

# OPTIMISATION DU TRAITEMENT DES EAUX GRISES PAR SYSTÈMES DES BACS INCLINÉS POUR PETITES COMMUNAUTÉS EN MILIEU RURAL : CAS DU VILLAGE DE KOLOGODJESSE

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : INFRASTRUCTURE HYDRAULIQUE

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 25 juin 2013 par

**Mahama TOLGOURO**

**Travaux dirigés par :**

**David MOYENGA**

Ingénieur de recherche à 2iE UTER – CCR-EC

**Dr. Ynoussa MAIGA**

Enseignant chercheur à 2iE UTER – CCR-EC

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Yacouba KONATE

Membres et correcteurs : Dr Mariam SOU

Dr Héli KAROUI

Ir David MOYENGA

**Promotion 2012/2013**

## **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. DICKO, M. David MOYENGA, M. Boukary SAWADOGO, M. Seyram SOSSOU.

Je remercie du fond du cœur le personnel du laboratoire LEDES spécialement Drissa SANGARE, Bernard, Moustapha OUEDRAOGO, 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, plus particulièrement aux familles du pasteur et Emmanuel.

Je suis profondément reconnaissant à mes parents : Marie Madeleine LAMISSA, Simon MAHAMA ainsi que mon frère Steeve et mes cousine Hélène KABE et Danielle. Aux amis Aimé GOUEM, Abraham ZEBA, Ismail KABORE, et aux camarades de Master 2 Eau option collectivités locales promotion 2011-2012. Je vous remercie du fond du cœur et vous suis infiniment reconnaissant.

## RÉSUMÉ

Les pays sahéliens en particulier le Burkina Faso est confronté au problème de la rareté de l'eau et d'assainissement. Face à cette thématique, la réutilisation des eaux usées, plus particulièrement les eaux grises en agriculture est une alternative pouvant contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations et de leur environnement. 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 FAMILLEs situées en zone rurale (Kologodjessé) au Burkina Faso Les échantillons ont été prélevés à l'entrée et à la sortie du lit de filtration. Les paramètres tels que la demande biologique et chimique en oxygène, les matières en suspension, le phosphore total, azote total ont été analysés dans le but d'évaluer les performances épuratoires du famille de traitement, de vérifier la possibilité de réutilisation des eaux traitées en irrigation, ainsi que les surfactants et des tests de germination afin de déterminer la toxicité des eaux grises traitées sur la germination de graines. Il ressort de cette étude que le système présente une bonne performance épuratoire de la matière organique, 91% pour les matières en suspension, 53.4% 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 très faibles de l'ordre de 1.13 u.log, 1,18 u.log et 1 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. Concernant la toxicité, les familles éliminent assez bien les surfactants de 50% dans les eaux de lessive- vaisselle et 15% des eaux de douche.

### Mots-clefs:

- 
- 1- Eaux grises
  - 2- Bac incliné
  - 3- Préfiltre
  - 4- Granite
  - 5- Performance

## ABSTRACT

Sahelian countries in particular Burkina Faso is facing the problem of water scarcity and sanitation. Faced with this issue, reuse of wastewater, particularly greywater in agriculture is an alternative that can help improve the lives of people and their environment. This study was to evaluate a system Greywater by "tilted bins." In this study gray water were sampled during 35 days in pilot families living in rural areas (Kologodjessé) in Burkina Faso The samples were collected at the inlet and outlet of the filter bed. Parameters such as biological and chemical oxygen demand, suspended solids, total phosphorus, total nitrogen were analyzed in order to assess the treatment performance of the processor, check the possibility of reuse of treated water irrigation, as well as surfactants and germination tests to determine the toxicity of greywater treated seed germination. It appears from this study that the system has good performance purification of organic matter, 91% for suspended solids, 53.4% and 80% respectively for the chemical and biological oxygen demand. However, the results obtained in the reduction of bacterial contamination were very low in the order of u.log 1.13, 1.18 and 1 u.log u.log respectively Escherichia coli, coliforms and enterococci. It was also found that the bacteriological quality of treated water is not suitable for reuse in irrigation. On toxicity, the devices eliminate pretty much 50% of the surfactants in water-washing dishes and 15% water shower.

### Keywords:

- 
- 1- Grey Water
  - 2- tray tilted
  - 3- Pocket drought
  - 4- Granite
  - 5- Performance.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**2iE** : Institut International d'Ingénierie

**Ca<sup>2+</sup>** : 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

**MES** : Matières En Suspension

**mg** : milligramme

**Mg<sup>2+</sup>**: Magnésium

**mL**: millilitre

**OMD** : Objectifs du Millénaire pour le Développement

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**NTK** : Azote Total

**Ptot**: Phosphore total

**RAS** : Ratio d'Absorption de Sodium

**UFC** : Unité Formant Colonies

**WHO**: World Health Organization

**°C** : Degré Celsius

**µS**: micro Siemens

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

**Cl<sup>-</sup>** : Chlore

**LV** : Lessive et vaisselle

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	ii
RÉSUMÉ.....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	v
TABLE DES MATIÈRES .....	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES.....	4
INTRODUCTION.....	5
I. SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES .....	6
I.1. Zone de l'étude.....	6
I.2. Caractéristiques des eaux grises.....	6
▪ Quantité d'eaux grises .....	7
▪ Qualité d'eaux grises.....	7
I.3. Les impacts de la réutilisation des eaux grises traitées .....	10
▪ Risque sur la santé humaine.....	10
▪ Impact sur le sol et la plante.....	10
I.4. Systèmes de traitement des eaux grises par filtration .....	11
1.4.1. Filtre planté à écoulement horizontal.....	11
1.4.2. Slanted soil treatment" (SST).....	11
1.4.3. Normes de réutilisation des eaux grises en irrigation .....	12
II. CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES .....	14
II.1. Emplacement des sites expérimentaux .....	14
II.2. Présentation du dispositif de traitement dans les familles par bacs inclinés.....	14
II.3. Prélèvement des échantillons .....	15
II.3.1. Fréquence de prélèvement des échantillons.....	15
II.3.2. Les Points de prélèvement .....	15
II.4. Mesure des paramètres .....	16
II.4.1. Les paramètres in situ .....	16
II.4.2. Analyses physico-chimiques.....	16

Optimisation du traitement des eaux grises par systèmes des bacs inclinés pour petites communautés en milieu rural : cas du village de Kologodjese

---

- Paramètres chimiques organiques .....	16
- Paramètres chimiques minéraux .....	17
II.4.3. Analyses microbiologiques .....	17
III. CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	19
III.1. Résultats .....	19
III.1.1. Paramètres liés aux performances épuratoires des dispositifs .....	19
III.1.2. Élimination des cations .....	24
III.1.3. Résultat de la détermination des surfactants .....	25
III.1.4. Qualités des eaux grises traitées dans le bac de stockage .....	26
III.2. Discussion .....	28
III.2.1. Performances des dispositifs de traitement .....	28
III.2.2. Qualité des eaux grises traitées et réutilisation en irrigation .....	30
CONCLUSION .....	32
BIBLIOGRAPHIE .....	33
ANNEXES .....	36
Annexe 1 : .....	I
Annexe 2 : .....	III

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Normes de réutilisation des eaux grises en irrigation..... 12

Tableau 2 Les valeurs de paramètres *in situ* des eaux grises brutes générées par les différentes activités domestiques ont été présentées dans le tableau ci-dessous..... 19

Tableau 3: Valeurs moyennes et écart types de MES, DBO5, DCO .....23

Tableau 4: Abattements des E Coli, coliformes et enterocoques .....24



## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Localisation de la zone d'étude .....	6
Figure 2: Filtre planté au Mexique (a) Coupe transversale d'un filtre planté (b) .....	11
Figure 3: Système SST à Chichibu au JAPON (a) Schéma du slanted soil système (b) .....	12
Figure 4: Famille de traitement des eaux grises par bac incliné .....	15
Figure 5: Taux d'abattement des MES dans différents familles.....	19
Figure 6: Taux d'abattement de la DCO dans différents familles .....	20
Figure 7: Taux d'abattement de la DBO5 pour des les différents familles .....	20
Figure 8: Taux d'abattement d'azote totale et phosphore total .....	21
Figure 9: Taux d'abattement de E.coli dans différents familles .....	21
Figure 10: Taux d'abattement des coliformes fécaux des familles.....	22
Figure 11: Taux d'abattement des entérocoques dans les familles .....	22
Figure 12: Valeurs de RAS des deux familles .....	25
Figure 13: Abattement des surfactant.....	25
Figure 14: Taux de germination des grains des 2 familles.....	26
Figure 15: Présente l'évolution des longueurs des racines dans chaque famille .....	26

## INTRODUCTION

Le problème d'accès à l'assainissement et à l'approvisionnement en eau potable au Burkina Faso est une situation préoccupante. En 2005, l'accès à l'eau potable et celui d'assainissement (eaux usées et excréta) dans les centres urbains et ruraux du pays était respectivement de 74% et 10% (MAHRH, 2006). Pourtant, l'accès à une eau de qualité et quantité suffisante est une nécessité pour tous les êtres humains, les animaux, les végétaux, et ainsi que pour la plupart des activités économiques (Li, Wichmann., & Otterpohl, 2009). En effet, ce faible taux d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement en zones rurale et urbaine entraîne un impact négatif sur la santé et sur l'environnement. Dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées permettra de définir une source supplémentaire d'eau pour différents usages comblant aussi les déficits hydriques tout en protégeant le milieu environnant (Ecosse, 2001).

La réutilisation des eaux usées réduit la demande d'eau douce, atténue la pression sur les ressources en eau et contribue à lutter contre la pauvreté (OMS, 2006). En somme, leur utilisation en agriculture est fortement encouragée à cause de leurs apports nutritifs et leur caractère protecteur de l'environnement (Bhousaheb, et al., 2010)

Le système de traitement des eaux par bacs inclinés s'avère être une des méthodes alternatives pouvant contribuer à réduire le problème d'ordre sanitaire et environnemental. Dans la même lancée, des études ont été menées (NIKIEMA, 2012) sur le traitement des eaux grises pour petites communautés rurales : cas du village de Kologodjessé, montre que les eaux grises traitées produites dans les ménages ne répondent pas aux normes de rejet, surtout en ce qui concerne les paramètres bactériologiques. C'est dans cette perspective que ce travail a été lancé. Il s'inscrit dans une logique de faire avancer la continuité du travail qui avait déjà évolué par le projet.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la mise en place de systèmes de traitement des eaux grises par le système des bacs inclinés, et spécifiquement de :  
Déterminer les performances épuratoires des deux familles de traitement et en suite d'évaluer la toxicité des eaux grises traitées sur la germination de graines et en fin de proposer des recommandations en vue d'améliorer la famille de traitement.

## I. SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

### I.1. Zone de l'étude

Le village de Kologdjesse 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 900mm. 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 l'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 de l'excrétas. (<http://www.nieburkinafaso.org/fr/region-plateau-centrale>)

La figure 1 montre la localisation de la zone d'étude.

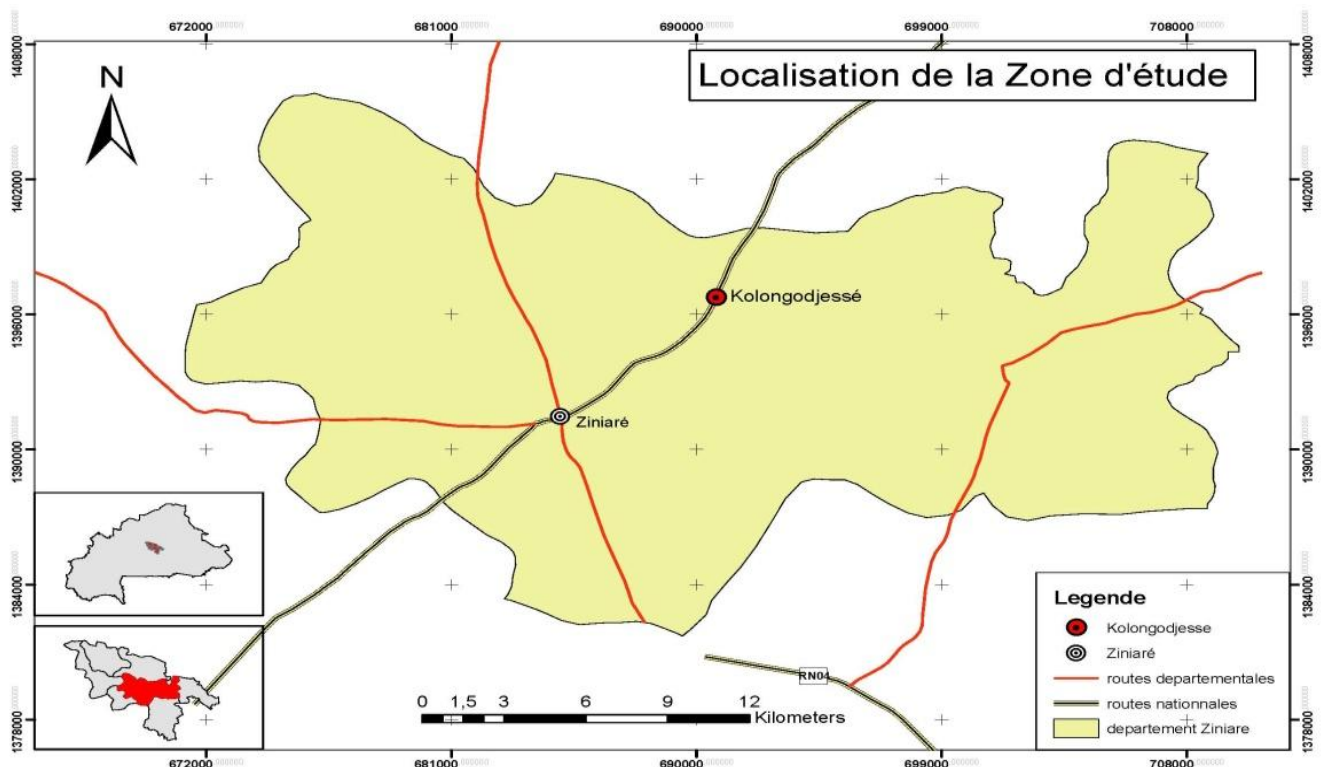


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

### I.2. Caractéristiques des eaux grises

Les eaux grises sont définies comme étant des eaux usées domestiques qui ne proviennent pas d'une toilette, donc ne contenant pas d'urine ou de matière fécale (Morel et

Diener, 2006). En d'autres termes, ce sont des eaux provenant de baignoires, douches, lavabos, machines à laver, lave-vaisselle et les éviers de cuisine, mais exclu les cours d'eau de toilettes (Ottoson et Stenstrom, 2003) et également des ablutions (Ahmed et al, 2008).

▪ **Quantité d'eaux grise**

La quantité d'eaux grises produites par ménage dépend essentiellement des activités menées au sein de ceux-ci. 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). Le volume typique d'eau grise varie de 90 à 120 L / p / j en fonction des modes de vie, des structures démographiques (âge, sexe), les installations d'eau et le degré d'abondance à l'eau (Morel et Diener, 2006). Siegrist et al. (1976) estiment que 65% de toutes les eaux usées générées dans un ménage est grise. Dans les ménages disposant de latrines sèches, la fraction des eaux grises de la production totale des eaux usées peut même atteindre 100%.

▪ **Qualité d'eaux grises**

Les eaux grises sont générées en raison des habitudes de vie des personnes impliquées, les produits utilisés et la nature de l'installation. Par conséquent, ses caractéristiques sont très variables (Eriksson E., 2003). Les eaux grises se caractérisent à travers leurs paramètres physico-chimiques et microbiologiques dont :

- **La température** : elle permet de mesurer la solubilité de gaz dans l'eau. En effet, la température des eaux grises est plus élevée que celle de l'eau douce et varie entre 18 et 30°C (Crites et Tchobanoglous, 1998). Ces températures relativement élevées sont attribuées à l'utilisation de l'eau chaude pour l'hygiène corporelle et la cuisson (Morel et Diener, 2006).
- **Le pH** : le pH d'une solution est défini comme le logarithme décimal négatif de la concentration d'ion hydrogène et s'étend de 0 à 14 (Klee, 1998). Pour un traitement plus facile, et afin d'éviter les impacts négatifs sur les sols et les plantes lors de leur réutilisation, les eaux grises doivent avoir un pH de l'ordre de 6,5-8,4 (FAO, 1985).
- **La conductivité** : la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc la salinité. En général, la conductivité électrique des eaux grises se situe entre 300 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cependant des valeurs de 4500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ont été rapportées pour des eaux grises de la lessive en Jordanie (Li et al., 2008).

- **Les Matières en Suspension (MES)** : ce sont des particules organiques et inorganiques retenues sur un filtre en fibre de verre (Department of Water Affairs, 1996). Les concentrations en MES dans les eaux grises varient de 50 à 300 mg/L, mais peuvent souvent dépasser 1500 mg/L (Del perto and steinfeld, 1999). Les plus fortes concentrations en MES sont trouvées généralement dans les eaux grises de la cuisine et quelquefois dans celles de la lessive. (Li et al, 2009).
- **Les charges de DBO** observées dans les eaux grises dans les différents pays s'élèvent à 20-50 mg /L Friedler.E (2004)

Le rapport DCO/DBO en dessous 2-2.5 indique que les eaux usées sont facilement dégradables. Alors que les eaux grises sont généralement considérées comme facilement biodégradables avec la comptabilité DBO pour un maximum de 90% de la demande en oxygène ultime. (Del perto and steinfeld, 1999). Différentes études indiquent une faible biodégradabilité des eaux grises avec des ratios de DCO / DBO de 2,9-3,6 (Al-Jayousi, 2003). Cela est attribué au fait que la biodégradabilité des eaux grises dépend principalement du type de tensio-actifs synthétiques utilisés dans des détergents et des quantités d'huile et de graisse présentes.

- **Le phosphore et l'azote** : Ce sont d'importants paramètres compte tenu de leur propriété fertilisante pour les plantes, leur pertinence pour les processus de traitement naturel, et leur potentielle nocivité sur l'environnement aquatique. La valeur typique en azote dans les eaux grises domestiques se trouve dans la plage de 5 à 50 mg/L, avec des valeurs extrêmes de 76 mg/L dans les eaux de cuisines observées par (Siegrist et al. 1976). Par contre, les concentrations en phosphore tournent autour de 4 à 14mg/L dans les régions où les détergents phosphorés sont utilisés (Eriksson E., 2003).
- **Les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )** : ce sont des éléments essentiels, des cations majeurs. Ces deux ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) sont généralement en état d'équilibre dans la plupart des eaux. Ils sont associés à l'agrégation du sol et constituent des minéraux pour les plantes. A fortes concentrations dans l'eau d'irrigation, ils peuvent augmenter le pH du sol conduisant à la réduction de la disponibilité du phosphore (Al-Shammiri, 2005). Les eaux grises contiennent également des sels mesurés à l'aide d'électro-conductivité. (CE, en  $\mu\text{S} / \text{cm}$  ou  $\text{dS} / \text{m}$ ). L'EC renseigne sur la salinité des ions dissous dans les eaux grises, y compris les ions chargés négativement (par exemple  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) et les ions chargés positivement (par exemple,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ). - Les valeurs RAS (Ratio d'absorption

sodium) des eaux grises sont dans une plage typique de 2-10, et dépendent des produits utilisés par ménage (Gross A., 2005) et (Bino.M., 2004).

**Le sodium** : Il fait également partie des cations majeurs qui ont une importance dans l'évaluation des eaux grises destinées à l'irrigation. En effet, une concentration excessive de sodium conduit au développement d'un sol alcalin qui peut causer une baisse de la perméabilité du sol. (Abdul Hameed, Mukheled, Abass., & Athmar, 2010).

**Les paramètres microbiologiques** : Les eaux grises peuvent poser un risque pour la santé compte tenu de présence d'agents pathogènes. La contamination fécale des eaux grises, traditionnellement exprimée par des indicateurs fécaux tels que les coliformes fécaux, dépendent fortement de la répartition de l'âge des membres de la famille. Une grande contamination peut être observée dans des milieux où les bébés et les adolescents sont présents. Les concentrations de coliforme tournent autour de 103-106 ml cfu/100 (Morel et Diener, 2006).

**- Surfactant**

Les détergents utilisés lors des lessives et vaisselles sont les principales sources de tensio-actifs dans les eaux grises. Comme autre source, on peut citer des produits de nettoyage personnel et nettoyeurs ménagers. La quantité de tensio-actifs présents dans les eaux grises est forte selon le type et la quantité de détergent utilisé. Des études menées par Friedler (2004), Gross et al. (2005), ont révélé des concentrations de tensio-actifs dans les eaux grises, avec des valeurs comprises entre 1 et 60 mg / L pour une moyenne de 17-40 mg / L.

**- Test de germination**

Prélevons 3mL de notre échantillon que l'on applique sur du papier filtre (Whatman n-41, diamètre 90 mm) dans les boîtes de pétri (Schleicher and Schuell no. 595, 85 mm rundfilter) et 10 graines sont ensuite placées sur le papier filtre avant de rajouter 3ml de l'échantillon. Les boîtes de pétri ont été scellées avec du papier aluminium et incubées dans l'obscurité pendant 5 jours à 25 °C au bout desquels la longueur des racines est déterminée. Le taux de germination se lit 48h après l'incubation. La germination des graines dans l'eau de robinet est utilisée comme témoin. Le taux de germination est calculé de la manière suivante [Zucconi et al, 1981.b] :

$$\text{Taux de germination (\%)} = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines ensemencées}}$$

Le test de germination est l'apparition et le développement, à partir de l'embryon de la semence, des structures essentielles qui sont indicatrices. Chez l'espèce soumise à l'essai, de la capacité de la semence à produire au champ dans des conditions favorables, une plante utile et

mature (ACIA, 2012). Elle est conditionnée par la présence de plusieurs facteurs déterminants selon les « Méthodes et procédés canadiens d'essais de semences, ACIA 2012 », à savoir l'aération, l'humidité, la lumière, le substrat, le pH et la température. Les paramètres tels que la température, l'humidité et la lumière sont fonction de l'espèce choisie. Le substrat doit être non toxique, avec un pH se situant entre 6,0 et 7,5.

### **1.3. Les impacts de la réutilisation des eaux grises traitées**

La mauvaise utilisation des eaux grises est considérée comme source de risques pour la santé humaine et un impact sur le sol et la plante.

- **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 (Hamel & Murphy, 2006).

- **Impact sur le sol et la plante**

La réutilisation non contrôlée des eaux grises en agriculture peut avoir un impact sur la santé, la qualité du sol et celle des eaux souterraines (OMS, 2006). Ainsi, l'utilisation des eaux grises riches en sels dissous (ions sodium, ions chlorure) en irrigation augmente la salinité du sol, provoquant alors la détérioration de la couche arable, en particulier dans les régions arides avec des taux d'évaporation élevés (Morel et Diener, 2006). Il peut aussi lors de la réutilisation de ces eaux, apporter des éléments fertilisants au 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 pourcentages élevés, la texture du sol, la fertilité et l'activité microbologique dans le sol pourraient être améliorés (OMS, 2006).

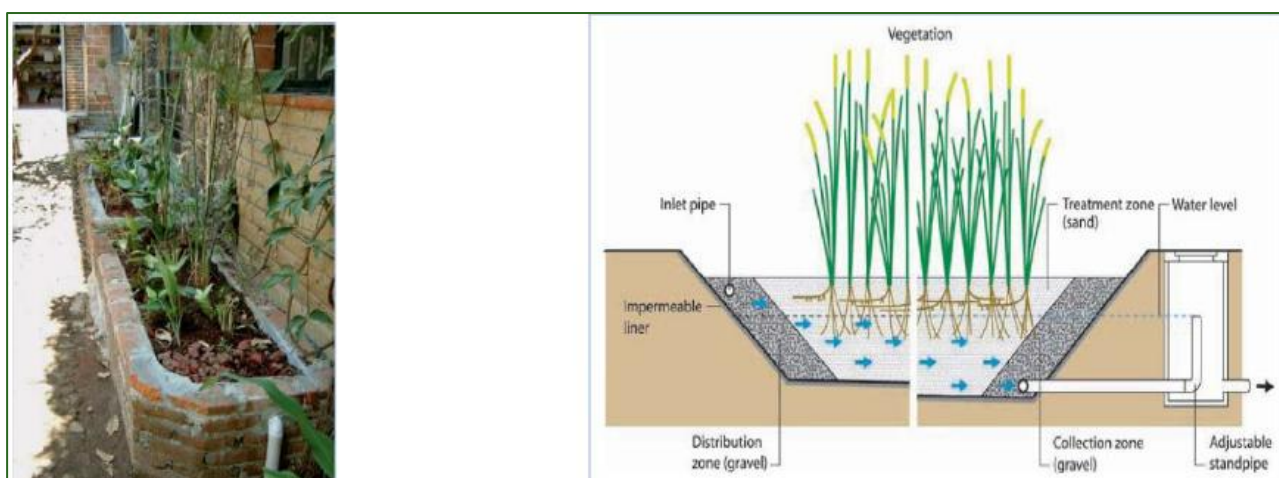
## 1.4. Systèmes de traitement des eaux grises par filtration

### 1.4.1. Filtre planté à écoulement horizontal

Les filtres plantés à écoulement horizontal sont constitués d'une couche de matériaux imperméables (plastique) et remplis 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 contrôlé par un coude situé à la sortie, entre 10-15 cm sous la surface du sol.

Ce système est avantageux car il présente une efficacité 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, et des 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, les Etats Unis, le Sri Lanka, la Jordanie, et de nombreux pays européens. Les performances épuratoires sont de 80-90% pour la DBO<sub>5</sub>, 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 (traitement du sol incliné) a été conçu pour collecter des eaux de ménage dans une série de bacs empilés et inclinés d'une pente de 5%. Ces eaux traitées par filtration sont collectées dans un réservoir tampon et parfois mélangées avec de l'urine pour être utilisées 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 famille sont de 66.3% pour les matières en suspension, 78.4% pour la DBO5, 64.8% pour la DCO, 49.6% pour le phosphore, et 20.6% pour l'azote.

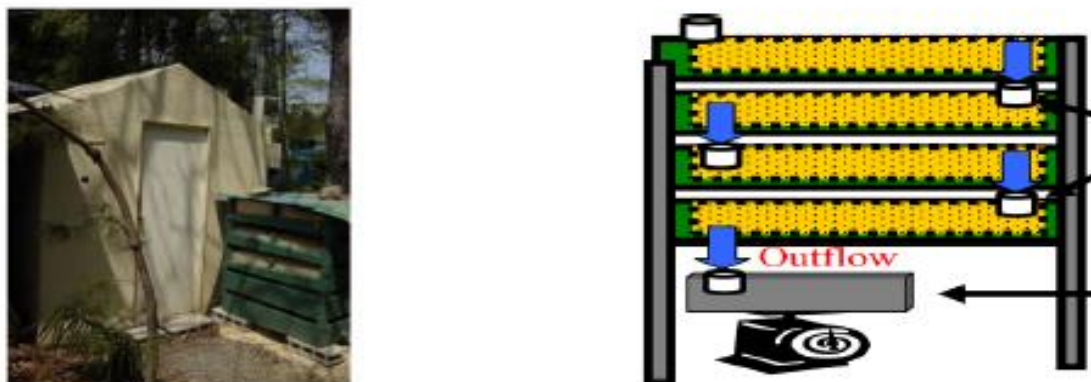


Figure 3: Système SST à Chichibu au JAPON (a) Schéma du slanted soil système (b)

Source : Ito, 2009

#### 1.4.3. Normes de réutilisation des eaux grises en irrigation

La réutilisation des eaux grises après traitement est recommandée afin d'éviter les problèmes de santé et minimiser l'impact sur sol, eaux de surface et souterraines. Pour palier à cette situation, des normes existent au niveau international (OMS, FAO), qui visent à fixer les seuils d'utilisation pour chaque type de pollution.

Le tableau 1 présente les limites recommandées pour certains paramètres physico chimiques et microbiologiques des eaux grises qui doivent être utilisées en agriculture.

Tableau 1: Normes de réutilisation des eaux grises en irrigation

Paramètres	Norme	Source
<i>E.coli</i>	$< 10^3-10^5$ UFC/100mL	WHO (2006c)
Coliformes fécaux	$< 10^4$ UFC/100mL	(Blumenthal. U.P& Mara, 2000)
pH	6.5 à 8.4	S.E.E.E
Température	$< 35^\circ\text{C}$	S.E.E.E
Conductivité	$< 3000$ $\mu\text{S/cm}$	WHO(2006b)

Optimisation du traitement des eaux grises par systèmes des bacs inclinés pour petites communautés en milieu rural : cas du village de Kologodjese

---

Calcium	<200 [mg <sup>l</sup> -1]	(Khodapanah 2009)
Magnésium	<200 [mg <sup>l</sup> -1]	(Khodapanah 2009)
Matières en suspension	<450 [mg <sup>l</sup> -1]	WHO (2006c)
DBO5	110-400 [mg <sup>l</sup> -1]	WHO (2006c).

## **II. CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES**

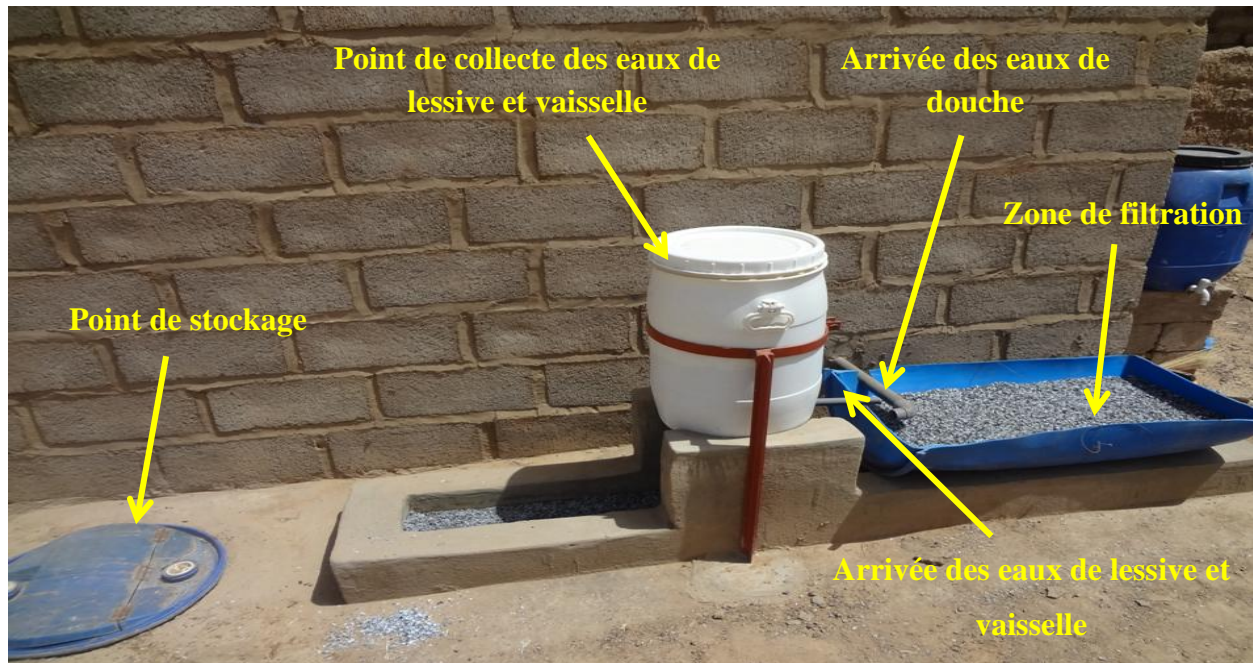
### **II.1. Emplacement des sites expérimentaux**

Notre travail s'est effectué à kologodjessé, village situé dans la province de l'Oubritenga. Deux familles FAMILLEs ont été étudiées. La première famille compte sept (7) personnes, et la deuxième famille en compte dix(10) personnes. Les tâches génératrices d'eaux grises dans les 2 ménages sont essentiellement la vaisselle, la douche, et la lessive.

### **II.2. Présentation du dispositif de traitement dans les familles par bacs inclinés**

Le dispositif de traitement (figure 3) des eaux grises est composé de trois parties :

2. Le point de collecte : qui est composé de deux compartiments. Le premier est un réservoir blanc en polyéthylène qui a pour rôle de collecter les eaux provenant de la lessive et de la vaisselle. Il contient des granules grossières de 1 – 9mm. Le deuxième compartiment est une conduite qui achemine les eaux de douche vers la zone de filtration ;
3. 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, rempli avec du granules moyenne de 1-6mm. 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 remplit également de petit granules de 1 – 4 mm ;
4. Le point de stockage des eaux traitées est un contenant en polyéthylène de 200l enfoui dans le sol muni d'un couvercle, 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 granité.



**Figure 4: Famille de traitement des eaux grises par bac incliné**

Source : MAHAMA.T 2013

### **II.3. Prélèvement des échantillons**

#### **II.3.1. Fréquence de prélèvement des échantillons**

Les prélèvements d'échantillons ont été réalisés sur une période de cinq semaines allant du 10 avril au 8 mai 2013, avec une fréquence d'un (01) prélèvement par semaine à kologodjessé.

#### **II.3.2. Les 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 vingtaine de flacons dont 10 en polyéthylène et 10 autres en verre stériles ont été mobilisés. Les échantillons ont été minutieusement conservés dans une glacière contenant des accumulateurs de froid afin de maintenir la température à 4°C.

## II.4. Mesure des paramètres

### II.4.1. Les paramètres 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.

### II.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 (de diamètre de 47 mm) la quantité d'eau grise filtrée est de 20 mL. Le calcul des concentrations de matières en suspension a été fait selon la formule suivante :

$$MES \text{ mL} = \frac{Pv - Pp}{V \text{ mL}} \times 1000$$

Pp : Poids plein de la membrane filtrante avant utilisation (mg)

Pv : Poids vide de la membrane filtrante avant utilisation (mg)

V : Volume de l'eau utilisé (mL)

Les ions calcium, magnésium et sodium ont été mesurés par spectrophotomètre d'émission à flamme type Jenway PFP7. Cela nous a amenée à calculer le RAS à partir de la formule ci-dessous :

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

RAS : Ratio d'absorption Sodium

Na<sup>+</sup>: ions Sodium (mg/L)

Ca<sup>2+</sup>: ions Calcium (mg/L)

Mg<sup>2+</sup>: ions Magnesium (mg/L)

### - Paramètres chimiques organiques

La mesure de la pollution organique a consisté au suivi de la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et de la DBO5 (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, suivi d'une lecture au spectrophotomètre DR 5000 HACH.

La DBO5 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.

#### **- Paramètres chimiques minéraux**

Le suivi des paramètres chimiques minéraux a consisté au dosage d'azote total et du phosphore total dosage sur KIT HACH Phosphore total et NT qui est digestion de l'échantillons par le persulfate de potassium suivi de lecture au spectrophotomètre DR 5000 HACH après avoir fait réagir les réactifs A et B (Complément des KITS).

#### **II.4.3. 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 Chromocuit 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 en 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 :

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

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

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

d : taux de dilution de l'échantillonensemencé

v : volume d'essai (mL).

Les analyses de la toxicité des eaux grises produites dans les ménages permettent de déterminer les paramètres :

5. les cations majeurs  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  par le spectrophotomètre à flamme de type JENWAY PFP7.
6. Les surfactants (LAS) : extraction par solvants organiques et identification par la méthode au bleu de méthylène.

7. Test de la germination : exposition des grains de choux, *Brassica rapa periviridis* en présence des eaux grises.

### III. CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

#### III.1. Résultats

##### III.1.1. Paramètres liés aux performances épuratoires des dispositifs

###### a) Paramètres in situ

Tableau 2 Les valeurs de paramètres *in situ* des eaux grises brutes générées par les différentes activités domestiques ont été présentées dans le tableau ci-dessous.

PARAMETRES	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM
pH	7,1	7,75	8,5
T°C	31,9	36,8	41,5
CONDUCTIVITE (µS/Cm)	326	826,7	1225
OXYGENE DISSOULTE (mg/L)	0,1	0,055	1,7

La figure 5 présente le taux d'abattement des matières en suspension de chaque famille, ce calcul avec la formule ci-dessous. (cf Annexe 2)

$$\frac{\text{Entrée} - \text{Sortie}}{\text{Entrée}} \times 100$$

Le plus grand taux d'abattement (91%) pour la lessive et la vaisselle a été obtenu dans le famille II. Le plus faible abattement est de l'ordre de 61 % pour la douche, dans le famille I.

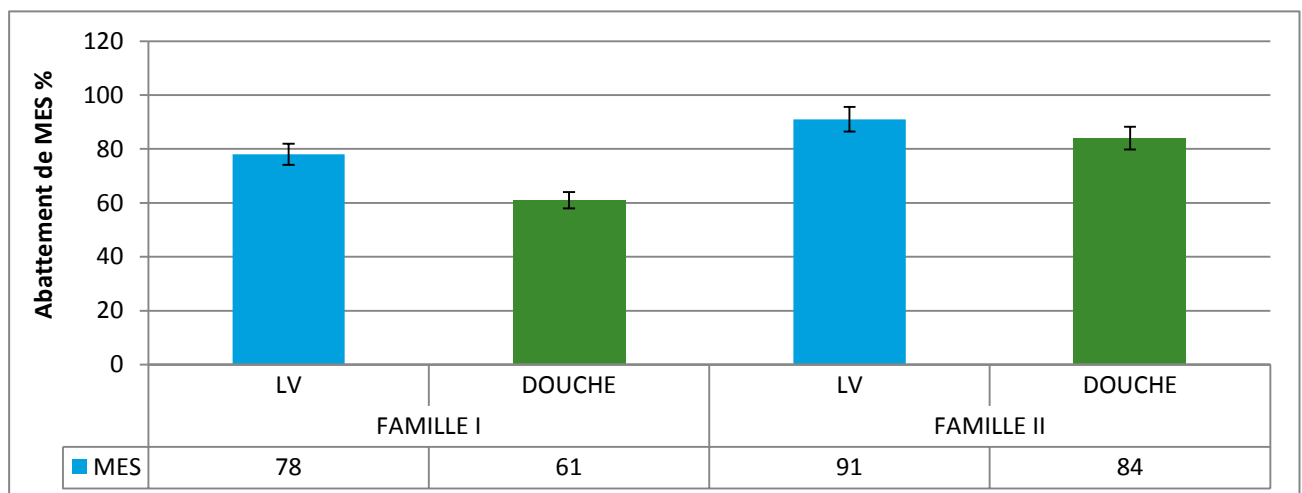
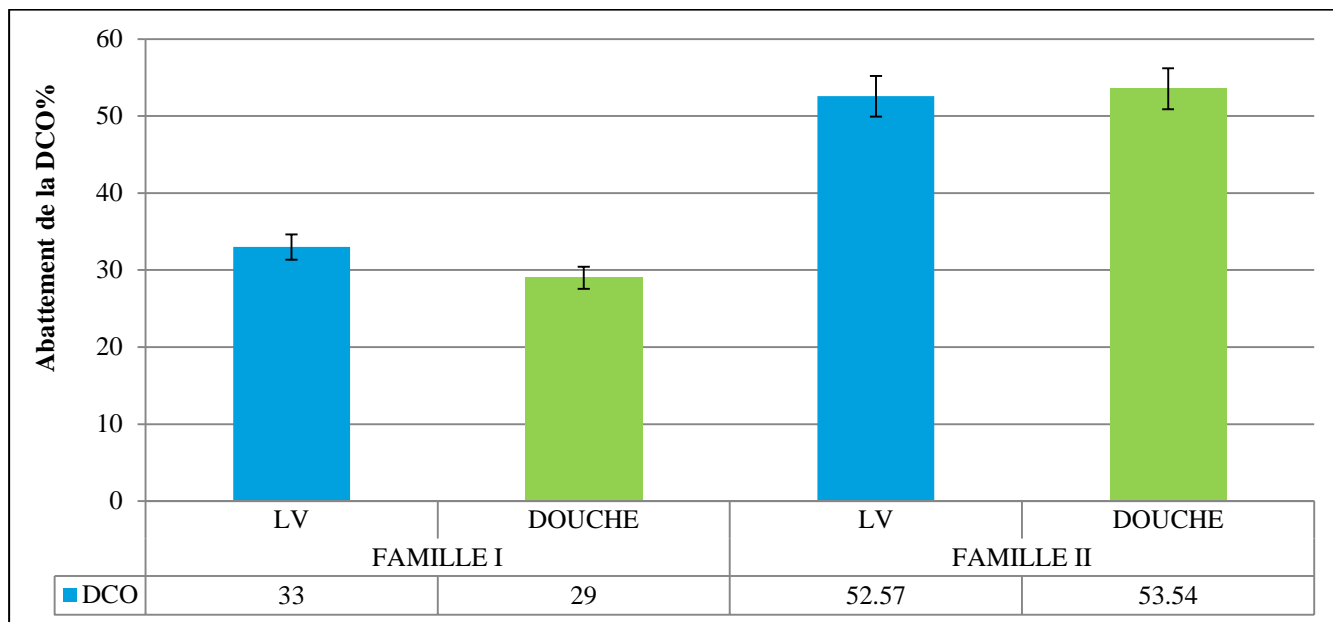


Figure 5: Abattement des MES dans les différents familles LV : lessive et vaisselle



**b) Abattement en DCO**

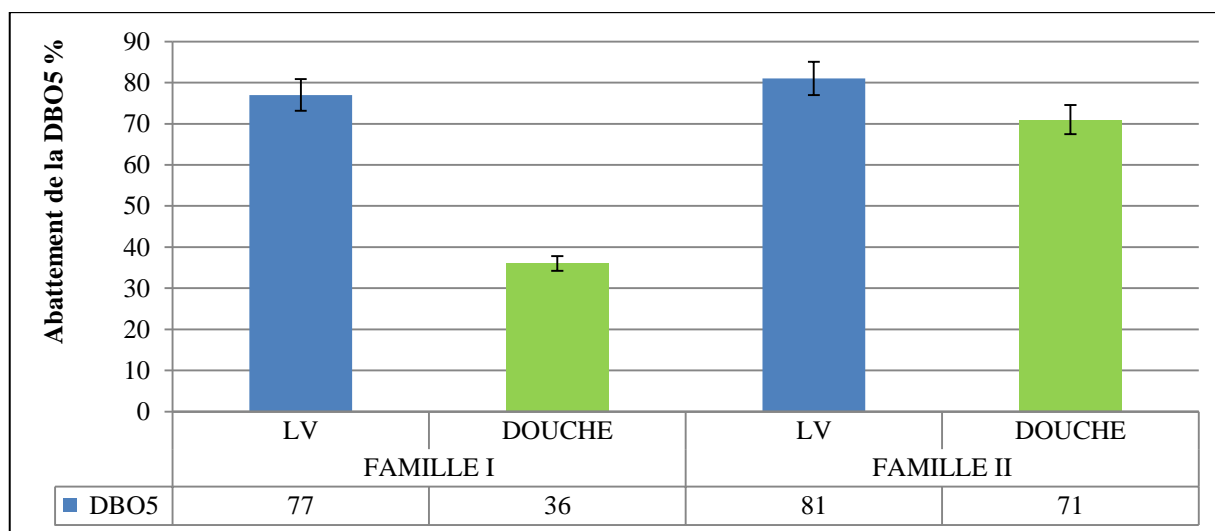
La figure 6 présente le taux d'abattement de la DCO de chaque famille des deux familles. Le plus grand abattement est de 53.54% pour deuxième FAMILLE et le plus faible est 29% pour la première famille.



**Figure 6: Abattement de la DCO dans les différentes familles**

**c) Abattement en DBO5**

La figure 7 présente le taux d'abattement en DBO5 des deux familles.



**Figure 7: Abattement de la DBO5 dans les différentes familles**

**d) Abattement de l'azote total et du phosphore total**

L'azote total a un abattement qui varie entre 68,12% et 73,78%. Au cours des expériences, alors que les abattements de phosphore total sont compris entre 37,2 et 97%

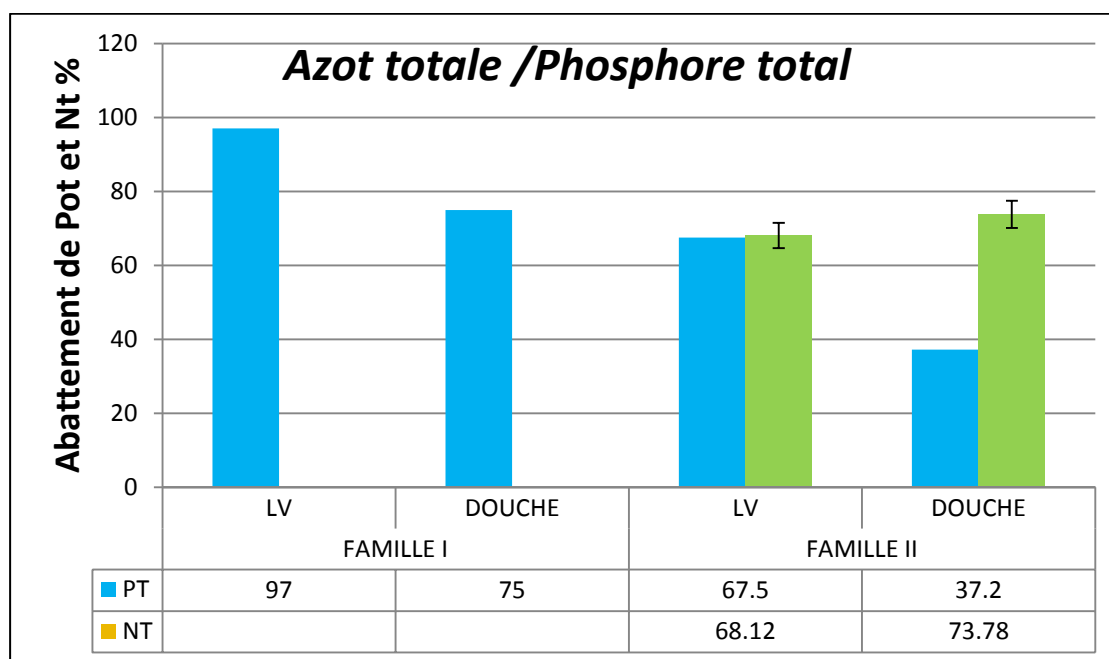


Figure 8: Abattement d'azote totale et phosphore total dans les familles

### Paramètres bactériologiques

La figure 9 présente l'abattement de *E.coli* dans chacun des familles.

Le plus forts taux a été obtenu dans le famille II, plus précisément 1.13 u.log, alors que le famille I présente un faible taux de 0.11u.log.

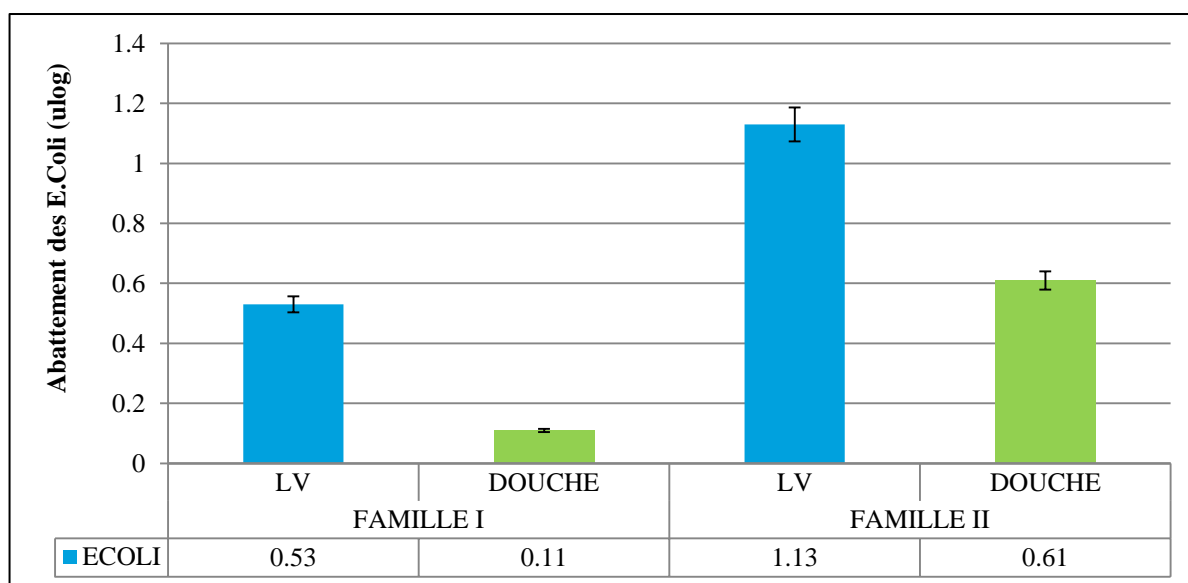
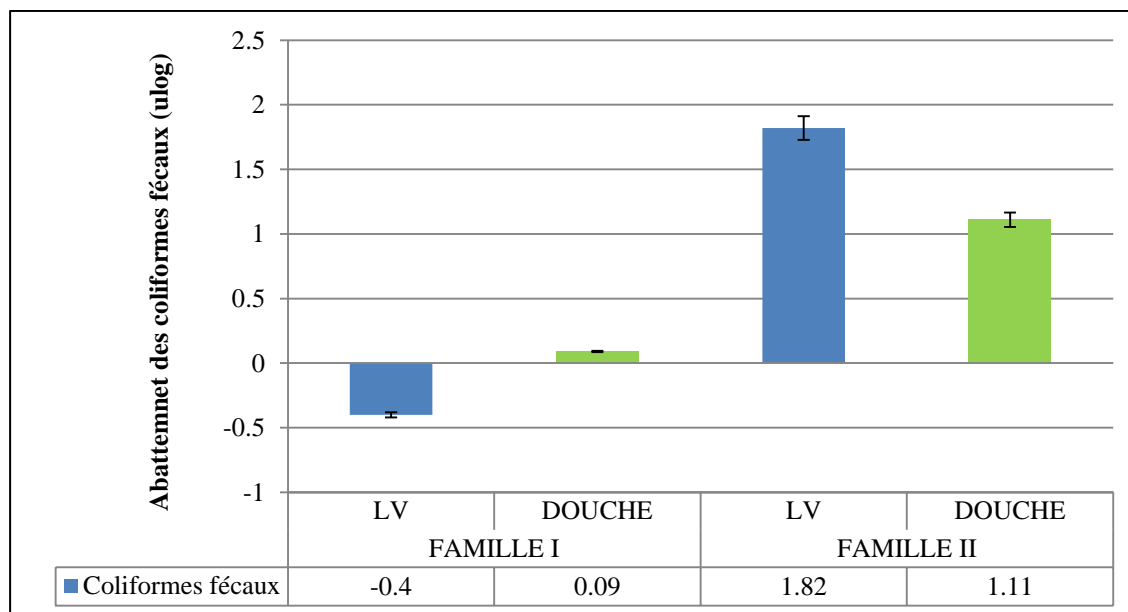


Figure 9: Abattement de E.coli dans les différentes familles

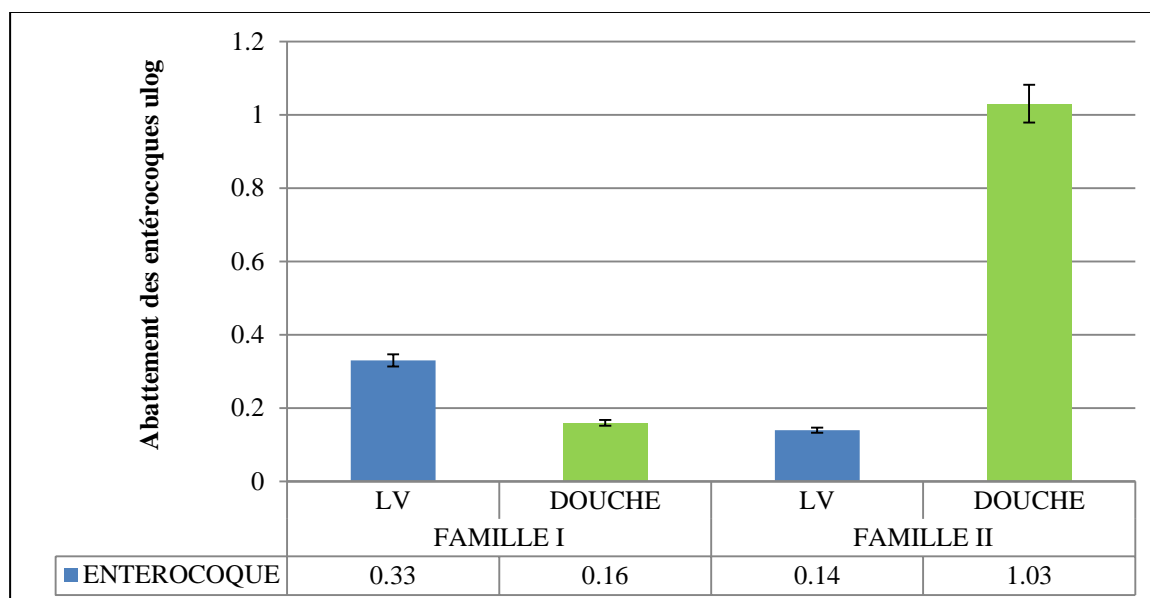
La figure 10 présente l'abattement des coliformes fécaux dans chacun des Familles.

Le plus faible et négatif taux a été obtenu au niveau de la famille I (-0.4 u.log).



**Figure 10: Abattement des coliformes fécaux dans les familles**

La figure 11 présente l'abattement des entérocoques dans chacun des familles. Le plus faibles taux d'abattement est observé dans la famille II (0.14u.log) à l'entré de lessive et vaisselle et (0.16u.log) entré douche.



**Figure 11: Abattement des entérocoques dans les familles**

Le tableau 3 nous présente les variations des MES, DCO et DBO5 dans l'ensemble des deux familles étudiés. Les valeurs moyennes des matières en suspension des eaux brutes de la douche varient entre 882 et 1245 mg/L. La valeur moyenne maximale de la DCO des eaux brutes de

douche est de 803 mg/L et la valeur moyenne minimale est de 269 mg/L. A la sortie les valeurs des eaux de lessive et vaisselle varient entre 347 mg/L et 140 mg.

Tableau 3: Valeurs moyennes et écart types de MES, DBO5, DCO

	<b>Moyenne Entrée LV</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Moyenne Douche</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Moyenne Sortie</b>	<b>Ecart type</b>
<b>MES FI (mg/L)</b>	1579	477	882	306	347	198
<b>MES FII</b>	1526	397	1245	715	140	94
<b>DBO5 (mg/L)</b>	2000	250	616.66	189	450	346
<b>DBO5 FII</b>	1433	665.33	466.6	340	283	317
<b>DCO (mg/LFI)</b>	1950	803	1552	117	1104	389
<b>DCO FII</b>	1613	269	1606	338	768	389

F : Famille

Le tableau 4 présente les valeurs moyennes des *E. coli*, coliforme fécaux et entérocoques. La valeur des *E. coli* au niveau des eaux brutes de la douche varient entre  $2.98.10^7$  et  $9.44.10^8$  ufc/100mL. A la sortie les valeurs sont comprises entre  $1.4.10^7$  et  $2.6.10^7$  ufc/100mL du Famille I pour les entérocoques au niveau des eaux brutes de lessive et vaisselle, les valeurs varient entre  $8.81.10^5$  et  $3.48.10^6$  ufc/100mL et à la sortie elles varient entre  $3.48.10^5$  et  $7.46.10^5$  ufc/100 mL.

Tableau 4: Abattements des E Coli, coliformes et entérocoques

	Entrée (Lessive et Vaisselle)	Entrée Douche	Sortie
<b><i>E.coli</i> Famille Ufc/100mL FI</b>	6.48. 10 <sup>5</sup>	2.98. 10 <sup>5</sup>	2.6. 10 <sup>5</sup>
<b><i>E.coli</i> Famille II</b>	1.18. 10 <sup>5</sup>	9.44. 10 <sup>5</sup>	1.4. 10 <sup>5</sup>
<b>Coliforme Fécaux Ufc/mL FI</b>	7.46. 10 <sup>5</sup>	2.85. 10 <sup>5</sup>	5.55 . 10 <sup>5</sup>
<b>Coliforme Fécaux FII</b>	1.49.10 <sup>5</sup>	1.09. 10 <sup>5</sup>	3.16 . 10 <sup>5</sup>
<b>Entérocoque Ufc/mL FI</b>	8.81. 10 <sup>5</sup>	1.12. 10 <sup>5</sup>	7.46. 10 <sup>5</sup>
<b>Entérocoque FII</b>	3.48. 10 <sup>5</sup>	3.8. 10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>

### III.1.2.Élimination des cations

Les concentrations des ions calcium, magnésium, sodium et potassium de deux familles. Présent des concentrations plus faible à l'entrée qu'à la sortie (tableau 5).

Tableau 5 : Valeurs moyennes des concentrations en ions

	E.LV	E. Douche	Sortie
<b>ca<sup>2+</sup> (mg/L)</b>	3.3	2.9	14.2
<b>Na<sup>+</sup> (mg/L)</b>	22.9	21.5	21.7
<b>K<sup>+</sup> (mg/L)</b>	36.2	33.0	38.6
<b>Mg<sup>2+</sup> (mg/L)</b>	10.5	11.3	16.8

Les valeurs du ratio d'absorption sodium(RAS) varient entre 2.6 à 15 comme le montre la figure 12.

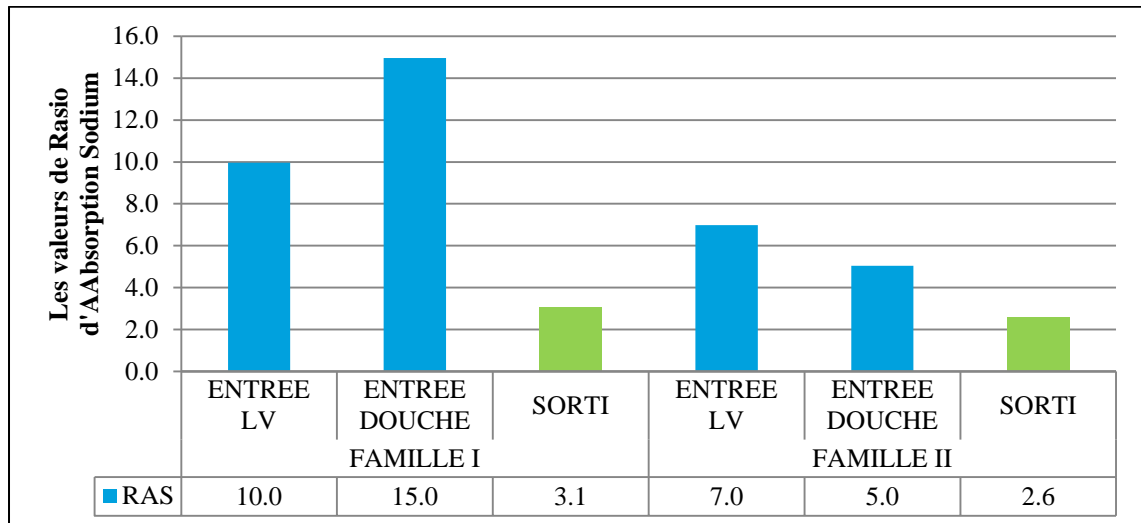


Figure 12: Valeurs de RAS des deux Familles dans les familles

### III.1.3. Résultat de la détermination des surfactants

Le graphique de la figure 13 montre l'évolution de surfactant (LAS) dans les eaux de lessive et vaisselle d'une moyenne de 50% et celui de la douche 15%.

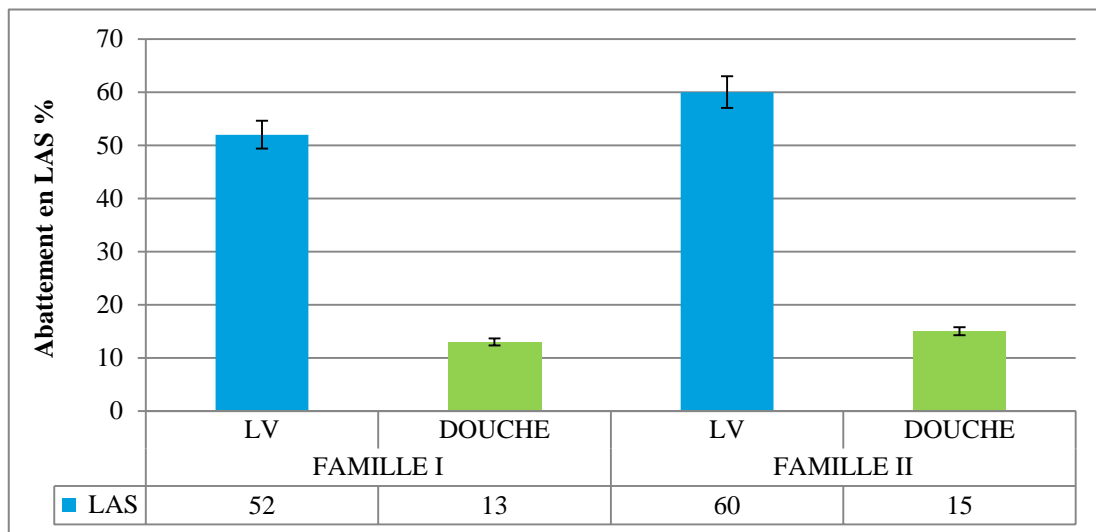


Figure 13: Abattement des surfactant

Le graphique de la figure 14 présente le taux de germination des grains des 2 familles le blanc est ici l'eau du robinet du laboratoire comme témoins a un taux germination de 98% alors que avec l'eau filtré on a en moyenne 90% des grains qui germent.

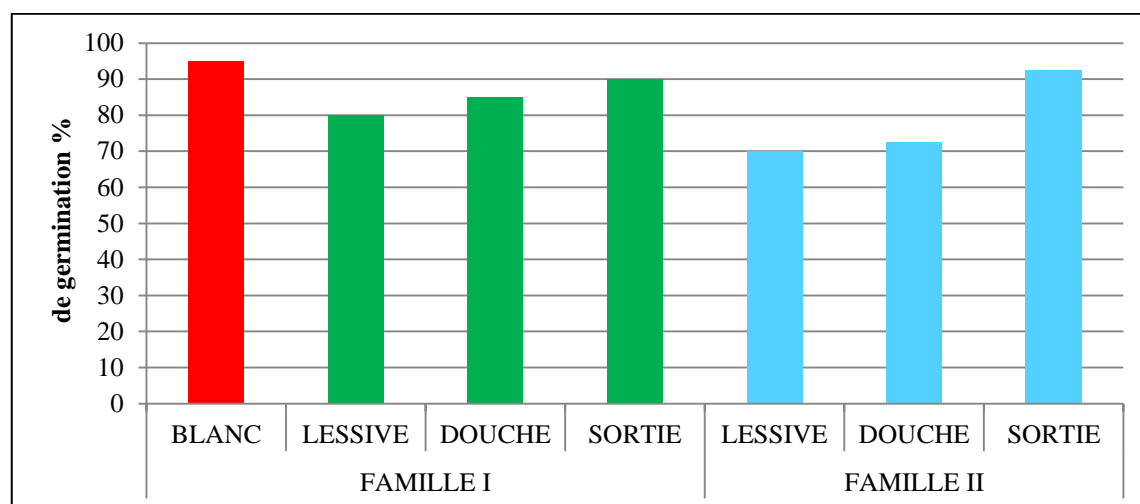


Figure 14: Taux de germination des grains dans les familles

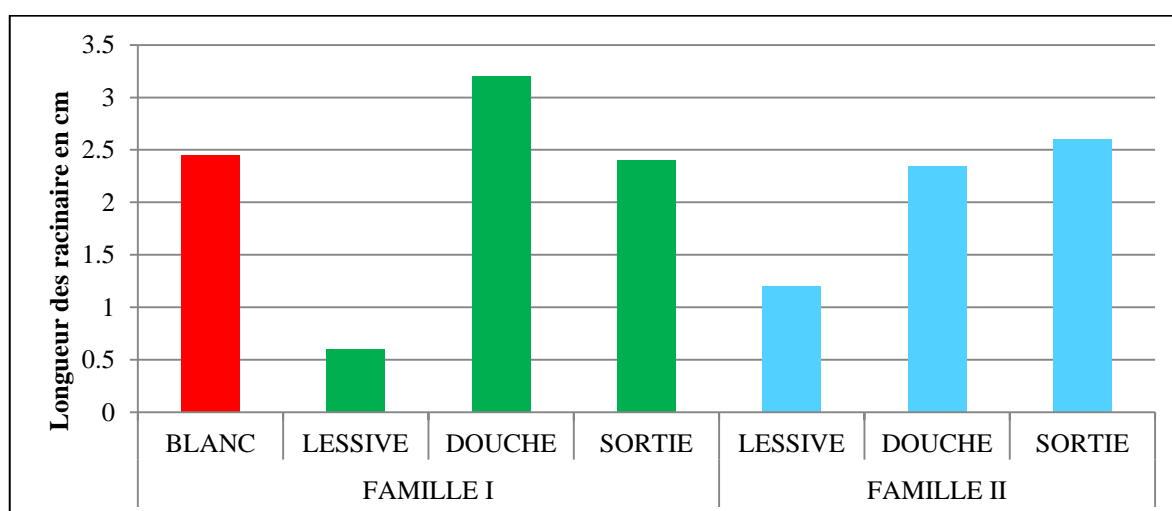


Figure 15: Présente l'évolution des longueurs des racines dans les familles

### III.1.4. Qualités des eaux grises traitées dans le bac de stockage

Au niveau du bac de stockage, l'analyse des paramètres in situ nous donne des valeurs de la température de deux familles qui enregistrent 33.8 et 34.2°C (Tableau 5). Les valeurs du pH enregistrés sont de 7.5 et 8 avec des valeurs de la conductivité comprises entre 668.3 et 1002.2µS/Cm. L'oxygène dissout varie entre 0.3 et 0.8 mg/L. La pollution particulière mesurée par les MES a donné des valeurs moyennes variant entre 171.1 à 190 mg/L. La valeur de la DCO varie entre 479.6mg/L et 493.6 mg/L. Le phosphate total se situe entre 2.3 et 4.6 mg/L avec l'azote total donnant des valeurs moyennes variant entre 24.32 et 35.12 mg/L. Au niveau de la quantité bactériologique, les valeurs des coliformes fécaux se situent entre 0.4 et 0.7 u.log

/100mL. Pour les *E.coli*, les valeurs se situent entre .0.2 et 0.8 u.log/100mL. Enfin, les entérocoques se situent entre 0.11et 0.56 u.log/100mL.

**Tableau 6 : Récapitulatif des valeurs moyennes et écart types des paramètres physico-chimique et bactériologiques du bac**

Paramètres	FAMILLE I		FAMILLE II		NORME
	Moyenne	Ecartype	Moyenne	Ecartype	
<b>PH</b>	8.0	0.3	7.5	0.5	6,5et8,4
<b>T °C</b>	34.2	1.1	33.8	1.4	6.5 à 8.4
<b>Conductivité (µS/Cm)</b>	1002.2	59.1	668.3	432.3	<3000µS/cm
<b>O2 dissoute (mg/L)</b>	0.8	0.7	0.3	0.6	
<b>MES (mg/L)</b>	171.7	77.1	190.0	249.0	<450
<b>DCO (mg/L)</b>	479.6	146.4	493.6	515.8	
<b>Ptot (mg/L)</b>	4.6	3.2	2.3	0.2	4 à 14 mg/L
<b>Azote Totale (mg/L)</b>	35.12	4.56	24.32	18.22	5 à 50 mg/L
<b>Ecoli (UFC/100mL)</b>	$2,74.10^8$	$4,74.10^8$	$1,56.10^7$	$2,21.10^7$	$<10^3 - 10^5$ UFC/100mL
<b>Coliforme fécaux (UFC/100mL)</b>	$8.77.10^8$	$1,52.10^9$	$1,2.10^8$	$1,97.10^8$	$<10^4$ UFC/100mL
<b>Entérocoque (UFC/100mL)</b>	$3,32. 10^5$	$2,72. 10^5$	$2,45. 10^5$	$1,84. 10^5$	



## III.2. Discussion

### III.2.1. Performances des dispositifs de traitement

Les analyses ont montrés que les températures des eaux grises ont des valeurs moyennes comprises entre 34,6°C et 35,5°C. Cette élévation des températures serait due à l'exposition ou au stockage de l'eau sous le soleil avant son utilisation (Kraft, 2009) et également à l'utilisation de l'eau chaude pour l'hygiène corporelle et de cuisson (Morel et Diener, 2006). Par ailleurs, ces mêmes auteurs ont montré que le traitement biologique des eaux grises ayant une température comprise entre 18 et 30 °C pourrait réduire leur impact sur les milieux récepteurs. (SANGARE, 2010). Au niveau des pH enregistrés, les valeurs sont comprises entre de 7.1 et 7.6 cela signifie que les eaux grises sont légèrement alcalines. Cette alcalinisation marquée des eaux grises de la lessive et vésaille serait due à l'usage excessif de savons locaux et de détergents tels que SABA, OMO et savon peulh. Ce pH est compris entre 6,5-8,4 il répond à norme de réutilisation (FAO, 1985).

Pour les conductivités électriques, des valeurs extrêmes de 1225  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ont été constatées en particulier dans les eaux grises de lessive et vaisselle. Ces valeurs de la conductivité électrique des eaux grises se situent entre 300 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , qui sont des valeurs qui répondent aux normes et pourront contribuer l'activité de la plante.

Les paramètres étudiés pour l'évaluation des performances en abattement de la pollution particulaire, organique, nutritive et bactérienne ont été les MES, la DBO5, la DCO, l'AZOTE TOTALE, le PHOSPHORE TOTAL, les coliformes fécaux et les *E.coli*. 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 2265 mg/L observée au niveau de la famille 1. Cette valeur maximale obtenue est largement 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 lessive et vaisselle dans la famille II. L'abattement 91% en MES obtenu au niveau de la famille II, dépasse les valeurs d'abattement obtenues au niveau des filtres à flux verticaux qui varie entre 65 et 85% (Morel et Diener, 2006). La pollution organique exprimée en DCO et DBO5 présente des concentrations très élevées au niveau des eaux grises de la lessive et de la vaisselle. Les valeurs moyennes en DCO et DBO5 enregistrées dans les eaux grises de la lessive et vaisselle sont respectivement de 1950 mg/L et 2000 mg/L. Ces valeurs élevées concordent avec celles trouvées par Lina *et al.* (2008) en Jordanie. Concernant l'élimination de la pollution organique au niveau des eaux de lessive et vaisselle les rendements épuratoires en

DCO sont compris entre 33 et 52,57%. Cet abattement est inférieur à celui obtenu au niveau du "*slanted soil treatment*" qui est de 64,8% et sont similaires aux valeurs trouvés par (NIKIEMA, 2012). Par contre en DBO5 les rendements épuratoire est de 81 et 77%. Le rendement maximal obtenu avoisine le rendement minimum obtenu dans le cas d'un traitement par un filtre à flux horizontal ou vertical (80-90%) (Morel et Diener, 2006).

Lors de l'expérimentation, il a été observé qu'au niveau de la famille I les concentrations en azote totale à la sortie sont plus élevées qu'à l'entrée de la famille I cela s'observe par une absence importante de matière organique dans les eaux de lessive et vaisselle. Alors qu'au niveau de la famille II, les abattements varient de 68,12 à 73,78% qui sont supérieurs aux abattements trouvés sur le système de filtre à écoulement horizontal qui est de l'ordre de 15-40% (Morel et Diener, 2006). Par contre au niveau du phosphore total on note des abattements qui varient de 37,2 – 97% des deux familles sont supérieurs aux valeurs trouvées sur le système à écoulement horizontal qui est 30-40%.

Au niveau de la pollution bactérienne, le traitement a été plus efficace pour les entérocoques que pour les E.coli et coliforme fécaux.

L'abattement de E.coli obtenu des familles est de 0.11 et 1.13 log. Ces valeurs sont très faibles contrairement aux taux d'abattement obtenus au niveau du "*slanted soil treatment*" qui est de 2 log et faible à ceux obtenus par (NIKIEMA, 2012) qui varie entre 0,76 et 2,03 log. Les abattements en coliforme fécaux présentent dans la famille I des valeurs faibles alors que la famille II donne des valeurs positives : s'explique par le phénomène de colmatage alors que dans la famille II, il élimine de 1.1-1.18 log.

Les valeurs d'abattement en entérocoque varient entre 0.1 à 1 log ces valeurs sont très faibles : on peut dire l'origine de ce faible taux d'abattement sera la contamination fécale d'origine animale. L'élimination bactérienne n'est pas efficace.

Les concentrations des ions calcium, magnésium, sodium et potassium de deux familles, présentent des concentrations plus faibles à l'entrée qu'à la sortie, d'où nos familles ne retiennent pas les cations.

Les valeurs obtenues du RAS qui sont de 10.47, 4.16 respectivement pour les familles I et II ces valeurs de RAS des eaux grises sont comprises entre 2 et 10 cela se justifie par le fait que les lessives produisent des eaux grises contenant moins des savons et des détergents. Néanmoins, les pays Européens et les états d'Amérique du Nord recommandent pour l'irrigation d'utiliser des eaux ayant un RAS inférieur à 15 pour les plantes sensibles (FAO, 1985).

Les abattements des surfactant de deux familles sont moyens. Les eaux grises issus de lessives et vésaille sont de l'ordre de 50% et celui de la douche est de 15%. Nous pouvons dire que nos familles éliminent assez bien les surfactant.

En regardant le taux de germination à partir des concentrations des surfactants au niveau de lessive et vaisselle et en fin de douche, les concentrations en surfactant sont moins importantes à la sortie. Par conséquent nous obtenons un taux de germination de 90% qui est proche de 95% celui du blanc. A partir du constat nous pouvons dire que les surfactants n'empêchent pas la germination des graines.

Par contre au niveau des mesures de l'allongement racinaire sont petites sous l'effet des eaux de lessive de 0.5 cm à 1.2cm par contre au niveau des eaux de douches ont a des longueurs de 2.3 à 3.4 cm et des longueurs constante à la sortie des familles.

### **III.2.2. Qualité des eaux grises traitées et réutilisation en irrigation**

Les valeurs du pH dans les eaux traitées sont comprises dans la plage de valeur normale 6,5-8,4 (FAO, 1985). La valeur maximale des conductivités obtenue des eaux grises est de 953.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ces valeurs sont comprises dans la plage de valeur normale se situe entre 300 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les valeurs des matières en suspension se situent entre 171.6 et 190.3 mg/L. Au regard de la valeur guide de réutilisation des eaux grises pour l'irrigation (OMS 2006 c), 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 microbologique dans le sol.

Les valeurs de coliformes fécaux dans le bac varient entre  $10.9.10^5$  et  $2.63.10^9$  /100 mL. Cette qualité bactériologique pourrait s'expliquer premièrement par un faible abattement des coliformes par le filtre dont la valeur maximale est de 1.84 u.log. Ce qui nous permet de dire que sur le plan de l'abattement des coliformes fécaux le système n'est pas performant.

En comparant les valeurs des bactéries à la sortie qui sont de  $7.16.10^7$  pour les *E. coli*,  $1.55.10^9$  pour les coliformes fécaux, avec celles du bac qui sont de  $2,62. 10^9$  pour les coliformes fécaux,  $1,81.10^9$  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).

Les valeurs en ions calcium et magnésium varient respectivement dans les plages de 3.36 et 10.53 mg/L et mg/L. Les valeurs obtenues sont en accord avec les normes relatives aux

valeurs limites des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  (Khopdapanah *et al.*, 2009). Les valeurs obtenues du RAS qui sont de respectivement pour les familles 1, 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. Les valeurs du RAS obtenues sur mes échantillons sont en accord avec les normes. 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 cultures telles que la chlorose lors de la réutilisation des eaux grises en irrigation (ITO, 2010).

Les teneurs en phosphore total dans les eaux grises traitées varient entre 0.5 et 8.9 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.

## CONCLUSION

Cette étude menée dans le village de Kologodjessé nous 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. Ce système est une solution appropriée au problème de gestion autonome des eaux grises en zone rurale car elle est caractérisée par un potentiel 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 grises traitées, l'équilibre entre ces 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 bac incliné est également caractérisé par un potentiel moyen d'abattement des surfactants. Ce système présente des avantages : il est facilement utilisable par les adultes, que par les enfants, il n'a pas besoin d'énergie pour son fonctionnement.

Vu les avantages que donnent le famille en irrigation, quelques recommandations ont été proposées pour une amélioration du famille d'usage par les populations.

- Mètre en place un petit bassin de dimension (profondeur de 0.5m, une longueur 2m, une largeur 1m) avant le lit du massif filtrant : pour favoriser l'élimination bactérienne par rayonnement solaire.
- Clôturer nos dispositifs : Pour éviter la présence des animaux afin d'avoir des bon abattements.
- Mètre en place un décanteur avant le lit du massif filtrant afin d'avoir une bonne qualité bactériologique des eaux traitées ainsi répondant aux normes de réutilisation en irrigation et éviter le colmatage

## BIBLIOGRAPHIE

- Abdul Hameed, M., Mukheled, A.-S., Abass., J., & Athmar, A.-M. (2010). Evaluation of Treated Municipal Wastewater Quality for Irrigation. *Journal of Environmental Protection*. 1: 216-225.
- Al-Jayousi. (2003). Greywater reuse: towards sustainable water management. *Desalination*; 156 (1-3) :181–192.
- Al-Shammiri. (2005). Waste Water Quality and Reuse in Irrigation in Kuwait Using Microfiltration Technology in Treatment. *Desalination*. 185 (1-3): 213-225.
- Bhausahab, L., P., Saroj, P, M.,G., et al. (2010). Design and Economical Performance of grey Water Treatment Plant in Rural Region. *International Journal of Environmental Science and Engineering*. 2(1):1-5.
- 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., D.D, & Mara. (2000). Guidelines for Wastewater Reuse in Agriculture and Aquaculture: Recommended Revisions Based on New Research Evidence. WELL Study, Task No. 68 Part I. p. 67.
- Del perto and steinfeld. (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, F. (1996). *South African Water,Quality Guidelines (second edition). Vol. 4: Agricultural Use: Irrigation.* Pretoria, South Africa.
- Ecosse, D. (2001). Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémoire. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens., 62P.
- Eriksson E., A. K. (2003). *Household chemicals and personal care products as sources for xenobiotic organic compounds in grey wastewater. Water SA*, 29(2).
- FAO. (1985). *Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage paper 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.*

- Friedler., E. (2004). Quality of individual domestic greywater streams and its implication for onsite treatment and reuse possibilities. *Environmental Technology*. 25(9): 997-1008.
- Gross A., A. N. (2005). Environmental impact and health risks associated with greywater irrigation: case study. *Water Science Technology*,. 52(8):161-169.
- Hamel, S., & Murphy. (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,. 66.
- ITO, K. (2010). Design of the slanted soil graywater treatment system for arid zones in developing countries. Master of Engineering thesis, Hokkaido University,. Japan,37 p.
- Khodapanah, L. W., & Khodapanah, D. (2009). Groundwater Quality Assessment for Different Purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran. *European Journal of Scientific Research*. 36 (4): 543-553.
- Klee, O. (1998). *Wasser untersuchen*. 3.Aufl., Quelle & Meyer, Wiesbaden, Germany.
- Li F., B. J. (2008). Resources and nutrients oriented greywater for non-potable reuses. *Water Science and Technology*. 57(12): 1901-1907.
- 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.
- Morel, & Diener. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. p. 90.
- NIKIEMA, B. C.-y. (2012). Etude FAMILLE du traitement des eaux grises pour petites communautés en milieu Rural: cas Kolongodjessé(Ziniaré,Burkina Faso). (p. 51). Ouagadougou: 2iE.
- Ottoson, J., & Stenstrom, T. (2003). Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. *Water Research*. 37(3): 645-655.
- Sangaré, D. (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,. Ouagadougou.
- WHO. (2006b). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol. 4:*

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

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

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

<http://www.erudit.org/revue/rseau/2012/v25/n1/1008536ar.html?vue=resume&mode=restrictio>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu\\_de\\_m%C3%A9thyl%C3%A8ne](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu_de_m%C3%A9thyl%C3%A8ne)



# ANNEXES

**Annexe 1 :**

**Tableau présentant des valeurs moyennes et écart types des paramètres physico-chimique et bactériologiques du bac**

<b>Paramètres</b>	<b>FAMILLE I</b>		<b>FAMILLE II</b>	
	<b>Moyenne</b>	<b>Ecartype</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecartype</b>
<b>PH</b>	8.0	0.3	7.5	0.5
<b>T °C</b>	34.2	1.1	33.8	1.4
<b>Conductivité (µS/Cm)</b>	1002.2	59.1	668.3	432.3
<b>O2 dissoute (mg/L)</b>	0.8	0.7	0.3	0.6
<b>MES (mg/L)</b>	171.7	77.1	190.0	249.0
<b>DCO (mg/L)</b>	479.6	146.4	493.6	515.8
<b>Ptot (mg/L)</b>	4.6	3.2	2.3	0.2
<b>Azote Totale (mg/L)</b>	35.12	4.56	24.32	18.22
<b>Ecoli (ulog)</b>	0.8	0.7	0.2	1.7
<b>Coliforme fécaux (ulog)</b>	0.7	0.7	0.4	1.1
<b>Entérocoque (ulog)</b>	0.56	0.42	0.11	0.87

**Valeurs moyennes et écarts types des paramètres bactériologiques et organique du bac et les valeurs moyennes et écarts types**

Paramètres	FAMILLE I		FAMILLE II	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
MES (mg/L)	171.7	77.1	190.0	249.0
DCO (mg/L)	479.6	146.4	493.6	515.8
Pot (mg/L)	4.6	3.2	2.3	0.2
Azote Totale (mg/L)	35.12	4.56	24.32	18.22
<i>E.coli</i> (uog)	0.8	0.7	0.2	1.7
Coliforme fécaux (uog)	0.7	0.7	0.4	1.1
Entérocoque (uog)	0.56	0.42	0.11	0.87

Le tableau présente des valeurs moyennes et écarts types des paramètres bactériologiques et organiques du bac et les valeurs moyennes et écarts types

Paramètres	FAMILLE I		FAMILLE II	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
MES (mg/L)	171.7	77.1	190.0	249.0
DCO (mg/L)	479.6	146.4	493.6	515.8
Pot (mg/L)	4.6	3.2	2.3	0.2
Azote Totale (mg/L)	35.12	4.56	24.32	18.22
<i>E.coli</i> (uog)	0.8	0.7	0.2	1.7
Coliforme fécaux	0.7	0.7	0.4	1.1

Optimisation du traitement des eaux grises par systèmes des bacs inclinés pour petites communautés en milieu rural : cas du village de Kologdjesse

(ulog)				
<b>Entérocoque (ulog)</b>	0.56	0.42	0.11	0.87

**Annexe 2 :**

Présentation de la méthode de calculs des abattements des paramètres physico-chimiques

**FAMILLE I**

PARAMETRES	ENTREE		SORTIE	ABATTEMENTS%	
	LV	DOUCHE		LV	DOUCHE
MES (mg/L)	1579	882	347	78%	61%
DCO (mg/L)	1950	1552	1104	33%	29%
DBO5 (mg/L)	2000	616,66	450	77%	36%
PHOSPHORE TOTAL (mg/L)	15,3	2	0,5	97%	75%

**FAMILLE II**

PARAMETRES	ENTREE		SORTIE	ABATTEMENTS%	
	LV	DOUCHE		LV	DOUCHE
MES (mg/L)	1526	1245	140	91%	84%
DCO (mg/L)	1613	1606	768	52,57%	53,54%
DBO5 (mg/L)	1433,3	466,3	283,33	81%	71%
PHOSPHORE	16,6	8,6	5,4	67,5%	37,2%

Optimisation du traitement des eaux grises par systèmes des bacs inclinés pour petites communautés en milieu rural : cas du village de Kologdjesse

---

TOTAL (mg/L)					
AZOTE TOTALE (mg/L)	56,065	68,17	17,87	68,12%	73,78%