussi la production de dolo pour la commercialisation.

Tableau II : tableau présentant les familles pilotes et le nombre de pilots installés

Concession	Famille	Numéro du dispositif	Nombre de personnes	Nombre de pilotes installés
Concession 1	1	D1	4	1
	2	D2	13	1
	3	D3	7	1
Concession 2	4	D4	6	1

2.2 COMPLEXE DOUCHE-DISPOSITIF DE TRAITEMENT PAR BACS INCLINES

Le pilote de traitement (figure 5) des eaux grises est composé de trois grandes parties ;

- le point de collecte est composé de deux compartiments : le premier est un contenant en polyéthylène qui a pour rôle de collecter les eaux provenant de la lessive et de la vaisselle . Le deuxième compartiment est une conduite qui achemine les eaux de douche vers la zone de filtration.
- la zone de filtration est constituée de deux (2) bacs superposés de 3 m de longueur totale : le bac supérieur, de nature plastique, mesure 1 m de long. Cette partie

supérieure repose sur un bac inférieur construit en briques de 2 m de longueur et de largeur 20 cm. Les bacs sont inclinés d'une pente de 5% pour permettre l'écoulement des eaux Ils ont été remplis avec du granite comme matériaux filtrant à une épaisseur de 10 cm ;

- le point de stockage des eaux traitées est un contenant en polyéthylène de 200l muni d'un couvercle, enfoui dans le sol et destiné à recueillir les eaux provenant de la zone de filtration.

Le principe de fonctionnement du dispositif est la filtration horizontale sur un lit de matériaux constitué d'un mélange de granite. La taille du granite utilisé varie entre 1 et 9 mm. Le choix s'est porté sur le granite pour des raisons de disponibilité et de faible teneur en particules fines.

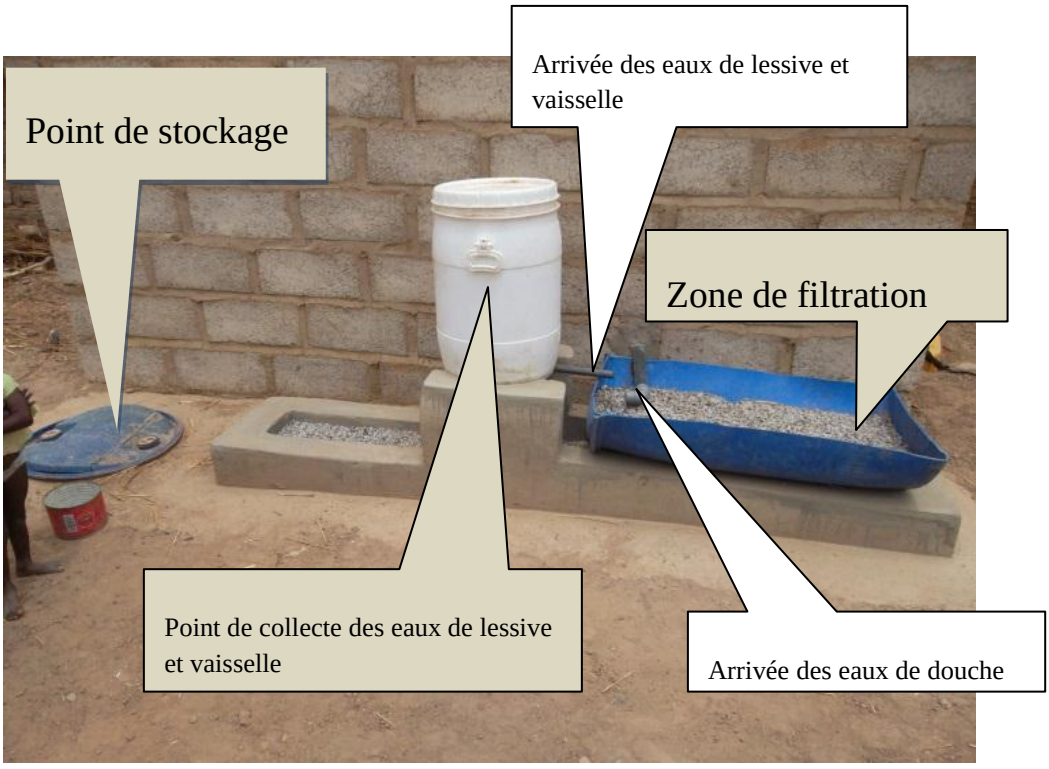


Figure 4 : Dispositif de traitement des eaux grises par bac incliné

2.3 PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

2.3.1 Fréquence de prélèvement des échantillons

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés sur une période de six semaines allant du 12 avril au 14 mai 2012, avec une fréquence de deux prélèvements par semaine (lundi et Mardi). Le choix s'est porté sur ces deux jours de la semaine car le lundi étant un jour de classe, les eaux grises produites sont issues à majorité des activités des adultes tandis que le jeudi, on a une production des jeunes et des adultes.

2.3.2 Points de prélèvement

Les prélèvements ont été réalisés au niveau des points d'entrée et de sortie des eaux grises dans le dispositif de traitement et dans le bac de stockage. La collecte des échantillons a été faite dans des flacons en polyéthylène de 1 L pour les analyses physico-chimiques ainsi que dans des flacons en verre stérilisés de 500 mL pour les analyses bactériologiques. Pour chaque sortie une quarantaine de flacons dont 20 en polyéthylène et 20 autres en verre stériles ont été mobilisés. Les échantillons ont été minutieusement conservés dans deux glacières contenant des accumulateurs de froid chargés de maintenir la température à 4^{o}C.

2.4 MESURE DES PARAMETRES

2.4.1 Mesures *in situ*

Le pH, la température, la conductivité et l'oxygène dissout ont été mesurés sur le terrain immédiatement après le prélèvement des échantillons à l'aide de deux multi paramètres WTW 340i et WTW Multiline P3 pH/Oxi-SET.

2.4.2 Analyses physico-chimiques

Pour la mesure de la pollution particulaire, les matières en suspension (MES) ont été évaluées au laboratoire par la méthode de filtration sur membrane GFC. Le calcul des concentrations de matières en suspension a été fait selon la formule suivante :

$$\text{MES} = \frac{M_2 - M_1}{V} * 1000$$

M_1 : Masse de la membrane filtrante avant utilisation (mg)

M_2 : Masse de la membrane filtrante après utilisation (mg)

V : Volume de l'eau utilisé (mL)

Les ions calcium, magnésium et sodium ont été mesurés par complexométrie et spectrophotométrie.

Tableau III : Tableau présentant les méthodes d'analyses des ions calcium, magnésium et sodium.

Paramètre	**Méthode d'analyse**
Calcium	Complexométrie (Calcon, EDTA)
Sodium	Spectrophotométrie (spectrophotomètre à émission de flamme type Jenway PFP7)
Magnésium	Complexométrie (NET, EDTA)

Le RAS est calculé selon la formule suivante :

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} * Mg^{2+}}{2}}}$$

2.4.3 Paramètres chimiques organiques

La mesure de la pollution organique a consisté au suivi de la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et de la DBO_5 (Demande Biologique en Oxygène en 5 jours). La DCO a été analysée par la méthode d'oxydation en milieu acide dans un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), suivi d'une lecture au spectrophotomètre DR 2000 HACH.

La DBO_5 a été évaluée par la méthode respirométrique qui a consisté à conserver un volume représentatif de l'échantillon dans l'obscurité en tube Emeri fermé, à 20°C, pendant 5 jours suivi d'une lecture sur un oxitop.

2.4.4 Paramètres chimiques minéraux

Le suivi des paramètres chimiques minéraux a consisté au dosage de l'ammonium, des nitrites, des nitrates, du sulfate, des orthophosphates et du phosphore total. Le dosage de l'ammonium (NH_4^+) a été réalisé par colorimétrie (méthode au réactif de Nessler) ; ceux des nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) sulfates (SO_4^{2-}) et orthophosphates (PO_4^{2-}) ont été réalisés par

spectrophotométrie avec respectivement comme réactif le nitrater, le nitriver, le sulfaver et le phosver.

2.4.5 Analyses microbiologiques

L'élimination de la pollution microbiologique a été réalisée en utilisant les coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les entérocoques comme indicateurs de contamination fécale. Le milieu de culture utilisé pour ces analyses se présente sous forme de gélose chromogène sélective qui est le Chromocult Coliform Agar pour les coliformes fécaux et *E. coli* et Slanetz et Bartley pour les entérocoques. Le dénombrement a été réalisé au bout de 24 h d'incubation à 44°C pour les coliformes et 48 h à 37°C d'incubation pour les entérocoques.

Estimation des charges bactériennes

Les charges bactériennes pour 100 mL sont estimées à partir de la formule suivante :

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

N : nombre de bactéries pour 100 mL d'échantillon (UFC/100 mL)

n : nombre de colonies caractéristiques comptées sur la boite de Pétri

d : taux de dilution de l'échantillon ensemencé

v : volume d'essai (mL)

2.5 OBSERVATION SUR LE FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

Les observations ont été effectuées lors des sorties sur le terrain et ont consisté à suivre les dispositifs premièrement au niveau du filtre pour identifier la présence de biofilm, d'odeurs et la présence d'un phénomène de colmatage. Au niveau de l'utilisation du dispositif, le respect des consignes d'utilisation ont été observés, l'entretien du dispositif et les tranches d'âges utilisant les pilotes.

CHAPITRE 3 :RESULTATS ET DISCUSSION

3 RESULTATS

3.1.1 Paramètres liés aux performances épuratoires du dispositif

La figure 3 présente les taux d'abattement des matières en suspension dans chaque dispositif étudié. Le plus grand taux d'abattement (73%) a été obtenu dans le filtre 3. La plus faible valeur d'abattement est de 31% dans le filtre 4.

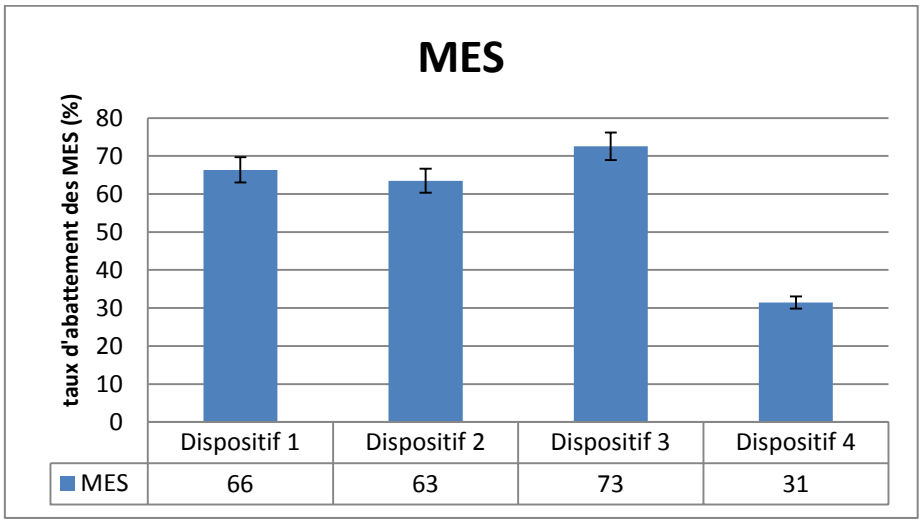


Figure 5 : Taux d'abattement des MES dans les différents dispositifs

La figure 4 présente le taux d'abattement de la DCO dans les 4 dispositifs. Au niveau du dispositif 1 le taux est de 43%, dans le dispositif 2 il est de 54 %.

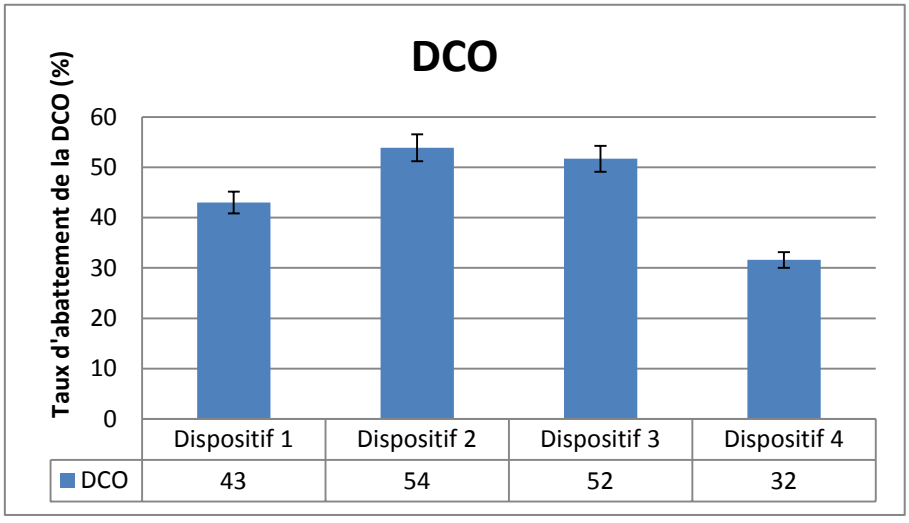


Figure 6 : Taux d'abattement de la DCO dans les différents dispositifs

Des taux d'abattement de la DBO_5 de 34%, 55%, 80% et 54% respectivement dans les dispositifs 1, 2, 3 et 4 sont présentés dans la figure 5.

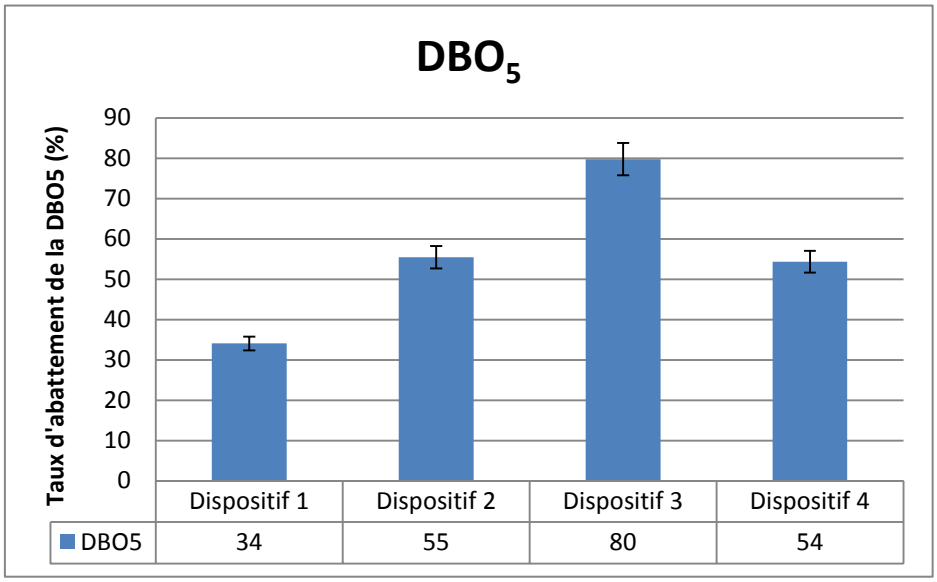


Figure 7: Taux d'abattement de la DBO_5 dans les différents dispositifs

La figure 6 présente l'abattement de *E.coli* dans chacun des dispositifs. Le faible taux a été obtenu dans le dispositif 2.

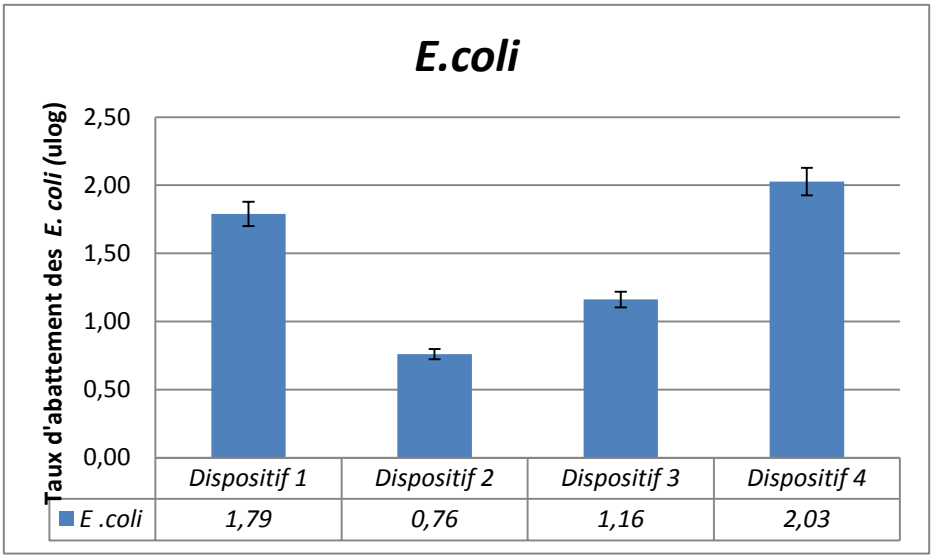


Figure 8 : Abattement des *E.coli* dans les différents dispositifs

La figure 7 présente l'abattement des coliformes fécaux dans chacun des dispositifs. Le faible taux a été obtenu dans le dispositif 2 (0,49 u.log).

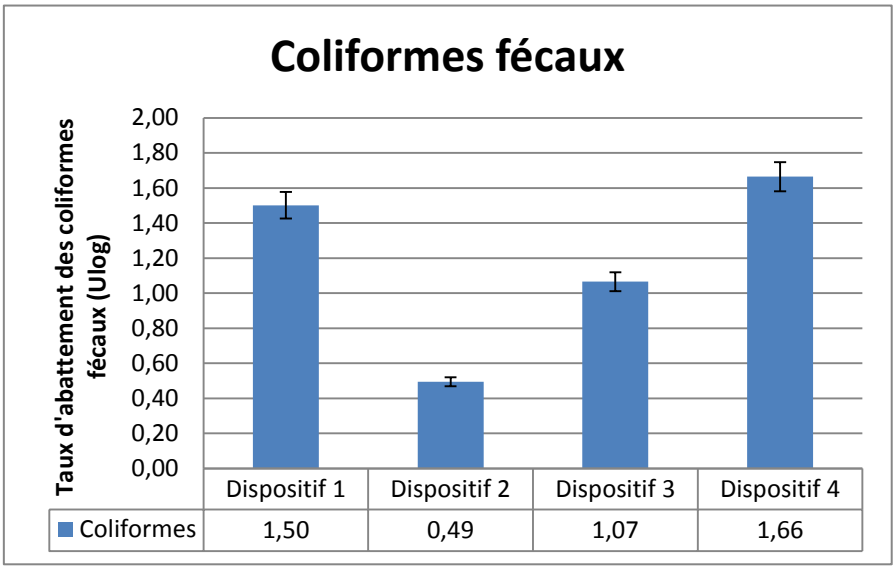


Figure 9 : Abattement des coliformes fécaux dans les différents dispositifs

La figure 8 présente l'abattement des entérocoques dans chacun des dispositifs. Le faible taux a été obtenu dans le dispositif 2 (0,03 u.log).

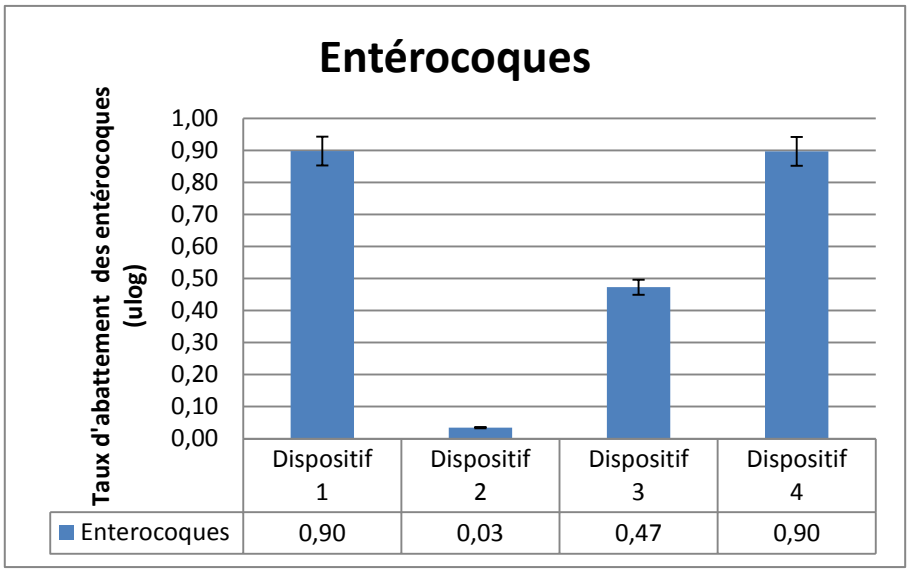


Figure 10 : Abattement des entérocoques dans les différents dispositifs

Le tableau IV nous présente les variations des MES, DCO et DBO_5 dans l'ensemble des 4 dispositifs étudiés. Les valeurs des matières en suspension varient entre 568,9 et 1132,5 mg/L pour les eaux de douches à l'entrée des dispositifs. La valeur moyenne maximale de la DCO des eaux de douche à l'entrée est de 1283,8 mg/L et la valeur moyenne minimale est de 487,5 mg/L. A la sortie les valeurs des eaux de lessive et vaisselle varient entre 200 mg/L et 3746,9 mg/L.

Tableau IV : Valeur moyenne et écart types de MES, DBO_5, DCO

	ED Brute	Ecart type	ED Traitée	Ecart type	LV Brute	Ecart type	LV Traitée	Ecart type
MES D1 (mg/L)	569	185	221	128	1655	1207	557	464
MES D2	914	643	203	156	2257	1559	505	379
MES D3	1133	505	284	161	3090	1385	714	581
MES D4	690	295	553	491	1369	849	739	536
DBO_5 D1 (mg/L)	225	155	638	649	1217	832	333	340
DBO_5 D2	731	335	965	514	3062	1072	1783	129
DBO_5 D3	538	259	625	617	2038	377	Nd	Nd
DBO5 D4	625	106	325	35	1375	742	Nd	Nd
DCO D1 (mg/L)	1069	848	1374	927	3747	2021	2019	1448
DCO D2	1045	777	1195	947	4313	2705	1807	1484
DCO D3	1290	1041	1385	1274	4471	2552	1890	1377
DCO D4	1284	711	2085	1444	3444	1530	2146	1902

Le tableau 4 présente les valeurs moyennes des *E.coli*, coliformes fécaux et entérocoques. La valeur des *E.coli* au niveau des eaux de douche non traitées varient entre $4{,}98.10^6$ et $1{,}22.10^8$ ufc/100mL et à la sortie du dispositif les valeurs sont comprises entre $6{,}28.10^5$ et $3{,}23.10^7$ ufc/100mL. Les valeurs des entérocoques au niveau des eaux de lessive et vaisselle varient entre $3{,}43.10^6$ et $1{,}76.10^6$ ufc/100mL à l'entrée du dispositif et à la sortie elles varient entre $1{,}86.10^5$ et $6{,}55.10^6$ ufc/100mL.

Tableau V : valeur moyenne des *E coli*, coliformes fécaux et entérocoques

	ED Brute	ED Traitée	LV Brute	LV Traitée
***E coli* D1** (ufc/100mL)	$2{,}50.10^7$	$3{,}09.10^7$	$3{,}09.10^7$	$2{,}35.10^7$
***E coli* D2**	$1{,}22.10^8$	$9{,}71.10^5$	$3{,}99.10^8$	$1{,}52.10^7$
***E coli* D3**	$4{,}98.10^6$	$3{,}23.10^7$	$1{,}22.10^8$	$1{,}57.10^7$
***E coli* D4**	$1{,}47.10^7$	$6{,}28.10^5$	$1{,}62.10^6$	$8{,}05.10^5$
Coliformes D1 (ufc/100ml)	$3{,}29.10^7$	$5{,}35.10^7$	$9{,}72.10^7$	$2{,}89.10^7$
Coliformes D2	$2{,}17.10^8$	$1{,}98.10^7$	$5{,}69.10^8$	$8{,}93.10^7$
Coliformes D3	$8{,}97.10^6$	$4{,}35.10^7$	$4{,}41.10^8$	$9{,}90.10^7$
Coliformes D4	$7{,}12.10^7$	$2{,}96.10^7$	$1{,}66.10^7$	$7{,}74.10^6$
Entérocoques D1 (ufc/100ml)	$4{,}88.10^5$	$2{,}52.10^6$	$4{,}98.10^6$	$6{,}56.10^6$
Entérocoques D2	$9{,}83.10^5$	$1{,}88.10^6$	$1{,}76.10^7$	$6{,}55.10^6$
Entérocoques D3	$5{,}63.10^5$	$3{,}06.10^6$	$3{,}43.10^6$	$2{,}26.10^6$
Entérocoques D4	$2{,}11.10^5$	$2{,}35.10^4$	$7{,}11.10^6$	$1{,}86.10^5$

ED : eau de la douche

LV : eau de lessive et vaisselle

3.1.2 Qualité des eaux dans le réservoir de stockage

Au niveau du réservoir de stockage, l'analyse des paramètres *in situ* nous donne des valeurs de pH dans les 4 dispositifs variant entre 6,96 et 7,8 (Tableau VI, Tableau VII). La conductivité a des valeurs comprises entre 901,85 et 1808,88 µS/cm avec des valeurs de température variant entre 29,63 et 33,49 ^oC. L'oxygène dissout varie entre 4,33 et 5,67 mg/L.

La pollution particulaire mesurée par les MES a donné des valeurs moyennes variant entre 165 à 422 mg/L. La DCO a donné des valeurs variant entre 997,7 L et 1553,2 mg/L et les valeurs de DBO_5 sont comprises entre 287,5 et 650 mg/L.

Les valeurs en nitrite dans le bac varient entre 0,0337 et 0,0604 mg/L et les nitrates sont comprises entre 36,92 et 41,2 mg/L. Celle des ions ammonium varie entre 22,25 et 35,03 mg/L ; la valeur moyenne des ions orthophosphate se situe entre 2,38 et 6,79 mg/L . Le

phosphore total quant à lui, se situe entre 4,57 et 9,06 mg/L avec un intervalle compris entre 6,44 et 21,43 mg/L pour le sulfate .

Les ions calcium, magnesium et sodium ont leurs valeurs moyennes situées respectivement entre 24,85 et 39,44mg/L , 14,11 et 19,70 mg/L, et 311,52 et 452,41 mg/L.

Au niveau de la qualité bacteriologique les valeurs de *E.coli* se situent entre 4,49 et 7,47 u.log/100mL , 5,33 et 7,64 ulog/100ml pour les coliformes fécaux et entre 4,51 et 5,31 u.log/100mL pour les entérocoques.

Tableau VI : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans le bac de stockage1 et 2

	Dispositif 1		Dispositif 2	
Paramètres	**Moyenne**	**Ecart type**	**Moyenne**	**Ecart type**
pH	7,71	0,47	7,17	0,59
Température (°C)	31,83	2,44	32,41	3,28
O_2 Dissous (mg/L)	5,18	4,91	5,04	3,90
Conductivité (µS/cm)	1291,56	220,87	901,85	604,26
MES (mg/L)	389,58	247,54	165,19	56,40
DCO (mg/L)	1553,25	1173,68	1133,14	1035,34
DBO_5 (mg/L)	512,50	480,23	287,50	25,00
NO_2^-(mg/L)	0,0604	0,0429	0,0358	0,0305
NO_3^-(mg/L)	37,41	7,38	39,38	31,10
NH_4^+ (mg/L)	32,28	16,19	22,25	13,91
PO_4^{3-} (mg/L)	2,38	1,25	3,46	2,71
Ptot (mg/L)	4,57	3,06	5,21	5,15
SO_4^{2-} (mg/L)	17,50	15,82	7,57	4,19
Ca^{2+}(mg/L)	24,85	10,98	35,18	22,11
Mg^{2+} (mg/L)	17,75	5,85	14,11	8,12
Na^+ (mg/L)	328,16	179,98	311,52	119,45
SAR	24,74	13,79	27,81	15,29
***E.coli* (ulog)**	5,34	0,86	5,71	1,44
Coliformes (ulog)	6,13	0,92	6,58	1,20
Entérocoques (ulog)	4,51	0,99	4,82	1,13

Tableau VII : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans le bac de stockage 3 et 4

	Dispositif 3		Dispositif 4	
Paramètres	**Moyenne**	**Ecart type**	**Moyenne**	**Ecart type**
pH	6,96	0,60	7,81	0,20
Température (°C)	33,49	3,28	29,63	10,51
O_2 Dissous (mg/L)	4,33	3,81	5,67	4,95
Conductivité (µS/cm)	1808,88	207,35	1074,71	116,98
MES (mg/L)	422,00	294,39	383,70	240,87
DCO (mg/L)	1078,63	835,94	997,71	792,37
DBO_5 (mg/L)	650,00	470,81	316,67	175,59
NO_2^-(mg/L)	0,0434	0,0380	0,0337	0,02
NO_3^-(mg/L)	41,20	26,75	36,92	15,66
NH_4^+ (mg/L)	28,86	19,19	35,03	19,68
PO_4^{3-} (mg/L)	6,79	4,46	3,19	2,21
Ptot (mg/L)	9,06	5,40	7,83	7,15
SO_4^{2-} (mg/L)	21,43	15,77	6,44	4,90
Ca^{2+}(mg/L)	39,44	11,76	35,27	13,86
Mg^{2+} (mg/L)	19,70	6,73	16,54	6,95
Na^+ (mg/L)	452,41	105,28	324,50	192,78
SAR	23,96	4,37	23,43	19,81
***E.coli* (u.log)**	7,47	0,92	4,49	1,74
Coliformes (u.log)	7,64	0,81	5,33	1,75
Entérocoques (u.log)	5,31	0,95	4,55	1,14

4 DISCUSSION

4.1 Performances des dispositifs de traitement

Les paramètres étudiés pour l'évaluation des performances en abattement de la pollution particulaire, organique et bactérienne ont été les MES, la DCO, la DBO_5, les coliformes fécaux et *E.coli.* De cette étude, il ressort que les eaux les plus chargées en termes de pollution particulaire sont celles issue de la lessive et de la vaisselle avec une valeur maximale de 3089,6 mg/L observée au niveau du dispositif 3. Cette valeur maximale obtenue est 2 fois supérieure à celle obtenue par Del Porto and Steinfeld (1999). Au niveau des taux d'abattement des matières en suspension, le plus grand abattement a été obtenu lors de la filtration des eaux de douche dans le dispositif. Cette différence dans la performance épuratoire pourrait s'expliquer par la charge élevée des MES dans les eaux de lessive et vaisselle. D'après les travaux de Morel et Diener (2006), cette charge élevée contribuerait à diminuer les performances du filtre et souvent à le colmater. L'abattement de 73% en MES obtenu au niveau du dispositif de traitement par les bacs inclinés est inférieure à celle obtenue par Ito (2009). Elle avoisine aussi les valeurs d'abattement obtenues au niveau des filtres à flux verticaux qui varie entre 65 et 85%.

Lors de l'expérimentation, il a été observé qu'au niveau des eaux de douche, la DCO et la DBO_5 à la sortie sont plus élevées qu'à l'entrée des dispositifs. Ce phénomène est observable lorsque le prélèvement de ces eaux se fait après passage de l'eau de lessive et vaisselle à travers le filtre. Concernant l'élimination de la pollution organique au niveau des eaux de lessive et vaisselle les rendements épuratoires en DCO sont compris entre 31,59 et 53,87%. Cet abattement est inférieur à celui obtenu au niveau du "*slanted soil treatment"* qui est de 64,8%. Le rendement maximal obtenu au niveau des bacs inclinés avoisine le rendement minimum obtenu dans le cas d'un traitement par un filtre à flux horizontal ou vertical (80-90%). Au niveau de la pollution bactérienne, les abattements obtenus au niveau des *E. coli* varie entre 0,76 et 2,03 log. Ces valeurs sont très faibles en comparaison avec les taux d'abattement obtenus au niveau du "*slanted soil treatment"* qui est de 2 log.

4.2 Qualité des eaux grises traitées et réutilisation en irrigation

Les valeurs de DBO_5 obtenues dans le bac de stockage sont respectivement de 512,5 ; 650 ; 287,5 ; 316,7 mg/L dans les dispositifs 1, 2, 3 et 4. On note que ces effluents sont biodégradables avec des rapports DCO/DBO_5 compris entre 1,67 et 3,94. Le dispositif 3 présente un rapport de biodégradabilité légèrement supérieur aux travaux de Li *et al*. (2009). Les valeurs des matières en suspension se situent entre 332,3 et 545,3 mg/L. Au regard de la valeur guide de réutilisation des eaux grises pour l'irrigation (OMS 2006 c), seul le premier dispositif a une valeur relativement supérieure qui est de 545,3 mg/L. Ce qui permet de dire que dans l'ensemble, les bacs permettent d'avoir des teneurs en MES en accord avec les recommandations de l'OMS. Les matières en suspension pourraient contribuer à améliorer la texture et l'activité microbiologique dans le sol.

Les valeurs de coliformes fécaux dans le bac varient entre $5{,}38.10^6$ et $1{,}84.10^8$ /100 mL. Cette qualité bactériologique pourrait s'expliquer premièrement par un faible abattement des coliformes par le filtre dont la valeur maximale est de 1,66 u.log. Ce qui nous permet de dire que sur le plan de l'abattement des coliformes fécaux le système pourrait être déficient.

En comparant les valeurs des bactéries à la sortie qui sont de $2{,}35.10^7$ pour les *E. coli*, $9{,}90.10^7$ pour les coliformes fécaux, avec celles du bac qui sont de $1{,}84.10^8$ pour les coliformes fécaux, $1{,}42.10^8$ pour les *E.coli* nous remarquons une augmentation de chaque population bactérienne. Le stockage des eaux traitées dans le bac pourrait contribuer à modifier la qualité bactériologique de l'eau traitée. D'après des études menées sur la qualité des eaux grises durant le stockage par Tal et *al*. (2011), le stockage des eaux grises pendant 24h pourrait améliorer la qualité de l'eau, mais le stockage de plus de 48 h pourrait sérieusement réduire l'oxygène dissout et conduire à ce qu'ils appellent « les problèmes esthétiques », les odeurs et les processus anaérobies. Rose *et al.* (1991) ont constaté une augmentation de 1-2 log dans le dénombrement des coliformes totaux et fécaux sur les 48 premières heures de stockage des eaux grises.

Les valeurs en ions calcium et magnésium varient respectivement dans les plages de 24,8 et 39,4 mg/L et 14,1-19,7 mg/L. Les valeurs obtenues sont en accord avec les normes relatives aux valeurs limites des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} (Khopdapanah *et al.*, 2009). Les valeurs obtenues du RAS qui sont de 24,7 , 27,8, 23,9 et 24,43 respectivement pour les dispositifs 1,

2, 3 et 4 sont supérieures aux valeurs admissibles qui sont comprises entre 3 et 9. Cela pourrait s'expliquer par la forte teneur en sodium des eaux traitées. La valeur du RAS dépend fortement des produits de lessive utilisé par le ménage (Gross et al, 2005 ; Bino, 2004). D'après de études menées sur les effets du RAS, Wiel-Shafran et *al*. (2006), un usage continu d'eau grise avec un RAS élevé supérieure à 15 provoquerait une déstructuration du sol et limiterait son aération et sa perméabilité. Le LAS qui est un des composant des produits de lessive, pourrait causer des problèmes de croissance aux plantes telles que la laitue et causer des maladies aux des cultures telles que la chlorose lors de la réutilisation des eaux grises en irrigation (Ito, 2009).

Les teneurs en phosphore total dans les eaux grises traitées varient entre 4,57 et 9,06 mg/L elles sont comprises dans la plage de concentrations trouvées par Eriksson *et al*. (2002) en phosphore dans les régions ou les détergents phosphorés sont utilisés. Le phosphore contribuerait à apporter de la matière fertilisante aux plantes lors de la réutilisation des eaux grises en irrigation.

Les valeurs du pH dans les eaux traitées sont comprises dans la plage de valeur normale fixées par le Department of water affairs and forestry, (1996). Le pH ne contribuerait pas au déséquilibre de la balance nutritionnelle (Ayers and Westcott, 1994). Au l'électrocductivité dans les eaux la valeur maximale obtenue est de 1808 µS/cm , D'après les lignes directrices de l'OMS (2006b), en référence l'utilisation des excrétas et des eaux ménagères en agriculture l'électroconductivité ne pourraient pas interférer sur l'absorption de l'eau et des nutriments .

4.3 Observation du fonctionnement et de l'utilisation

Lors de l'expérimentation des dispositifs, le phénomène de colmatage a été observé au bout de 21 jours, pour les dispositifs 1 et 2 ; 18 jours pour le dispositif 3 et 25 jours pour le dispositif 4. Pendant le suivi, il a été observé que lors de ces périodes les eaux entrant dans le filtre occupaient tout le filtre et s'infiltrent très lentement. Ce phénomène peut être expliqué par le fait que les matières en suspension et les polluants organiques contenues dans le filtre ne sont plus dégradés par l'activité microbienne dans le filtre provoquant ainsi l'obstruction des pores créant un colmatage du massif filtrant L'étude de Djédji *et al*. (1991) confirme la réduction de la porosité par accumulation des particules solides en suspension. Ce phénomène est d'autant plus important que le volume d'eau écoulé est grand. C'est ainsi que le débit d'écoulement diminue avec le temps à la suite du colmatage progressif du système filtrant.

Durant le suivi, la formation de biofilm sur le massif filtrant a été observée. Ce biofilm est spécialement localisé au niveau du point de chute des eaux grises dans le bac. Au bout de 14 jours de suivi, les eaux contenues dans les bacs de stockage présentaient des odeurs avec une couche noirâtre en surface. Sur le plan de la stabilité du dispositif, le système ne présentait aucune fissure, les siphons étaient à leurs places, mais au niveau des bacs de collecte des eaux de lessive et de vaisselle, le bac tombait fréquemment sous l'effet du vent ce qui contraignait les familles à les entrer dans les maisons pour éviter de les perdre. Sur le plan de l'utilisation, la mise en pratique des consignes d'utilisation a été effective au niveau des familles. Les dispositifs sont utilisés aussi bien par les adultes que les enfants. D'une façon générale, le système est apprécié par les familles qui voient en ce dispositif, des ouvrages qui contribuent à tenir leurs lieux propres et à améliorer leurs conditions de vie. Leur souhait est que les tests soit concluant afin que le système soit vulgarisé dans tout le village.

CONCLUSION

La présente étude menée dans le village de Kologodjessé a permis d'évaluer les performances épuratoires du système de traitement des eaux grises par la méthode des bacs inclinés et les différentes possibilités de réutilisation des eaux traitées en irrigation. Cette technologie est une solution appropriée au problème de gestion autonome des eaux grises en zone rural car elle est caractérisée par un potentiel relativement élevé d'abattement des paramètres de pollution organique. Les résultats relatifs aux taux d'élimination des bactéries restent très faibles.

Du point de vue de la réutilisation en irrigation des eaux traitées, l'équilibre entre les ions sodium, calcium et magnésium n'est pas atteint. La qualité bactériologique des eaux traitées ne répond pas aux normes de réutilisation en irrigation. le système de traitement par bacs inclinés présente des avantages tels que l'absence de consommation d'énergie, une facilité d'utilisation aussi bien pour les adultes que pour les enfants. Au regard de ces avantages du dispositif plusieurs recommandations ont été proposées pour une amélioration du dispositif et une facilité d'usage par les populations.

Les recommandations proposées sont les suivantes :

- La mise en place d'un tamis sur le bac de collecte pour la rétention de grosses particules solides contenues dans les eaux de lessive et de vaisselle ;
- la mise en place d'un régulateur de débit à la sortie du bac de collecte des eaux de lessive et vaisselle afin d'éviter un fort déversement des eaux sur le dispositif qui cause des affouillements dans le massif filtrant ;
- La mise en place d'une étude sur la quantification des eaux grises produites afin d'estimer les quantités d'eau disponibles pour agriculture ;
- Le suivi des paramètres en rapport avec la réutilisation en irrigation (azote et potassium) ;
- Mener des études avec des tailles variantes de granulats dans le massif pour optimiser le temps de colmatage du filtre et réduire la fréquence de nettoyage du filtre ;
- Envisager une modification du bac de stockage de sorte à mettre une bouche de vidange pour ne nettoyage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Al-Jayyousi (2003). Greywater reuse: towards sustainable water management. *Desalination*; 156 (1-3) :181–192.

Allabani ADOUM (2011). Caractérisation quantitative et qualitative des eaux grises en zone péri-urbaine au Burkina Faso: Cas du village Kamboinsé. Mémoire de Master en WASH Humanitaire, 2IE, Burkina Faso, 30p.

Ayers R. & Westcott D.(1994). Water quality for agriculture. *FAO irrigation and drainage paper*, 29 Review 1, Food and Agriculture Qrganisation of the United Nations.

Bino M.J. (2004). Greywater Reuse for sustainable Water Demand Management international, Water Demand Management Conference, Amman, Jordan.

Blumenthal U.J., Peasey A., Ruiz-Palacios G. & Mara D.D. (2000) Guidelines for Wastewater Reuse in Agriculture and Aquaculture: Recommended Revisions Based on New Research Evidence. WELL Study, Task No. 68 Part I. 67p.

Del Porto D., & Steinfeld C. (1999). The composting toilet system book: a practical guide to choosing, planning and maintaining composting toilet systems, a water-saving, pollution-preventing alternative.

Department of Water Affairs and Forestry (1996). South African Water,Quality Guidelines (second edition). Vol. 4: Agricultural Use: Irrigation. Pretoria, South Africa.

Drissa Sangaré (2011). Faisabilité du traitement et de réutilisation des eaux grises en milieu rural : cas de Barkoundouba (Ziniaré, Burkina Faso). Mémoire de Master en Génie Sanitaire, 2iE, Burkina Faso, 43p.

Eriksson E., Auffarth K., Eilersen AM., Henze M. & Ledin A., (2003). Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. *Water SA*, 29(2):135–146.

FAO, (1985). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage paper 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 174 p

Finley S., 2008. Reuse of domestic greywater for the irrigation of food crops. Master of Science degree Thesis, McGill University, Great Britain, 61p.

Gross A., Azulai N., Oron G., Ronen Z., Arnold M. & Nejidat A. (2005). Environmental impact and health risks associated with greywater irrigation: case study. *Water Science Technology*, 52(8):161-169.

Hamel S., (2006). Investigation of soils' properties in relation to grey water management in South Africa. Master of Science, Cranfield University Silsoe, Institute of Water and Environment, 66p.

Ididi philippine IKIO, (2011) .Faisabilité du traitement des eaux grises en milieu rural :cas de Kolongodjessé. Mémoire de Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2iE, Burkina Faso, 31p.

Kango ITO, (2010). Design of the slanted soil graywater treatment system for arid zones in developing countries. Master of Engineering thesis, Hokkaido University, Japan, 37p.

Khodapanah L., Sulaiman W. N. A. & Khodapanah D. N., (2009). Groundwater quality Assessment for Different Purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran. *European Journal of Scientific Research*, 36 (4): 543-553.

Li F., Wichmann K. & Otterpohl R., 2009. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment*; 407(11):3439–3449.

Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) (2006) Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement à l'horizon 2015 (PN-AEPA 2015), 55p.

Morel A. & Diener S. (2006). Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods. 90p.

Murphy K. O'H., 2006. A Scoping Study to Evaluate the Fitness-for-use of Greywater in Urban and Peri-Urban Agriculture. Pretoria: *Water Research Commission Report No. 1479/1/06*. 1-77005-471-5, 120p.

Naceur DJEDIDI & Abdennaceur HASSEN (1991). Propriétés physiques des sols et pouvoir colmatant des eaux usées en fonction de leur degré de traitement INRST, Centre des sciences et technique de l'eau. *ORSTOM*, sér. Pédol., 26 (1) : 3-10.

Nakushukuru Sana (2009). Characterisation of Greywater from peri-urban areas in Nakuru, Kenya. Master Thesis, 80p.

Rose, J.B., Sun, G-S., Gerba, C.P., Sinclair, N.A. (1991). Microbial quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various household sources. Water Research, 25 (1), 37-42.

Tal T., Sathasivan A., Krishna KC., (2011). Effect of Different Disinfectants on Grey Water Quality during Storage. Journal of Water Sustainability; 1(1):127–137.

Tchobanoglous G., Burton FL. & Stensel HD. (1991) .Wastewater engineering. Management; 7: 1– 4.

Wiel-Shafran A., Ronen Z., Weisbrod N., Adar E. & Gross A., (2006). Changes in soil properties following irrigation with surfactant-rich greywater. *Ecological Engineering*, 26 (4): 348-354.

World Health Organization (2006b). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater,Vol.4: Excreta and greywater use in agriculture. WHO Press, Geneva, Switzerland.

World Health Organization (2006c). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol.2: Wastewater use in agriculture. WHO Press. Geneva, Switzerland, 196p.

World Health Organization, (2006a) Overview of grey water management health considerations, World Health Organization Regional Office for the Eastern Mediterranean, Centre for Environment Health Activities, Amman, Jordan.

SITES INTERNET

www.Google earth.com

http://www.niebeburkinafaso.org/fr/region-plateau-central

ANNEXES

Tableau présentant les valeurs des paramètres dans le bac de stockage du dispositif 1

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	6,9	8,3	7,7
Température (°C)	26,1	35,7	31,8
O_2 Dissous (mg/L)	0,2	27,9	7,4
Conductivité (µS/cm)	1077,0	1726,0	1291,6
MES (mg/L)	100,0	2236,7	545,3
DCO (mg/L)	326,0	3900,0	1553,3
DBO_5 (mg/L)	100,0	1200,0	512,5
NO_2^-(mg/L)	0,0	0,4	0,1
NO_3^-(mg/L)	28,8	50,9	37,4
NH_4^+ (mg/L)	12,8	64,8	32,3
PO_4^{3-} (mg/L)	0,9	5,0	2,4
Ptot (mg/L)	1,5	11,9	4,6
SO_4^{2-} (mg/L)	1,0	49,0	17,5
Ca^{2+}(mg/L)	8,0	40,1	24,8
Mg^{2+} (mg/L)	12,2	29,2	17,8
Na^+ (mg/L)	74,3	647,8	328,2
SAR	4,66	30,43	16,77
E coli (ulog)	3,8	6,1	5,3
Coliformes (ulog)	5,0	7,3	6,1
Entérocoques (ulog)	3,1	6,6	4,5

Tableau présentant les valeurs des paramètres dans le bac de stockage du dispositif 2

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	6,3	7,9	7,2
Température (°C)	25,0	37,3	32,4
O_2 Dissous (mg/L)	0,3	1335,0	272,5
Conductivité (µS/cm)	9,2	1497,0	901,9
MES (mg/L)	90,0	1836,7	332,3
DCO (mg/L)	410,0	3440,0	1133,1
DBO_5 (mg/L)	250,0	300,0	287,5
NO_2^-(mg/L)	0,0	0,2	0,1

NO_3^-(mg/L)	**4,4**	**93,0**	**39,4**
NH_4^+ (mg/L)	**4,9**	**46,8**	**22,3**
PO_4^{3-} (mg/L)	**0,8**	**20,7**	**5,2**
Ptot (mg/L)	**0,7**	**16,6**	**5,2**
SO_4^{2-} (mg/L)	**2,0**	**45,0**	**12,3**
Ca^{2+}(mg/L)	**16,0**	**80,2**	**35,2**
Mg^{2+} (mg/L)	**0,5**	**29,2**	**14,1**
Na^+ (mg/L)	**138,1**	**499,1**	**311,5**
SAR	**6,70**	**35,77**	**18,85**
***E coli* (ulog)**	**2,0**	**6,9**	**5,7**
Coliformes (ulog)	**4,0**	**8,0**	**6,6**
Entérocoques (ulog)	**3,4**	**7,6**	**4,8**

Tableau présentant les valeurs des paramètres dans le bac de stockage du dispositif 3

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	**6,3**	**7,6**	**7,0**
Température (°C)	**25,7**	**36,0**	**33,5**
O_2 Dissous (mg/L)	**1,0**	**13,0**	**4,3**
Conductivité (µS/cm)	**1561,0**	**2223,0**	**1808,9**
MES (mg/L)	**116,7**	**1093,3**	**422,0**
DCO (mg/L)	**130,0**	**2530,0**	**1078,6**
DBO_5 (mg/L)	**250,0**	**1250,0**	**650,0**
NO_2^-(mg/L)	**0,0**	**0,4**	**0,1**
NO_3^-(mg/L)	**17,7**	**97,5**	**41,2**
NH_4^+ (mg/L)	**6,1**	**58,1**	**28,9**
PO_4^{3-} (mg/L)	**1,9**	**16,2**	**6,8**
Ptot (mg/L)	**1,6**	**15,9**	**9,1**
SO_4^{2-} (mg/L)	**1,0**	**40,0**	**21,4**
Ca^{2+}(mg/L)	**24,0**	**56,1**	**39,4**
Mg^{2+} (mg/L)	**7,3**	**34,0**	**19,7**
Na^+ (mg/L)	**308,0**	**637,2**	**452,4**
SAR	**11,66**	**20,41**	**16,24**
***E coli* (ulog)**	**5,9**	**8,9**	**7,5**
Coliformes (ulog)	**6,7**	**9,0**	**7,6**
Entérocoques (ulog)	**4,0**	**6,7**	**5,3**

Tableau présentant les valeurs des paramètres dans le bac de stockage du dispositif 4

Paramètres	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	7,70	8,16	7,81
Température (°C)	2,70	36,70	29,63
O_2 Dissous (mg/L)	0,16	34,80	8,91
Conductivité (µS/cm)	871,00	1231,00	1074,71
MES (mg/L)	153,33	803,33	383,70
DCO (mg/L)	150,00	2490,00	997,71
DBO_5 (mg/L)	150,00	500,00	316,67
NO_2^-(mg/L)	0,017	0,066	0,034
NO_3^-(mg/L)	17,72	64,24	36,92
NH_4^+ (mg/L)	5,03	54,70	35,03
PO_4^{3-} (mg/L)	1,10	34,00	8,68
Ptot (mg/L)	1,00	17,40	7,83
SO_4^{2-} (mg/L)	1,00	16,00	6,44
Ca^{2+}(mg/L)	16,03	56,11	35,27
Mg^{2+} (mg/L)	2,92	29,18	16,54
Na^+ (mg/L)	169,92	785,88	324,50
SAR	6,32	49,25	15,88
***E coli* (ulog)**	2,00	6,25	4,49
Coliformes (ulog)	2,48	7,51	5,33
Entérocoques (ulog)	3,08	5,86	4,55

Tableau présentant les valeurs moyennes des nitrites,nitrates et ammonium dans le dispositif 1

	ED Brute	ED Traitée	LV Brute	LV Traitée
NO_2^-	0,033	0,0165	0,0066	0,0165
	0,1485	0,0165	0,4785	0,099
	0,1155	0,2145	0,33	0,0825
	0,1485	0,033	0,264	0,066
	0,066	0,0165	0,0825	0,04
	0,396	0,3465	0,6765	0,033
	0,033	0,0495	0,0165	0,033
	0,066	0,297	0,132	0,099
Moyenne	0,1258125	0,12375	0,248325	0,058625
Minimum	0,033	0,0165	0,0066	0,0165
Maximum	0,396	0,3465	0,6765	0,099
NO_3^-	22,15	31,01	55,375	31,01
	93,03	33,225	64,235	48,73
	81,955	66,45	148,405	44,3
	39,87	24,365	73,095	75,31
	28,795	39,87	24,365	4,43
	31,01	108,535	64,235	31,01
	28,795	35,44	24,365	22,15
	59,805	126,255	33,225	84,17
Moyenne	48,17625	58,14375	60,9125	42,63875
Minimum	22,15	24,365	24,365	4,43
Maximum	93,03	126,255	148,405	84,17
NH_4^+	29,025	45,795	37,41	26,7675
	6,837	14,19	29,025	17,931
	5,031	24,123	15,222	21,027
	13,029	21,801	29,928	20,124
	23,478	15,609	15,867	36,894
	38,184	52,503	55,728	47,988
	41,796	78,432	77,658	46,698
	9,675	32,25	34,443	13,674
	13,803	18,189	45,279	14,706
Moyenne	20,0953333	33,6546667	37,84	27,31216667
Minimum	41,796	78,432	77,658	47,988
Maximum	5,031	14,19	15,222	13,674

Tableau présentant les valeurs moyennes des nitrites,nitrates et ammonium dans le dispositif 2

	ED Brute	ED Traitée	LV Brute	LV Traitée
NO_2^- (mg/L)	0,0495	0,0165	0,6435	0,0165
	0,033	0,0132	0,066	0,066
	0,165	0,0759	0,132	0,1485
	0,0825	0,0495	0,132	0,033
	0,1155	0,2805	0,2145	0,099
	0,033	0,0165	0,033	0,033
	0,066	0,033	0,0165	0,0165
	0,099	0,0825	0,363	0,033
Moyenne	0,0804375	0,07095	0,2000625	0,0556875
Minimum	0,033	0,0132	0,0165	0,0165
Maximum	0,165	0,2805	0,6435	0,1485
NO_3^- (mg/L)	53,16	26,58	159,48	26,58
	81,955	15,505	84,17	46,515
	28,795	26,58	26,58	22,15
	31,01	35,44	128,47	11,075
	57,59	73,095	19,935	79,74
	26,58	19,935	81,955	44,3
	39,87	28,795	81,955	37,655
	2,215	39,87	33,225	26,58
	2,215	35,44	150,62	31,01
Moyenne	35,9322222	33,4711111	85,1544444	36,1783333
Minimum	2,215	15,505	19,935	11,075
Maximum	81,955	73,095	159,48	79,74
NH_4^+ (mg/L)	23,865	24,1875	45,4725	29,025
	7,8045	22,5105	20,898	23,6715
	25,8	17,286	42,054	15,48
	35,346	35,475	28,767	35,475
	26,316	6,966	25,284	29,799
	19,866	33,669	38,7	37,41
	29,412	29,412	36,636	32,379
	36,894	16,254	58,308	33,54
	35,217	5,547	13,029	2,064
	28,122	13,287	46,698	9,675
Moyenne	26,86425	20,4594	35,58465	24,85185
Minimum	7,8045	5,547	13,029	2,064
Maximum	36,894	35,475	58,308	37,41

Tableau présentant les valeurs moyennes des nitrites,nitrates et ammonium dans le dispositif 3

	ED Brute	ED Traitée	LV Brute	LV Traitée
NO_2^- (mg/L)	0,0825	0,33	0,4422	0,0033
	0,0165	0,165	0,264	0,1485
	0,099	0,3135	0,1155	0,099
	0,0165	0,066	0,3465	0,099
	0,33	0,3135	0,561	0,2145
	0,0165	0,1155	0,627	0,198
	0,033	0,033	0,4785	0,033
	0,0165	0,1155	0,627	0,198
	0,693	0,1155	0,1485	0,099
Moyenne	0,14483333	0,17416667	0,40113333	0,12136667
Minimum	0,0165	0,033	0,1155	0,0033
Maximum	0,693	0,33	0,627	0,2145
NO_3^- (mg/L)	46,515	57,59	157,265	39,87
	55,375	64,235	48,73	31,01
	24,365	39,87	126,255	35,44
	26,58	42,085	95,245	46,515
	70,88	106,32	128,47	55,375
	26,58	26,58	77,525	79,74
	24,365	22,15	128,47	50,945
	28,795	35,44	37,655	22,15
	31,01	22,15	35,44	28,795
Moyenne	37,1627778	46,2688889	92,7838889	43,3155556
Minimum	24,365	22,15	35,44	22,15
Maximum	70,88	106,32	157,265	79,74
NH_4^+ (mg/L)	35,7975	25,155	21,156	0,7095
	19,4145	40,635	58,05	5,418
	32,895	53,148	25,8	22,059
	22,704	22,833	212,85	158,928
	38,3775	12,9	65,4675	22,575
	6,321	1,935	28,896	7,095
	35,088	47,988	61,662	35,346
Moyenne	27,2282143	29,2277143	67,6973571	36,0186429
Minimum	6,321	1,935	21,156	0,7095
Maximum	38,3775	53,148	212,85	158,928

Tableau présentant les valeurs moyennes des nitrites,nitrates et ammonium dans le dispositif 2

	ED Brute	ED Traitée	LV Brute	LV Traitée
			0,264	0,0495
			0,2805	0,0132
			4,785	0,0825
NO_3^- (mg/L)	0,4785	0,0825	0,0165	0,0825
	0,0165	0,132	1,386	0,033
	0,099	0,0495	0,0495	0,033
	0,0165	0,0495	0,7425	0,0165
Moyenne	0,152625	0,078375	1,07485714	0,04431429
Minimum	0,0165	0,0495	0,0165	0,0132
Maximum	0,4785	0,132	4,785	0,0825
	13,29	28,795	75,31	35,44
	42,085	35,44	137,33	31,01
	26,58	39,87	172,77	17,72
NO_3^- (mg/L)	33,225	53,16	39,87	35,44
	26,58	22,15	214,855	42,085
	33,225	44,3	281,305	33,225
	48,73	59,805	261,37	37,655
Moyenne	31,9592857	40,5028571	168,972857	33,225
Minimum	13,29	22,15	39,87	17,72
Maximum	48,73	59,805	281,305	42,085
	22,059	37,41	20,64	33,54
	57,792	68,628	67,854	46,698
	16,512	11,481	19,479	32,766
NH_4^+ (mg/L)	41,28	31,218	53,922	24,51
	12,9	25,8	54,5025	22,575
	3,87	4,773	9,159	3,741
	35,088	23,736	30,057	26,832
Moyenne	27,0715714	29,0065714	36,5162143	27,2374286
Minimum	3,87	4,773	9,159	3,741
Maximum	57,792	68,628	67,854	46,698

Tableau présentant les résultats des observations des dispositifs

Critère d'appréciation			Filtre	Bac de collecte	Bac de stockage
Etat physique	Stabilité d'ensemble	Bonne Mauvaise	Bonne	Mauvais bascule lorsqu'il y a du vent	bonne
	Autre				
	Présence de fissures	Oui Non	Non	Non	Non
	Autres				
Etat de la canalisation	Bouchée	Oui Non	Non	Non	Non
	Rupture cassure	Oui Non	Non	Non	Non
Etat du siphon	En place	Oui Non	Oui	Oui	Oui
Dispositif 1(I. André)	- Bonne utilisation du dispositif - Les enfants l'utilisent sans difficulté - Encouragement de la part des épouses qui appréciés et nous assistent lors des sorties - Disponibilité des familles à vider le bac de stockage rempli sur l'aire aménagé pour le maraichage				
Dispositif 2 (I. Emmanuel)	- Bonne utilisation du dispositif par la famille - Mr Emmanuel apprécié le dispositif et trouve que ça améliore leurs conditions de vie - Mr Emmanuel lors d'une sortie a voulu mélanger les granulats dans le souci de faire disparaitre le biofilm, mais nous lui avons expliqué que dans le cadre de la recherche le massif filtrant ne devait pas être dérangé dans le souci d'avoir de bons résultats. - Disponibilité de sa famille à vider le bac de stockage				
Dispositif 3 (I. Léopold)	- Bonne utilisation du dispositif - Les enfants l'utilisent sans difficulté - Effort d'entretien du dispositif (l'épouse de Mr Ilboudo balaie la douche avant l'utilisation lorsqu'il y a trop de poussière et de sable à l'intérieur) - Disponibilité de sa famille à vider le bac de stockage				
Dispositif 4 (Compaoré Enock)	- Bonne utilisation du dispositif - Les enfants l'utilisent sans difficulté - Peu effort fourni pour vider le bac de stockage ce qui créait souvent des débordements de l'eau traitée entrainant des impuretés dans le bac et salissant leur environnement de vie.				

Tableau présentant les paramètres analyses et les méthodes d'analyse

Paramètres	Méthode d'analyse
*E.*coli	Chromocult Agar (milieu), étalement en surface 44,5°C ; 24h
Coliformes fécaux	
Entérocoques	Slanetz et Bartley (milieu), étalement en surface 37°C ; 48h
Ph	Multiparamètre WTW
Température	
Conductivité	
Oxygène dissout	Oxymètre
Calcium	Complexométrie
Sodium	Spectrophotomètre a émission flamme type Jenway PFP7
Magnésium	Complexométrie
Chlorure	Absorption moléculaire (colorimétrie) Argentimétrie
Matières en suspension	Filtration
DCO	Oxydation chimique en milieu acide sulfurique, excès de dichromate de potassium (K2 Cr2O7) , lecture avec un spectrophotomètre
DBO5	Méthode respirometrique à l'aide d'un OxiTop
Surfactants	Spectrophotométrie UV
	Méthode SulfaVer
Phosphore total	Méthode de digestion au persulfate de potassium
Nitrites	Méthode de diazotation
Nitrates	Méthode de réduction au Cadmium

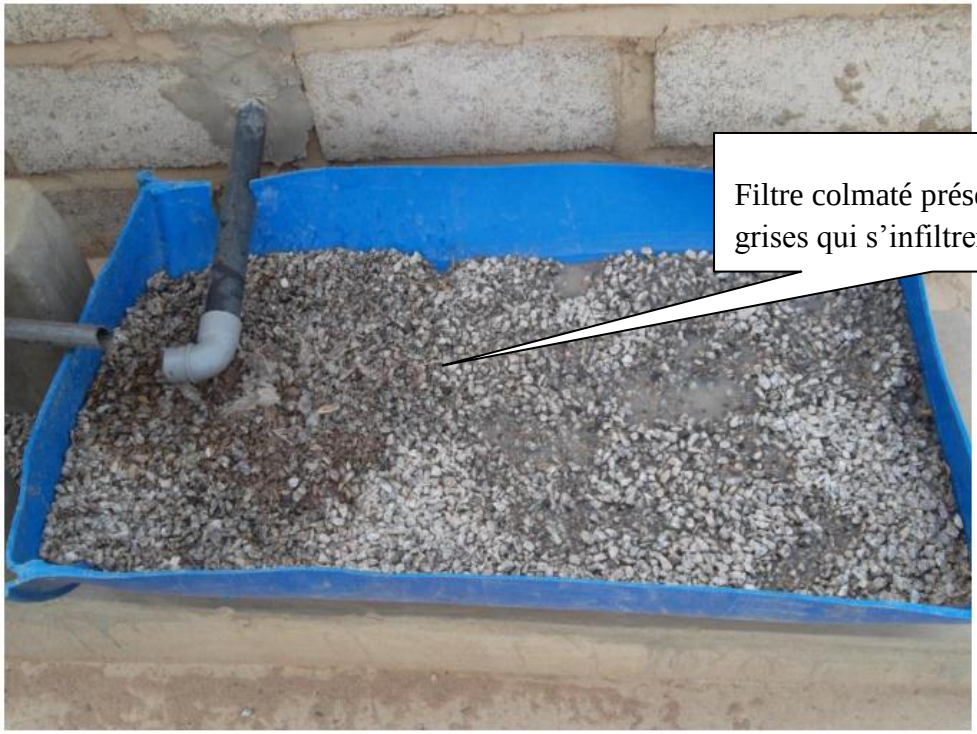
Tableau présentant les normes de réutilisation des eaux traitées en Irrigation (FAO,1994)

Table 28: Guidelines for interpretation of water quality for irrigation (FAO, 1994 (adapted from FAO,1985)) Cursive and in brackets the corresponding values for greywater are given.

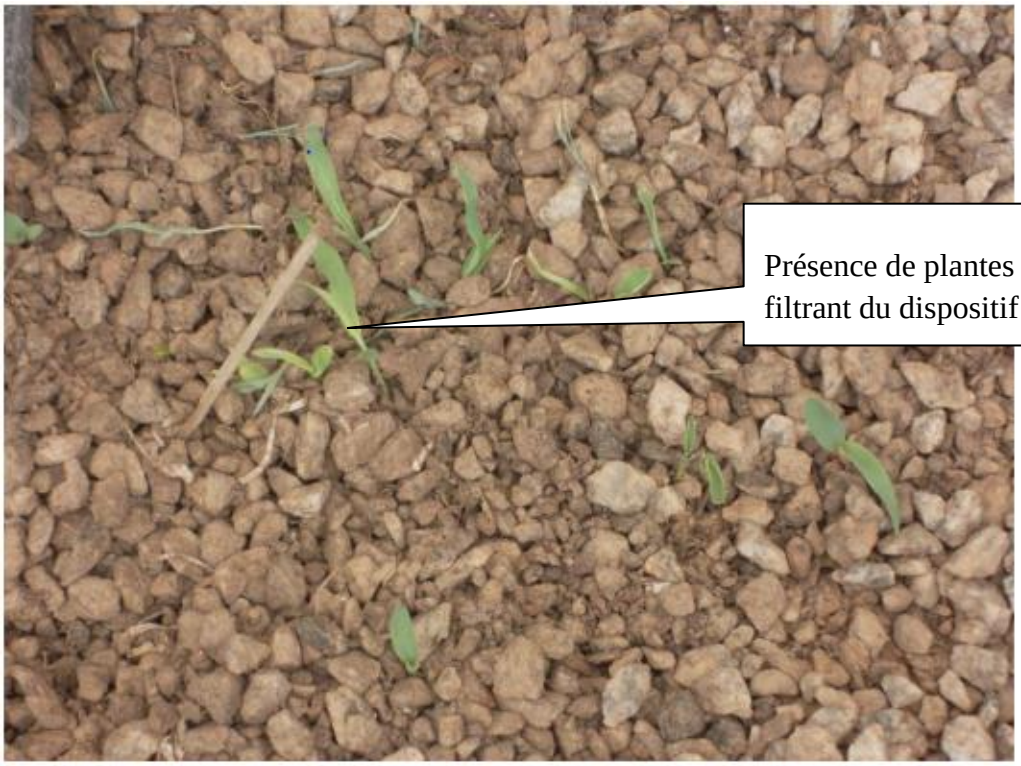
Potential irrigation problem	Units	Degree of restriction on use		
		None	Slight to moderate	Severe
Salinity				
Ec_w[1]	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
or				
TDS *(126- 175)*	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltration				
SAR[2] = 0 - 3 and EC_w		> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
3 -6		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
6-12		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
12-20		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Specific ion toxicity				
Sodium (Na) *(7.4- 480)*				
Surface irrigation	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3	
Chloride (Cl) *(3.1- 88)*				
Surface irrigation	me/l	< 4	4 - 10	> 10
Sprinkler irrigation	m^3/l	< 3	> 3	
Boron (B) *(<0.1- 0.5)*	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Miscellaneous effects				
Nitrogen (NO_3-N)[3] *(0.4- 4.9)*	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HCO_3)	me/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH *(5- 10)*	Normal range 6.5-8			

1 ECw means electrical conductivity in deciSiemens per metre at 25°C; 2 SAR means sodium adsorption ratio; 3 NO3-N means nitrate nitrogen reported in terms of elemental nitrogen

Dépôt de matériaux solides à l'intérieur du bac de stockage


Filtre colmaté présentant des eaux grises qui s'infiltrent lentement

Eau traitée présentant des particules flottantes en surface et une couleur grise.



Présence de plantes sur le massif filtrant du dispositif 3