

**UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
UNIVERSITY OF YAOUNDE I**

**FACULTE DES SCIENCES  
FACULTY OF SCIENCE**



**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES  
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY**

# **Evaluation de la gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi : Impacts environnementaux et sociaux**

**Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du Master Professionnel en Sciences  
de l'Environnement**

**Option : Assainissement et Restauration de l'Environnement**

**Par :**

**ALEXANDRE REOUNODJI**

**Licencié ès Sciences**

**Matricule : 02R023**

**Sous l'encadrement de :**

**DJOCGOUE François**

**Maître de Conférences**

**Année académique 2015-2016**

## **DEDICACE**

A travers ces lignes je dédie ce modeste travail à:  
Ma chère épouse EHBA PASSALET, et mes enfants.

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail a été possible grâce aux enseignements reçus du Département de Biologie et Physiologie Végétales, au soutien des proches, des amis et camarades. Ce travail est une occasion pour moi de leur témoigner de ma reconnaissance.

Qu'il me soit permis de remercier les personnes ci-après :

- Pr. YOUMBI Emmanuel (Maître de Conférences), Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales pour les enseignements dispensés et pour sa rigueur scientifique ;
- Pr. DJOUGOUE Pierre François, Encadreur de cette étude qui malgré toutes ses occupations, a accepté de diriger ce travail. Sa disponibilité, sa rigueur scientifique, ses conseils et ses supports didactiques m'ont permis de mener ce travail à son terme. Je ne le remercierai jamais assez pour toute la patience et la sollicitude dont il a fait montre ;
- Pr. ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert, superviseur du mémoire, et grâce à qui ce travail a pris corps et âme; trouvez ici ma gratitude et ma reconnaissance à jamais.
- Tous les Enseignants du Département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I pour leur encadrement remarquable ;
- à tous les Doctorants du Département de Biologie et Physiologie Végétales pour leur précieuse collaboration et leurs conseils, particulièrement à MBOG MBOG Sévérin pour ses précieux conseils, sa disponibilité et ses orientations ;
- Mes camarades de la troisième promotion de la Filière Science de l'Environnement, qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance pour tout le climat de convivialité qu'ils ont pu et su maintenir tout au long de la formation;
- Mes frères et sœurs ;
- M. et Mme DINGAO Vincent pour leurs soutiens et conseils;
- Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail et dont les noms ont été omis ;
- Les membres du jury qui vont évaluer ce travail, pour leurs remarques et suggestions qui permettront d'améliorer la qualité de ce document.

## SOMMAIRES

<b>DEDICACE</b> .....	ii
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	iii
<b>SOMMAIRES</b> .....	iv
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	vi
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	vii
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	vii
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	ix
<b>RESUME</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>CHAPITRE I. GENERALITES</b> .....	1
I.1. Introduction.....	1
I.2. Revue de la littérature.....	3
I.2.1. Généralités sur la pollution.....	3
I.2.2. Eaux usées.....	3
I.2.3. Eaux usées des abattoirs.....	5
I.2.4. Paramètres de caractérisation des eaux usées.....	9
I.2.4.1 Paramètres physico-chimiques.....	9
I.2.4.2. Paramètres organoleptiques.....	11
I.2.4.3. Paramètres biologiques.....	12
I.2.5. Conséquences des eaux usées sur l'environnement physique et humain.....	14
I.2.6. Cadres juridique et institutionnel de l'assainissement au Cameroun.....	15
I.3. Analyse de l'état de l'environnement.....	17
I.3.1. Milieu physiques.....	17
I.3.2. Milieu biologique.....	19
I.3.3. Milieu socio-économique.....	20
<b>CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES</b> .....	22
II.1. Matériel.....	22
II.2. Méthodes.....	23
II.2.1. Collecte des données.....	23
II.2.1.1. Données secondaires.....	23

II.2.1.2. Données primaires .....	23
II.2.2. Etat des lieux en matière de gestion des effluents de l'abattoir d'Etoudi.....	23
II.2.2.2 Caractéristiques physicochimiques des rejets de l'abattoir pour identifier sa charge polluante .....	24
II.2.3. Identification et évaluation les impacts des rejets des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi sur l'environnement .....	26
II.2.4. Plan de gestion des rejets des eaux usées issu d'activité de l'abattoir d'Etoudi.....	27
II.5. Analyses statistiques.....	27
<b>CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>28</b>
III.1.RESULTATS .....	28
III.1.1. Etat des lieux de gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi.....	28
III.1.2. Evaluation du mode de gestion des eaux usées de l'abattoir .....	32
III.1.2.1. Estimation des déchets liquides produits dans l'abattoir .....	32
III.1.2.2. Organisation du système de gestion des fientes de poule .....	32
III.1.2. Caractérisation des paramètres physicochimiques et biologique des rejets des eaux usées de l'abattoir .....	34
III.1.3. Identifier et évaluer les impacts des rejets de l'effluents de l'abattoir d'Etoudi sur le cours d'eau Ako'o.....	37
III.1.3.1. Identification des impacts environnementaux et sanitaire .....	37
III.1.3.2. Evaluation des impacts environnementaux et sanitaire.....	39
III.1.4. Plan de gestion des rejets des eaux usées issu d'activité de l'abattoir d'Etoudi .....	44
<b>III.2. DISCUSSION.....</b>	<b>47</b>
<b>CHAPITRE IV. CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>51</b>
IV.1 Conclusion .....	51
IV.2. Recommandations .....	51
IV.3. Perspectives.....	52
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>58</b>

## LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Courbe ombrothermique de la localité de Yaoundé.....	1 7
Fig. 2. bassin versant du cours d'eau Ako'o.....	1 8
Fig. 3. Quelques espèces forestières rencontrées sur le site.....	1 9
Fig. 4. Cultures sur le site.....	2 0
Fig. 5. Elevage des bovins au niveau de l'abattoir d'Etoudi.....	2 0
Fig.6. Localisation du site d'étude.....	2 1
Fig. 7. Dépôt des fèces des bœufs de l'abattoir dans un cours d'eau.....	2 7
Fig.8. Etat de salubrité de l'abattoir d'Etoudi.....	2 8
Fig. 9. Causes de la mauvaise gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi.....	2 9
Fig. 10. Appréciation du système de gestion des eaux usées par l'abattoir.....	3 0
Fig.11.Equipement d'assainissement defectueux.....	3 0
Fig12. vue de la rigole au niveau de laquelle coule l'effluent de l'abattoir.....	3 1
Fig. 13. Vue d'ensemble de la STEP de l'abattoir.....	3 1
Fig.14. Durée de remplissage des bacs de conditionnement.....	3 2
Fig.15. Lieux de stockages des déchets liquides.....	3 3
Fig.16. Système de collecte et transport des déchets liquides.....	3 3
Fig.17. Lieu de stockage des eaux usées de l'abattoir.....	3 4
Fig.18.L'évacuation des eaux usées de l'abattoir vers le cours d'eau Ako'o.....	3 5
Fig. 19. Etat de la STEP de l'abattoir d'Etoudi.....	4 0

Fig. 20. Etat des lieux de l'abattoir d'Etoudi.....	40
Fig. 21. Ecoulement des eaux usées de l'abattoir dans couloir des habitations situé à environ 2 m de l'abattoir.....	41
Fig. 22. Pollution de l'eau et du sol par eaux usées de l'abattoir.....	41
Fig. 23. Développement des vecteurs d'un point d'entassement non approprié des fèces des bœufs au niveau de la STEP.....	42

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Composition chimique moyenne d'une eau usée domestique.....	
Tableau II. Niveau moyen de contamination des effluents urbains par les bactéries.....	
Tableau III. Caractéristiques physico-chimiques à la sortie de la station en comparaison avec les normes...	
Tableau IV. Concentration moyenne des paramètres physico-chimiques des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi.....	
Tableau V. Concentration moyenne des paramètres bactériologiques des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi...	
Tableau VI Matrice des interactions des activités de l'abattoir avec les composantes du milieu.....	
Tableau III. Matrice de caractérisation des impacts.....	
Tableau VIII. Plan de gestion environnementale et sociale de gestion des rejets des eaux usées issu d'activité de l'abattoir d'Etoudi.....	

## LISTE DES ANNEXES

Annexe.1.Questionnaire auprès du personnel de l'abattoir.....	60
---	----

Annexe 2. Normes de Rejet pour le Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable.....	63
Annexe 3. Evolution de la qualité physique de l'eau le long des stations du cours d'eau Ako'o. a. ....	64
Annexe 4. Composition des eaux résiduaires en fonction du type d'industrie .....	64
Annexe 5. Quelques germes pathogènes liés aux eaux usées et les maladies qu'ils engendrent .....	65
Annexe6. Effets de certaines substances toxiques susceptibles de se retrouver dans les eaux usées sur l'homme .....	66
Annexe 7. Résumé des appareils et des méthodes utilisées pour la caractérisation physico- chimique et bactériologique des percolats.....	67
Annexe 8: Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques enregistrés dans l'Ako'o pendant toute la période d'étude.....	68
Annexe 9 : Risques d'usage des eaux de l'Ako'o après les rejets de l'effluent de l'Abattoir.....	69
Annexe 10. Diagramme de préparation des bovins aux abattoirs.....	70

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

CDE: Camerounaise Des Eaux

CF: Coliformes fécaux

Cnd: Conductivité

DBO<sub>5</sub>: Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours

DCO: Demande Chimique en Oxygène

FAU: Formazin Attenuated Units

GPS: Global Positioning System

MES: Matière En Suspension

MINEPDED: Ministère de l'Environnement, de Protection de la Nature et Développement Durable.

Nm: Nanomètre

O.M.S: Organisation Mondiale de la Santé.

SF: Streptocoques fécaux

STEP: Station d'épuration

TDS: Solides Totaux Dissous

UFC : Unités formant colonies

## RESUME

L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'impact des rejets de l'abattoir d'Etoudi sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Ako'o.

Cette étude a été menée en deux phases. La première phase (préliminaire) au mois d'avril 2010, au cours de laquelle une prospection sur le long du cours d'eau et de son bassin versant a été réalisée. La deuxième phase, étendue de Mai à Octobre 2010, a été consacrée à la collecte des données hydrologiques, aux prélèvements d'échantillons d'eau et bactériologique au niveau de chaque station couplée à l'analyse des données. Ces eaux usées ont été prélevées dans les différentes stations, conservées en glacière réfrigérées et ramenées en laboratoire pour le suivi des paramètres physicochimiques et bactériologiques suivant les protocoles standards.

Les résultats obtenus montrent l'effluent de rejets de l'abattoir d'Etoudi présente des fortes teneurs en pollution physicochimique (CND, MES,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , DCO et DBO5) et bactériologique (CF et SF) dans le milieu récepteur ayant un impact négatif sur le cours d'eau Ako'o. Les impacts négatifs ont été relevés à 90 % par les tas d'immondices fécales des bœufs qui envahissent les emprises des quartiers. Les caniveaux existants sont jonchés des fèces de toute sorte et ne sont pas curés. Ce qui entraîne la récurrence des inondations pendant la saison des pluies, la prolifération des insectes et des rongeurs et l'émanation des odeurs nauséabondes et la persistance de certaines maladies comme le paludisme, la fièvre typhoïde, la dysenterie etc. Ces eaux usées rejoignent la rivière de l'Ako'o. Ceci constitue une source importante de pollution de l'environnement en général et des eaux du cours d'eau Ako'o en particulier. Le seuil d'impact positif est l'utilisation des fèces de bœufs pour l'agriculture des populations qui se retrouvent dans les différents champs.

Les effluents de rejets de l'abattoir d'Etoudi présentent un risque environnemental et sanitaire en raison des concentrations élevées en polluants physicochimiques et bactériologiques. Un système de traitement s'impose pour garantir une sécurité environnementale et sanitaire.

**Mots clés.** Eaux usées, abattoir, impact, environnement, Etoudi.

## ABSTRACT

The overall objective of this study was to evaluate the impact of discharges from the slaughterhouse Etoudi on physico-chemical and bacteriological water quality of the Ako'o.

This study was conducted in two phases. The first phase (preliminary) in April 2010, during which a prospecting along the rivers and its watershed was performed. The second phase extended from May to October 2010, was dedicated in the collection of hydrological data, samples of water samples and bacteriological at each station coupled to the data analysis. This wastewater were collected from different stations, stored in refrigerated cooler and brought back to the laboratory for monitoring physical, chemical and bacteriological parameters according to standard protocols.

The results show the effluent discharges from the slaughterhouse Etoudi exhibit high levels of pollution physicochemical (CND, MES,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , COD and BOD 5) and bacteriological (CF and SF) in the receiving environment having a negative impact on the watercourse Ako'o. negative impacts were increased to 90% by the dunghill faeces oxen or invading the rights of way areas. Existing gutters are littered with faeces of any kind and are not priests. Which causes recurring floods during the rainy season, the proliferation of insects and rodents and the emanation of foul odors and the persistence of certain diseases such as malaria typhoid fever, dysentery etc. this wastewater join the River Ako'o. This constitutes a major source of environmental pollution in general and rivers of waters Ako'o in particular. The positive impacts threshold is the use of cattle feces for farming populations who find themselves in different fields.

Effluent discharges from the slaughterhouse Etoudi present an environmental and health risk because of high concentrations of physicochemical and bacteriological pollutants. A treatment system is needed to ensure environmental and health safety.

**Keywords.** Waste water, slaughterhouse, impact, environment, Etoudi.

# CHAPITRE I. GENERALITES

## I.1. Introduction

Le traitement des eaux usées avant leur rejet dans la nature représente une difficulté majeure pour bon nombre de pays dans le monde. Cette difficulté est plus accentuée dans les pays en voie de développement qui non seulement souffrent d'un manque de capitaux, mais sont confrontés à une urbanisation et à une industrialisation anarchiques. En Afrique, la situation d'évacuation et de traitement des eaux usées est dramatique. La plupart des réseaux d'évacuation d'eaux usées raccordés à des stations d'épurations mécanisées mis en place au lendemain des indépendances sont aujourd'hui non fonctionnels et les eaux usées brutes produites sont évacuées vers les bas-fonds (Kengne, 2009; Kone et *al.*, 2010). Pourtant, bon nombre d'études font ressortir les conséquences négatives du mauvais assainissement, tant sur le plan sanitaire, environnemental qu'économique. Chevalier (2002) mentionne que des centaines de millions de personnes dans le monde souffrent de la schistosomiase, du choléra, de la fièvre typhoïde, de vers responsables de divers troubles de santé et d'autres maladies infectieuses. En plus 3,5 millions d'enfants meurent chaque année de suite de diarrhée, à cause de la précarité des conditions sanitaires. Selon Morel (2008) 51 % des pays d'Afrique connaissent une pollution sévère de l'environnement qui risque de porter atteinte aux ressources en eau.

Au Cameroun, la plupart des eaux usées des agglomérations et des structures industrielles sont aujourd'hui rejetées dans le milieu naturel sans un traitement préalable. En effet, la quasi-totalité des stations d'épuration est depuis plus d'une décennie en panne, surchargée ou abandonnée (Mbog, 2013).

La nouvelle loi portant régime de l'eau stipule dans son article 4 que: «sont interdits les déversements, écoulements, jets, infiltrations, enfouissements, épandages, dépôts directs ou indirects dans les eaux de toute matière solide, liquide ou gazeuse et en particulier les déchets industriels, agricoles et atomiques susceptibles d'altérer la qualité des eaux de surface ou souterraines, ou des eaux de la mer dans les limites territoriales; de porter atteinte à la santé publique ainsi qu'à la faune et à la flore aquatique ou sous-marine; de mettre en cause le développement économique et touristique des régions»(Anonyme, 2000).

Ainsi, toutes les structures telles que les industries telles que les brasseries, les sucreries, les usines de transformation et de traitement des produits alimentaires, les tanneries y compris les abattoirs évacuent de grandes quantités de déchets organiques dans les cours

d'eau sans traitement préalable (Kengne, 2008). Ces phénomènes affectent et modifient les milieux aquatiques dans la plupart de nos villes et particulièrement celle de Yaoundé.

De nombreuses études ont été menées sur les écosystèmes aquatiques situés en zone urbaine dans la région de Yaoundé (Zébazé Togouet *et al.*, 2005; Onana, 2009). De ces travaux, il ressort que tous les cours d'eau du bassin versant de Mfoundi sont sujets à une pollution organique d'origine anthropique, résultat de leur utilisation pour l'évacuation des déchets de la ville et des industries (Mbog, 2013). La ville de Yaoundé, irriguée par un réseau hydrographique dense, comprenant dans sa partie Nord le cours d'eau Ako'o. Dans son cours moyen, ce cours d'eau reçoit l'effluent de l'abattoir d'Etoudi. Les abattoirs constituent sans doute l'exemple type des industries où l'eau est utilisée pour le lavage des sous-produits et l'élimination des déchets (matières fécales, des débris de panse et de sang). Cette eau est habituellement chargée de matière organique et devient dès lors une importante source de pollution pour le milieu récepteur qui la reçoit (Ayo, 2012). Le rejet quotidien de cet effluent non épuré de l'abattoir dans le cours d'eau pourrait entraîner un impact négatif sur l'environnement. Ce qui pourrait être une menace pour la biodiversité du cours d'eau et poser un problème de santé publique pour la population environnante

Les études menées sur les rejets de l'abattoir ont visé à évaluer ses impacts environnementaux et sociaux en vue d'en assurer la durabilité.

L'objectif général est d'évaluer l'impact des rejets des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi sur les composantes naturelle et humaine de l'environnement du quartier de Santa. Plus spécifiquement, il vise à:

- faire un l'état des lieux sur la gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi;
- caractériser les eaux usées de l'abattoir pour identifier sa charge polluante;
- identifier et évaluer les impacts des rejets de l'effluents de l'abattoir d'Etoudi sur le environnement ;
- proposer un plan de gestion des eaux usées issu des activités de l'abattoir d'Etoudi, permettant soit d'éviter, d'atténuer ou de minimiser les impacts négatifs.

Après une revue de la littérature consacrée aux généralités sur les eaux usées au chapitre I, le chapitre II suivra avec la présentation du matériel et des méthodes ayant permis de réaliser ce travail. Le troisième chapitre est centré sur la présentation et la discussion des résultats obtenus. Une conclusion, des recommandations et des perspectives font l'objet du quatrième chapitre.

## **I.2. Revue de la littérature**

### **I.2.1. Généralités sur la pollution**

La révolution industrielle, avec le prodigieux développement des activités humaines s'est traduite par un accroissement et une diversification des pollutions qui constituent des menaces sérieuses pour l'équilibre futur de la biosphère, de l'hydrosphère, de l'atmosphère et des générations futures de notre espèce. Tout accroissement d'activité, de production, entraîne inévitablement une augmentation des déchets. Si ceux-ci ne sont pas recyclés, détruits ou mis définitivement hors circuit, des problèmes apparaissent: il y a pollution (Barbault, 1983 cit. Mbog, 2013).

De façon générale, la pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans une biocénose naturelle (Ramade, 2005).

Les déchets qui polluent l'environnement peuvent se présenter à l'état gazeux (produits de combustion, produits volatils, composés chimiques dissipés dans l'air par évaporation), à l'état liquide (eaux usées, eaux pluviales et de ruissellement urbain, eaux de ruissellement des Zones agricoles) ou à l'état solide (ordures ménagères, résidus divers).

La présente étude porte sur les rejets liquides et elle s'intéresse préférentiellement aux eaux usées.

### **I.2.2. Eaux usées**

#### **I.2.2.1. Origine**

Une eau est considérée comme «usée» lorsque son état et sa composition sont modifiés par les actions anthropiques, de manière à ce qu'elle soit difficilement utilisable pour tous ou pour certains usages, auxquels elle devrait servir à l'état naturel. De manière générale, une eau usée encore appelée eau résiduaire est une eau qui a subi une détérioration après usage (Cors, 2013). Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées (Habib et El Rhazi, 2007 cit. Letah, 2012).

## I.2.2.2. Typologie des eaux usées

### I.2.2.2.1. Eaux usées domestiques

Elles sont constituées d'une part des eaux vannes encore appelées «eaux noires» issues des toilettes et chargées des matières organiques azotées, de germes fécaux, et d'autre part des eaux grises provenant des ménages (lavabo, lessiveuse, baignoire, ...) et des rejets issus essentiellement des activités ménagères. Les eaux usées domestiques sont porteuses de pollution organique. Elles ont pour origine les WC, les salles de bains, cuisines, et sont généralement chargées en détergents, graisses, solvants, et débris organiques, ... (Cors, 2007 cit. Kengne, 2008). Les eaux usées domestiques sont riches en matières organiques biodégradables.

La composition chimique moyenne d'une eau usée domestique est présentée au tableau (I).

Tableau I. Composition chimique moyenne d'une eau usée domestique (Kegne, 2008 cité par Letah, 2011).

Nature (Composants majeurs)	Matières Inorganiques (Azote, Phosphore, Potassium, Calcium)	Matières Organiques (Hydrates de Carbone, Graisses, Matières Protéiques)
Pourcentage	10 à 30 %	70 à 90 %

D'après ce tableau, les eaux usées domestiques sont très riches en matières organiques (70% à 90 %) dont la dégradation par les micro-organismes donne des éléments nutritifs.

### I.2.2.2.2. Eaux usées industrielles et artisanales

Les déchets industriels sont ceux caractéristiques de l'activité industrielle (Anonyme, 1989). Dans l'industrie, l'eau peut être utilisée à diverses fins. Elle peut participer au processus industriel proprement dit, être utilisée pour le lavage et l'évacuation des déchets, pour le refroidissement des installations ou pour faire fonctionner les chaudières (Barhoumi *et al.*, 2004). Les eaux usées industrielles ont des caractéristiques qui varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des

hydrocarbures (Ngnikam et Tanawa, 2006). Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne doivent être mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution (Miss, 2007).

### **I.2.2.2.3. Eaux usées pluviales**

Les eaux usées pluviales peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air, puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les sols (Khattabi, 2002). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement de ce mélange très pollué dans le milieu naturel (Duchemin, 2006).

Selon Ngnikam et Tanawa (2006), les déchets liquides peuvent être aussi classés selon leur nature. Dans ce contexte, on distingue les déchets organiques, issues d'organismes vivants végétaux ou animaux; les déchets inertes, constitués d'éléments minéraux qui n'évoluent pas dans le temps et qui ne contiennent pas de substances dangereuses; et les déchets dangereux, composés des éléments nocifs impliquant des précautions particulières d'élimination.

### **I.2.2.2.4. Boues de vidange**

Les boues de vidange sont des déchets issus des excréta. Elles sont composées essentiellement d'urines et de matières fécales (Anonyme, 2006). Elles renferment des substances azotées et des germes fécaux en abondance (Ngnikam et Tanawa, 2006). Ces éléments sont dangereux, car ils causent des pollutions organiques.

## **I.2.3. Eaux usées des abattoirs**

On appelle abattoir un établissement où l'on abat et où l'on prépare les animaux destinés à la consommation. Les abattoirs comprennent, en plus de l'abattage, les ateliers de triperie boyauderie et le vidage des matières stercoraires, qui rejettent à elles seules plus de 50 % de la pollution (Zébazé, 2006). La pollution rejetée dépend directement :

- du taux de récupération du sang ;
- du mode d'évacuation des matières stercoraires ;
- de l'importance de la triperie boyauderie ;
- des ateliers annexes (salaison, conserverie...).

Ces établissements consomment beaucoup d'eau potable pour assurer l'hygiène de ces locaux et du produit de l'abattage. La consommation d'eau entraîne la formation d'un effluent qui devrait subir une épuration avant d'être rejeté dans le milieu extérieur (Peiffer, 2003). Ainsi les abattoirs figurent parmi les industries les plus polluantes en raison des grandes quantités de déchets générés (Labioui *et al.*, 2007).

### **I.2.3.1. Pollution par les effluents des abattoirs**

La nature organique des effluents des abattoirs implique que, dans une situation dégradée où il serait mal pris en charge par la filière de traitement, il peut perturber le milieu récepteur dans lequel il est rejeté. Ces effluents constituent une source de nutriments qui va déstabiliser les réseaux trophiques du milieu, favorisant la croissance de la population d'espèces saprophytes qui vont dominer les autres espèces, amenant l'écosystème concerné à une réduction de sa biodiversité (Peiffer, 2003). Ainsi dans la classification des générateurs des polluants, les industries alimentaires (abattoirs inclus) sont considérées comme les principales sources des polluants organiques. Zébazé (2000), estime à 210 g la quantité de matière organique libérée lors de la saignée d'un bœuf de 300 kg. Cette charge polluante équivaut à la quantité de la matière organique produite par 39 habitants en un jour.

La pollution engendrée en moyenne par un litre de sang correspond à celle provoquée par deux habitants et par jour. Les eaux usées des abattoirs présentent en moyenne un ratio DCO/DBO5 variant de 0,63mg/L à 1,70mg/L conforme avec celui des eaux usées urbaines à dominance domestique présentant un rapport DCO/DBO5 inférieur à 3. Donc, on peut conclure que même si les eaux usées des rejets urbains présentent une charge organique élevée, elles sont facilement biodégradables. L'examen de ce rapport souligne bien le caractère biodégradable des eaux usées des abattoirs (Gannoun *et al.* 2009).

### **I.2.3.2. Eaux résiduaires d'abattoir**

#### **I.2.3.2.1. Généralités**

Les abattoirs produisent des eaux résiduaires issues des opérations de lavage du hall d'abattage contenant du sang, des eaux de lavage de la triperie-boyanderie et les contenus digestifs, des eaux de lavage des stabulations, des eaux de lavage des aires et des camions, ainsi que celles des appareils et des installations divers (Gannoun *et al.* 2009). Ces effluents ont, le plus souvent, un aspect rougeâtre et présentent une importante charge en fragments de viandes, des graisses, des excréments, le contenu de panses, des débris de parage, des caillots de sang, des morceaux de cornes et d'onglons, des matières stercoraires, des fèces et des pailles. Le volume des eaux résiduaires rapporté au nombre d'animaux abattus varie

significativement, il dépend de l'importance de l'abattoir, du mode d'exploitation et surtout de la nature de bêtes égorgées ( Belghyti et *al.*, 2009). .

### **I.2.3.2.2. Caractérisation du rejet d'abattoir**

#### **I.2.3.2.2.1. Composition physico-chimique**

Le rejet d'abattoir possède un pH proche de la neutralité. En effet, le sang présent dans ce type d'effluent renferme majoritairement des complexes protéiques (fibrogène, protéine de coagulation, anticorps,...) actives à pH neutre.

Le rejet d'abattoir se caractérise par une haute alcalinité, une demande chimique en oxygène importante, une grande teneur en matières volatiles, une teneur élevée en ammonium et en phosphore.

Cet effluent renferme une fraction de DCO soluble nettement inférieure à la DCO totale. Cette différence est principalement due à la teneur élevée en matière organique en suspension comprenant essentiellement la matière grasse. Ces lipides représentent 40% de la DCO totale de l'effluent issu de l'abattement des bovins . Ces constituants représentent moins de 1% de la DCO soluble mais plus que 67% de la DCO insoluble du rejet d'abattoir. La fraction insoluble représente entre 30% et 75% de la charge polluante globale du rejet d'abattoir ( Belghyti et *al.*, 2009).

En effet, la partie organique soluble est égale à 45% et 55% respectivement de la DCO totale et de la DBO5 totale. Ceci confirme la biodégradabilité modérée de la charge organique totale qui se caractérise par un rapport DBO5/DCO de l'ordre de 0,49 ; en comparaison avec un rapport de 0,61 pour la biodégradabilité de la fraction soluble. Enfin, le rejet d'abattoir présente un rapport C/N remarquablement élevé égal à 10 mg DCO /mg TKN, un rapport permettant une activité biologique satisfaisante ( Belghyti et *al.*, 2009)..

#### **I.2.3.2.2.2. Composition microbiologique**

Grâce à sa composition riche en éléments nutritifs (N, C, P, sels minéraux,...) plusieurs micro-organismes coexistent dans le rejet d'abattoir. Celui-ci comprend une flore banale et une flore pathogène responsable des problèmes d'hygiène (Gannoun et *al.* 2009):

- les bactéries lactiques qui forment un groupe très hétérogène incluant *Lactococcus gravieae*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus murin*, *Enterococcus raffinosus* ;
- les bactéries du genre *Bacillus* qui sont producteurs d'enzymes différentes. Certaines souches possèdent une activité protéolytique tels que *B. subtilis*, *B. licheniformis* et *B. circulans*. Dans des conditions définies et optimisées, *B. circulans*, *B. subtilis* et *B.coagulans* sont capables de produire des lipases. *Bacillus cereus* ayant deux propriétés importantes qui sont l'aptitude à sporuler et à produire des toxines thermo-tolérantes responsables de l'empoisonnement des produits alimentaires. Ce germe est principalement issu du sol, de la

peau de l'animal, des équipements et aussi du personnel et se trouve par la suite dans l'effluent de l'abattoir ( Belghyti et *al.*, 2009).;

- les enterobacteriaceae qui incluse les espèces *Escherichia coli*, *Shigella ssp*, *Edwardsiella ssp*, *Proteus ssp*, *Salmonella ssp*, *Citrobacter ssp*, *Klebsiella ssp*, *Enterobacter ssp*, *Serratia ssp*, *Morganella ssp*, *Providencia ssp*, et *Yersinia ssp* ;

- *Staphylococcus aureus* principal germe de la dépouille des animaux ;

- *Pseudomonas ssp* psychrophile, cette bactérie est le micro-organisme sporulant le plus dominant dans les conditions aérobies

- *Listeria monocytogenes* et *Campylobacter* qui proviennent essentiellement de l'environnement. Comme pour toute eau résiduaire, les virus présentent un risque certain pour l'homme. Parmi les virus rencontrés dans les eaux usées, on cite les Entérovirus, les Adénovirus, les Rotavirus et le virus d'Hépatite E .

Cet effluent contient également des *Naegleria sp* ; *Acanthamoeba sp* et *Giardia sp* qui sont présents au niveau des effluents traités, mais leur importance épidémiologique à ce niveau est difficile à apprécier. Parmi les métazoaires se rencontre *Ascaris sp*, *taenia saginata* et les différents oeufs de nématodes gastro-intestinaux provenant des déchets de l'abattoir (Gannoun et *al.*2009).

### **I.2.3.3. Abattoir d'Etoudi**

L'abattoir d'Etoudi se trouve dans l'arrondissement de Yaoundé 1, Département du Mfoundi, Région du Centre de Cameroun. Il a une superficie de 10 hectares abritant un bâtiment pour le service administratif et un second pour le service technique. Cet abattoir a été mis en service en Avril 1984, et est exploité par la Société de Développement des Produits Animaux (SODEPA) qui se doit d'organiser rationnellement les abattages dans les bonnes conditions d'hygiène. La capacité de production bovine s'élève à 400 bovins et 100 porcins par jour, malheureusement avec l'avènement de la crise économique que le pays avait connu en 1991 et qui a entraîné la baisse du pouvoir d'achat. Les abattages sont passés de 350 à 120 bœufs par jour et en même temps, le petit bétail a complètement disparu de l'abattoir (Mandji, 2008).

### **I.2.3.3. Législation sur les eaux usées**

Depuis plusieurs décennies, un intérêt particulier est porté sur les eaux usées dans la majeure partie du monde. En effet la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006, sur l'eau et les

milieux aquatiques, donne les outils à l'administration, aux collectivités territoriales et aux acteurs de l'eau en général, pour reconquérir la qualité des eaux et atteindre en 2015 les objectifs du bon état écologique fixés par la directive cadre européenne (DCE) du 22 décembre 2000 (Cavicchi, 2008). Cette loi est présentée en droit camerounais par la loi n° 96/12 du 05 août 1996 portant loi-cadre relatif à la gestion de l'environnement qui vise à limiter ou à supprimer les rejets dans l'eau et/ou dans l'air des substances toxiques, la production de déchets et l'utilisation de certains produits chimiques.

L'eutrophisation des plans d'eaux superficiels (lacs, fleuves, rivières), l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture entraînent la pollution et la dégradation de l'environnement.

Face à cette situation, une réflexion approfondie a été menée quant à la gestion des eaux usées, leur traitement par les systèmes d'épuration et leur réutilisation ultérieure. Pour ce faire il est nécessaire de connaître les différentes caractéristiques des eaux usées.

## **I.2.4. Paramètres de caractérisation des eaux usées**

Les eaux usées sont caractérisées par la mesure de leurs paramètres physico-chimiques et biologiques dont les valeurs doivent être inférieures ou égales à certains seuils pour le rejet sans grand danger dans la nature.

### **I.2.4.1 Paramètres physico-chimiques**

#### **I.2.4.1.1. Température**

Elle joue un rôle fondamental dans toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans un milieu liquide. Les températures  $> 15\text{ °C}$  intensifie les odeurs tandis que les températures basses ralentissent la vitesse de certaines réactions chimiques. La vitesse de dégradation de la matière organique dans une eau usée est d'autant plus importante que la température est élevée (Sy et Tall, 2003 cité par MBOG, 2013). Son importance se fait surtout sentir, dans la cinétique de l'épuration, par une accélération des processus d'épuration quand le milieu biologique s'y prête.

#### **I.2.4.1.2. potentiel d'Hydrogène (pH)**

Le pH permet d'exprimer le caractère acide ( $\text{pH} < 7$ ) ou basique ( $\text{pH} > 7$ ) et neutre ( $\text{pH} = 7$ ). Sa valeur dépend des équilibres ioniques dans l'eau. Le pH a une grande influence sur la répartition des métaux lourds dans l'eau (Fonkou *et al.*, 2002). Grâce à un pH-mètre les mesures se font *in-situ*. Le pH peut affecter les processus de désinfection, de solubilité des métaux. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Le pH influence de nombreuses réactions physico-

chimiques et la distribution des microorganismes impliqués dans la dégradation des matières organiques.

### **I.2.4.1.3. Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO<sub>5</sub>)**

Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présente dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre exprimé en mg d'oxygène par litre (mg O<sub>2</sub>/l), mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer la DBO<sub>5</sub>, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours. Le rapport entre la DCO et la DBO<sub>5</sub> constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau (De Villers *et al.*, 2005 cit. Letah, 2012).

### **I.2.4.1.4. Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La DCO, exprimée en mg d'oxygène par litre représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières (Letah, 2011). Ainsi, par la mesure de la DCO on peut évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler l'efficacité du traitement épuratoire (Miss, 2007). De plus, une forte teneur en DCO et MES provoque une diminution de la disponibilité en oxygène du milieu et donc une asphyxie du système. La moyenne trouvée pour la DCO des eaux usées dans diverses villes du monde s'élève environ à 30 g/l (Metcalf et Eddy, 1991; cité par Kengne, 2008).

### **I.2.4.1.5. Matières En Suspension (MES)**

Les MES représentent l'ensemble des matières solides, organiques ou minérales contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation. Elles permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau. La plus grande partie des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et, souvent un mauvais goût et une mauvaise odeur (Baumont *et al.*, 2002). Les MES empêchent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et représentent une surface d'attache pour les bactéries. On les subdivise en deux catégories:

- les matières décantables qui sont les MVS (matières volatiles sèches) représentant la partie organique des MES. Elles comprennent les particules de biomasse vivante ou

morte, qui se déposent pendant un temps fixé conventionnellement à 2 h (Bassompierre, 2007);

- les matières colloïdales qui représentent la différence entre MES et matières décantables (Sy et Tall, 2003).

#### **I.2.4.1.6. Conductivité**

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle permet d'estimer approximativement le niveau de minéralisation de l'effluent grâce aux relations établies entre la minéralisation et la conductivité. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Elle s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro Siemens par centimètre). Elle permet d'évaluer l'efficacité épuratoire des stations d'épuration.

#### **I.2.4.1.7. Azote et Phosphore**

L'azote et le phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce phénomène se caractérise par la prolifération d'algues et la diminution de l'oxygène dissous, ce qui appauvrit la faune et la flore des eaux superficielles (cours d'eau, lacs, ...). Les concentrations en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), azote (N) orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), et phosphore (P) sont dès lors des paramètres importants pour le suivi de la qualité des eaux de surface. L'azote « Kjeldahl » représente l'azote organique (ex. acides aminés, urée) et l'azote ammoniacal. Les phosphates interviennent dans la composition de nombreux détergents. Ils doivent être dégradés et hydrolysés par les bactéries en ortho phosphates pour être assimilables par les autres organismes aquatiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates ( $50 \mu\text{g P/l}$ ) (De Villers et *al.*, 2005).

#### **I.2.4.2. Paramètres organoleptiques**

Ces paramètres font appel aux organes sensoriels comme matériels d'analyse. Ils sont appréciés au moment du prélèvement des échantillons d'eau. Il s'agit de la couleur, du goût et de l'odeur.

### **I.2.4.2.1. Couleur**

Toute eau présente une couleur dite vraie résultant des différentes couleurs des particules qui s'y retrouvent. Toutes fois, du fait d'une concentration anormale de certains éléments dans l'eau suite à une pollution donnée, la couleur de l'eau change et est en ce moment dictée par la coloration de ces éléments polluants. Une telle couleur de l'eau est dite apparente. Elle évalue la quantité de matières solubilisées et de colloïdes tels que les composés chimiques solubles à coloration marquée, les métaux et d'autres déchets (Bechac *et al.*, 1983). Elle est exprimée en unité d'échelle colorimétrique au Platine Cobalt (PtCo).

### **I.2.4.3. Paramètres biologiques**

Les paramètres biologiques souvent recherchés lors de la caractérisation des eaux usées sont les bio-indicateurs de la pollution fécale parmi lesquels on a les bactéries, les protozoaires, et les macro-invertébrés. Les eaux usées et les eaux de ruissellement contiennent de nombreux organismes pathogènes, représentant une menace pour la santé humaine et l'écosystème aquatique (Chedad et Assobhei, 2007). Les eaux usées contiennent en moyenne  $10^7$  à  $10^8$  bactéries/ml. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4/l$  (Habib et El Rhazi, 2007). L'estimation de la contamination se fait par le biais de bactéries indicatrices de pollution fécale et de germes pathogènes. L'utilisation des microorganismes comme indicateurs de la qualité hygiénique de l'eau date d'avant 1880 (Anonyme, 2000). Ces indicateurs bactériens sont les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF). Il a été montré que les caractéristiques du milieu récepteur peuvent affecter la survie de ces indicateurs (Chedad et Assobhei, 2007 cité par Ayo, 2013).

#### **I.2.4.3.1. Bio-indicateurs bactériens**

Ce sont les micro-organismes commensaux pathogènes ou non, trouvés dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. Ils se retrouvent généralement dans les milieux aquatiques pourvus de matière organique. Le choix de ces germes comme bio-indicateurs de la pollution repose sur leur origine, leur sensibilité à différents niveaux de pollution et leur aptitude à dégrader la matière organique en substances minérales en vue de son recyclage. On distingue deux principaux groupes de bio-indicateurs: coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

##### **I.2.4.3.1.1. Coliformes fécaux (CF)**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau. Ils

constituent un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau (Chevalier, 2002). L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes. De plus leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (Chevalier, 2002).

### **I.2.4.3.1.2. Streptocoques fécaux (SF)**

Les streptocoques fécaux sont présents dans les intestins d'environ 75 % des humains, à des concentrations variant de  $10^5$  à  $10^8$  bactéries/g (Chevalier et al., 2002). La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs de pollution, notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants. C'est ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (Anonyme, 2000). Cet intérêt à l'égard des entérocoques s'expliquerait par le fait que, comparativement aux coliformes (incluant *Escherichia coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (Chevalier et al., 2002).

Le niveau moyen de contamination des effluents urbains par les bactéries sont présentés dans le tableau II.

Tableau II. Niveau moyen de contamination des effluents urbains par les bactéries (Bechac et al., 1983).

Niveau moyen de Contamination Germes	Valeur moyen (/ 100 ml)
Coliformes totaux	$180 \times 10^6$
Coliformes fécaux	$40 \times 10^6$
Streptocoques fécaux	$4 \times 10^6$
Salmonelles	$10^2$
Particules virales	$10^3$

### **I.2.4.3.2. Protozoaires bio-indicateurs**

Les protozoaires jouent un rôle important dans la destruction de la matière organique d'où leur forte présence dans les zones de dégradation et de décomposition actives. On peut citer les ciliés (glaucocystes, pénicillium), les flagellés et quelques espèces sessiles à régime bactériophage.

### **I.2.4.3.3. Macro-invertébrés**

Certaines eaux usées sont susceptibles de contenir une multitude de micro-organismes, certains pathogènes peuvent être recherchés pour évaluer les dangers que présentent ces effluents pour l'environnement. Parmi ces pathogènes, on a les salmonelles, les shigelles, *Escherichia coli*, les vibrions cholériques, les citrobactéries et certains virus. Toutes ces formes de pollution entraînent une forte dégradation des milieux récepteurs aux conséquences d'ordre sanitaire, écologique, et économique.

## **I.2.5. Conséquences des eaux usées sur l'environnement physique et humain**

Toutes formes de pollution entraînent une forte dégradation des milieux aquatiques récepteurs aux conséquences diverses à savoir: sanitaires, écologiques et économiques (Kegne, 2008 cit. Mbog, 2013).

### **I.2.5.1. Conséquence d'ordre sanitaire**

En plus des conséquences environnementales (eutrophisation, propagation des mauvaises odeurs) causées par les décharges anarchiques des eaux usées dans la nature, on note des conséquences sanitaires qui ont des effets dramatiques spécialement dans les pays en développement qui manquent des systèmes adéquats de traitement des excréta ou des eaux usées contaminées. Cependant, l'utilisation des eaux usées brutes a été montrée, comme une source potentielle de contaminations microbiologiques et chimiques des nappes d'eaux souterraines et superficielles (Howard et al. 2003; Taylor, 2004). La consommation des eaux de la nappe contaminée par les eaux usées, a pour conséquence le développement des maladies hydriques. Gaye et Niang (2002) ont attribué les épidémies de typhoïde, de paratyphoïde et de choléra qui ont éclaté à Dakar au Sénégal aux eaux usées. De même les études récentes réalisées à Kampala en Ouganda ont mis en évidence la relation entre l'épidémie de cholera de 1997-1998 et la contamination des puits (Howard et al., 2003). La contamination peut se faire par contact lors des baignades, par la consommation des produits alimentaires aquatiques tels que les poissons ou alors les légumes arrosés avec de l'eau souillée pendant leur culture. Elle peut aussi être chimique et se faire par la piqûre des

insectes se développant dans les eaux usées et par la consommation au travers des sources et des puits d'eau de la nappe phréatique souillé par des eaux usées.

En plus des germes pathogènes, les eaux usées en fonction de leurs origines peuvent contenir des substances toxiques capables d'engendrer de graves troubles de santé chez l'homme.

### **I.2.5.2. Conséquence d'ordre écologique**

La décharge des eaux usées non traitées dans l'environnement peut entraîner d'énormes modifications de l'écosystème qui les reçoit (Agendia et *al.*, 2000). On peut citer entre autres:

- la diminution de la biodiversité aquatique à cause de la toxicité du milieu et l'apparition des espèces nouvelles;
- l'eutrophisation des milieux aquatiques récepteurs;
- la dégradation de l'esthétique du milieu par la propagation des mauvaises odeurs;
- la perturbation du microclimat du milieu récepteur.

### **I.2.5.4.3. Conséquence d'ordre économique**

Le manque d'assainissement entraîne sur le plan économique un manque à gagner important:

- l'eutrophisation et la toxicité des étangs destinés à la pisciculture entraînent d'énormes pertes pour les promoteurs des projets dans ce domaine;
- une masse financière importante est dépensée pour traiter les maladies écoulant du manque et du mauvais assainissement, puis il y a baisse de productivité d'une partie de la population affaiblie par les maladies hydriques;
- la perte de l'esthétique du milieu naturel constitue un frein pour l'industrie touristique locale.

## **1.2.6. Cadres juridique et institutionnel de l'assainissement au Cameroun**

Les eaux usées rejetées dans un environnement donné doivent respecter les normes qualités de rejet d'eau prescrit par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans le cadre du respect et la protection de l'environnement, afin de limiter les risques de pollution et contribuer au processus de développement durable. Ces normes de rejet au Cameroun sont définies par le MINEPDED, avec les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques bien précises, suivant des lois qui régissent le bon état écologique, économique et sanitaire de l'utilisation de l'eau sur l'environnement. C'est par exemple le cas

des caractéristiques que doivent respecter les effluents des stations d'épuration avant leur rejet dans les milieux récepteurs (Anonyme, 2008).

Les rejets incontrôlés d'eaux usées dans les quartiers sans réseaux d'égouts sont certes inévitables, mais l'existence des règles d'hygiène appliquées par les communautés peut atténuer et même réduire leurs effets néfastes sur l'environnement.

Les cadres juridique et institutionnel sont des éléments essentiels dans la mise en œuvre de toute opération en matière d'assainissement. Ils servent de repère afin d'éviter l'anarchie.

### **1.2.6.1. Cadre juridique**

L'analyse montre que dans la législation camerounaise, le secteur de l'assainissement est régi par des textes dont les principaux se trouvent dans la Loi n° 64/LF/23 du 13 Novembre 1964 portant protection de la santé publique; la Loi n° 96/12 du 05 août 1996 portant loi-cadre relative à la gestion de l'environnement; la Loi n° 98/005 du 14 avril 1998 portant régime de l'eau et le Décret n° 99/818/PM du 09 Novembre 1999 fixant les modalités d'implantation et d'exploitation des établissements classés dangereux, insalubres et incommodes.

Ces textes sont renforcés par les engagements internationaux pris par le Cameroun à travers la ratification de la majorité des conventions et des accords internationaux (Nkoum, 2011). C'est le cas de la Convention de Bâle du 23 mars 1989 sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination; de la Convention de Maputo du 11 juillet 2003 sur la conservation de la nature et des ressources naturelles. Ces textes nécessitent des acteurs spécifiques pour leur mise en application.

### **1.2.6.2. Cadre institutionnel**

Parmi les acteurs en présence dans le secteur de l'assainissement, on peut distinguer les acteurs institutionnels, les acteurs non gouvernementaux, les sociétés privées et les usagers (Anonyme, 2008).

Les acteurs institutionnels sont principalement les départements ministériels. Ils interviennent dans la définition et la mise en œuvre des stratégies sectorielles dans les domaines de l'assainissement et aussi directement dans la réalisation technique des ouvrages d'assainissement (Ngnikam et Tanawa, 2006). Les plus concernés sont le Ministère de l'Eau et de l'Energie (MINEE) tutelle de la CAMWATER, le Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain (MINHDU), le Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable (MINEPDED), le Ministère de la Santé Publique (MINSANTE) et le Ministère de l'Enseignement Supérieur (MINESUP). Ce dernier a sous sa

tutelle les universités et écoles supérieures, qui ont des unités de recherche dans divers secteurs dont celui de l'assainissement.

En matière d'assainissement les organisations non gouvernementales (ONG) développent des projets novateurs (Van Ginneken *et al.*, 2011). Des petites organisations de quartiers sont aussi impliquées dans cette gestion ( Anonyme, 2008). Il existe des sociétés et entreprises privées très actives dans la gestion des déchets, à l'instar de HYSACAM. A côté des services privés, on a aussi des groupements d'initiative commune (GIC), qui se sont constitués pour apporter un service moyennant rémunération (Van Ginneken *et al.*, 2011)..

Les cadres institutionnel et juridique de l'assainissement sont relativement bien outillés au Cameroun. La diversité des acteurs institutionnels en présence, et les préoccupations des uns et des autres, ont amené le législateur à définir les prérogatives de chacun d'entre eux dans la mise en œuvre des actions d'assainissement. Cependant, les pratiques sur le terrain et l'urgence de certains cas se heurtent aux problèmes de moyens financiers et de lourdeurs administratives. L'absence des textes d'application de certaines lois rend difficile leur mise en œuvre (Van Ginneken *et al.*, 2011).

### **I.3. Analyse de l'état de l'environnement**

#### **I.3.1.Milieu physiques**

##### **I.3.1.1. Climat, hydrographie et pédologie**

La région de Yaoundé est située à 3°52' de latitude Nord et 11°32' de longitude Est, l'altitude moyenne approchant 750 m (Santoir, 1995). Elle se trouve sur la bordure Ouest du plateau sud camerounais et à 250 km de la côte atlantique (Bachelier, 1959). De relief très accidenté, ce plateau présente une surface ondulée où on observe une alternance de collines et de vallée gorgées d'eau (Ekodeck, 1984) et est caractérisé par l'abondance des précipitations atteignant parfois 1576 mm/an et variable d'une année de l'autre (Fig. 1). Encore appelé climat yaoundéen, le climat de Yaoundé est de type équatorial chaud et humide. Il est composé de quatre saisons inégalement réparties dans le temps (Suchel, 1987) :

- Une grande saison sèche allant de décembre à mi-mars ;
- Une petite saison de pluies allant de mi-mars à fin juin ;
- Une petite saison sèche allant de début juillet à la mi-août ;
- Une grande saison de pluies allant de mi-août à la fin du mois de novembre.

La température moyenne inter annuelle est de  $24,2 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$  (Ebang, 2004). Les formations géologiques appartiennent à la zone mobile d'Afrique Centrale (Nenni et Tchou, 1996).

Les sols se présentent dans l'ensemble comme dans tout le sud Cameroun sous trois types : les sols ferrallitiques ; les sols hydromorphes et les sols peu évolués (Ramade, 2005). On distingue ainsi les sols ferrallitiques rouges et jaunes qui sont respectivement sur les sommets des interfluves et en bas des pentes. Les sols peu évolués respectivement dans les vallées marécageuses et sur les reliefs montagneux à forte pente. La région de Yaoundé est enfin caractérisée par une forêt équatoriale héli ombrophile à Sterculiacées et Ulmacées (Ramade, 2005).

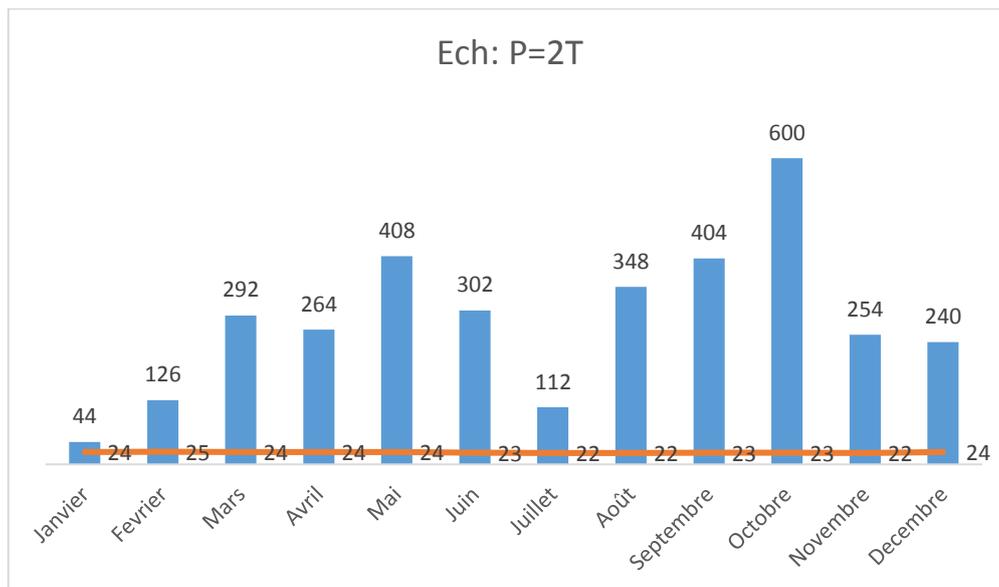


Fig. 1. Courbe ombrothermique de la localité de Yaoundé.  
Légende : ■ Précipitation (mm) — Température (°C)

### I.3.1.2. Relief

Le relief de la zone d'étude est diversifié. Avec une altitude moyenne de 760 m, Yaoundé s'étend principalement sur le bassin du Mfoundi. Elle est surplombée à l'ouest et au nord-ouest par une zone de hautes collines culminant à près de 780 m sur le pourtour du plateau de Yaoundé, d'Etoudi au nord à Nsimalen au sud, en passant par Essos à l'Est, le plateau d'Atemengue au sommet très plat s'élève à 760 - 780 m et forme autour de Yaoundé un arc de cercle.

### I.3.1.3. Bassin versant de l'Ako'o

Le bassin versant d'un cours d'eau, encore appelé bassin hydrographique, est le territoire alimentant ce cours d'eau et drainé par lui. Il est aussi le réceptacle des précipitations et des eaux usées diverses qui de manière différée les achemine vers le cours d'eau.

Le bassin versant du cours d'eau Ako'o couvre une superficie de 26,5 km<sup>2</sup> et s'étend dans la partie Nord du Département de Mfoundi traversant les arrondissements de Yaoundé 2 et 1 (Fig 2). D'une distance environ de 13,5 km, il prend sa source dans le 2<sup>ème</sup> arrondissement de Yaoundé dans le mont Febé et se jette dans le Foulou situé dans le 1<sup>er</sup> arrondissement de Yaoundé. Sur son parcours, il reçoit plusieurs affluents dont les plus importants se trouvent sur la rive gauche : Doubé, Oulougou et Ondigui. Sur la rive droite, Bilondo qui reçoit l'effluent des rejets de l'abattoir d'Etoudi et Ebandi.

Le bassin versant de l'Ako'o est dominé dans son cours supérieur par une végétation dans son cours moyen et son cours inférieur, par une zone de culture et une zone d'habitation.

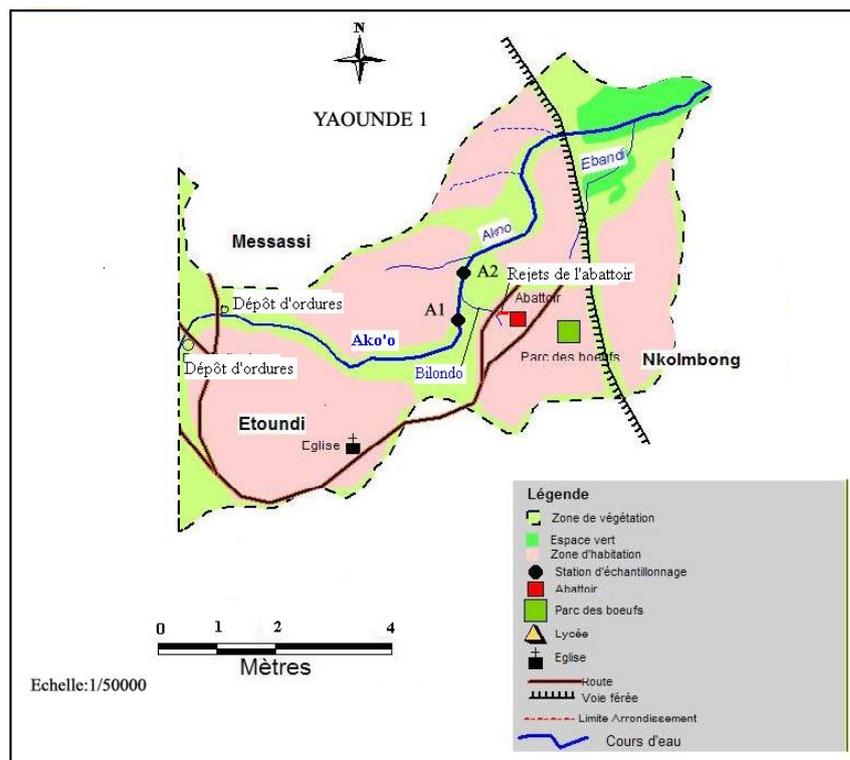


Fig 2. bassin versant du cours d'eau Ako'o.

### I.3.2. Milieu biologique

La végétation constitue une mosaïque. Certaines parties ayant été altérées en permanence par des constructions des maisons, des routes, des plantations et d'autres types d'agriculture permanentes (Fig 3). La plus grande partie de cette zone porte une proportion relativement élevée de couvert ligneux composé de forêts riveraines naturelles le long des cours d'eau, notamment de l'Ako'o.

Les villageois utilisent les plantes sauvages pour des besoins de nourriture, de médicaments, de matériaux de construction, etc.

Le site d'étude est situé dans une zone fortement urbanisée. Les animaux rencontrés sont ceux de la basse-cour, les caprins, les porcins, les rongeurs, les oiseaux et aussi les bœufs, mouton, chevres....



Fig. 3. Quelques espèces forestières rencontrées sur le site. (a) Mimosa sp (bois d'œuvre et de chauffe). (b) Canne de l'enfant (plante médicinale). (c) Parasolier (pionnière dans la régénération forestière)

### **I.3.3. Milieu socio-économique**

#### **I.3.3.1. Aspects socio-culturels**

La population de la zone directement concernée par le projet a connu une croissance forte entre recensements généraux de la population et de l'habitat de 1987 et 2005. On note dans l'arrondissement du Mfoundi, un taux d'accroissement annuel moyen de la population égal à 5,53%. Ce taux est de loin supérieur à la moyenne nationale qui est de 2,9%. Cependant, l'enclavement des quartiers environnants paralyse le dynamisme des populations. Il y manque cruellement les éléments du bien-être.

L'Islam est la religion la plus répandue dans la zone d'étude. Le christianisme rencontré est en généralité l'église catholique, des protestants et des églises dites de réveil qui ont de plus en plus de fidèles et qui font de très longue distance pour aller vivre leur foi.

#### **I.3.3.2. Aspects socio-économique**

##### **I.3.3.2.1. Agriculture**

L'agriculture occupe 30 % de la population. les cultures vivrières sont les plus pratiqués ( le manioc, le maïs, la banane-plantain, les arachides) (Fig.4.). Le tissu économique est embryonnaire dominé par l'agriculture de subsistance, le petit commerce et le transport par taxi motos.

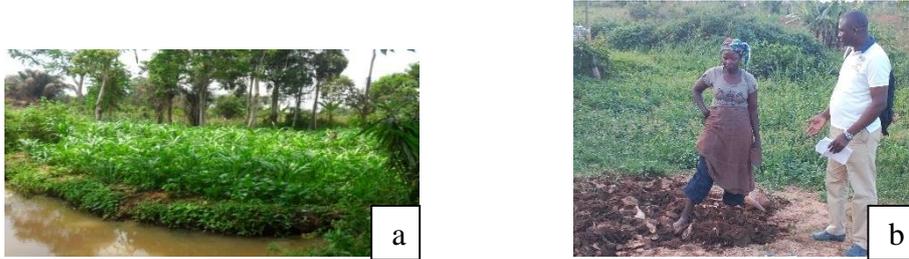


Fig. 4. Cultures sur le site (a. Un champ de maïs ; b. Cas d'une agriculture itinérante sur brulis ).

### I.3.3.2.2. Chasse

La chasse constitue une source de protéine importante dans la localité. Une grande partie de cette activité est effectuée par les hommes. La technique de chasse la plus répandue est celle des pièges en ligne, mais aussi la chasse à courre. La mise en pratique de ces techniques cynégétiques est très dépendante du milieu. Les pièges en lignes sont utilisés dans les champs et les jachères. Les espèces les plus exploitées sont les porcs-épics, les rats, les hérissons et les lièvres. La majorité des produits de la chasse est destinée à l'autoconsommation. Une partie est destinée à la vente et aux dons. La venaison est importante en saison de pluie.

### I.3.3.2.3. Elevage

L'élevage pratiqué est de type traditionnel constitué du petit bétail (volaille, porcins, ovins). Quelques espèces sont progressivement introduites. L'activité d'élevage est accentuée à l'approche des grands événements, notamment les fêtes de fin d'année. (Fig.5)



Fig. 5. Elevage des bovins au niveau de l'abattoir d'Etoudi (a. bœuf dans les enclos ; b. bœuf cheminant vers l'abattoir).

## CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

### II.1. Matériel

#### II.1.1. Présentation du site de l'étude

Les coordonnées géographiques du site ont été prise à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin. Les station de prélèvement des effluents au niveau du cours d'eau Eko'o s'étend entre les parallèles 3°51'42'' de latitude nord et les méridiens 11°29'47'' de longitude Est-Ouest à une altitude de 947 m (Fig. 6).

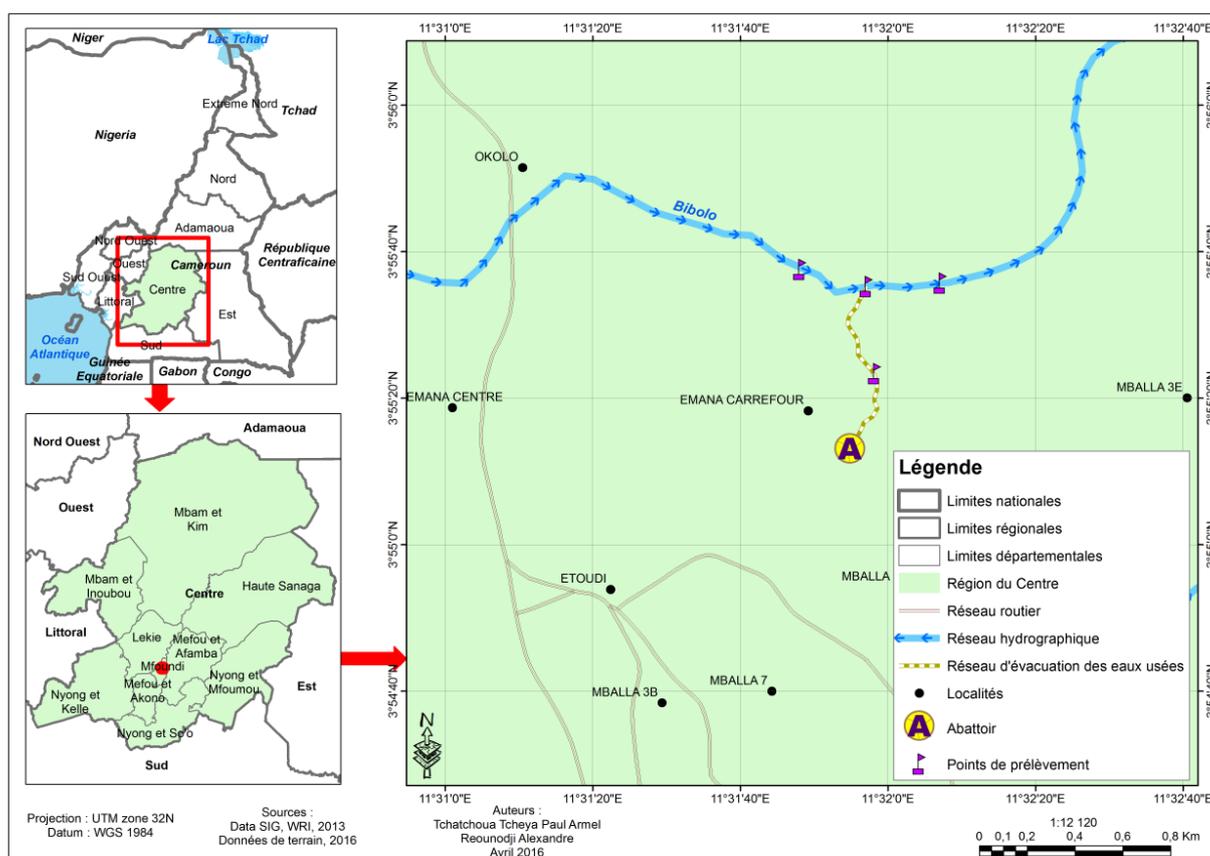


Fig.6. Localisation du site d'étude.

#### II.1.2. Matériel utilisé

Pour mener à bien cette étude, les moyens matériels techniques suivants ont été nécessaires :

- un appareil photo numérique pour la prise d'images des zones censées être affectées par le rejet des eaux usées ;
- un fond de carte pour délimiter les stations d'intervention ;
- un GPS pour relever les coordonnées géographiques ;

- crayon ;
- une carte du plan sommaire d'urbanisme de la zone d'étude ;
- le logiciel d'analyse et de traitement des données Microsoft Office Excel 2007 ;
- un logiciel de cartographie QGis 1.7.0. pour l'élaboration des cartes et le géo référencement;
- une trame d'enquête pour recueillir les données.

## **II.2. Méthodes**

### **II.2.1. Collecte des données**

Deux sources de données ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Il s'agit de source secondaire et de source primaire.

#### **II.2.1.1. Données secondaires**

Les données secondaires ont été collectées à travers les mémoires archivés au Département de Biologie Végétale (DBPV) et les consultations des sites Internet. Les enseignements reçus le long de notre formation académique nous ont aussi été d'un grand apport.

#### **II.2.1.2. Données primaires**

Il s'agit des données directement recueillies sur le terrain au moyen des trames d'enquêtes, des observations directes , des entretiens avec différents acteurs et des prelevement. Les informations ont été obtenues auprès du personnel de l'abattoir et des populations riveraines.

Dans le souci d'avoir des données fiables, les enquêtes et les entretiens ont été complétés par des observations directes et des prises d'images afin d'illustrer le travail. Ces observations nous ont permis de voir de plus près les pratiques réelles en matière de gestion des eaux usées au sein de l'abattoir.

### **II.2.2. Etat des lieux en matière de gestion des effluents de l'abattoir d'Etoudi**

#### **II.2.2.1. Etudes de terrain**

Les descentes sur le terrain ont permis de recueillir des informations relatives à la gestion des effluents (eaux usées) de l'abattoir d'Etoudi auprès du personnel et des populations grâce aux techniques d'enquêtes, d'entretien et d'observation.

## **II.2.2.2. Techniques d'enquêtes**

Pour la collecte des données, une enquête auprès du personnel de l'abattoir c'est effectuée dans l'enceinte et à l'extérieur. Un questionnaire semi structuré a été administré aux personnels de l'abattoir et aux personnes environnantes du site d'étude. Ces enquêtes ont été réalisées suivant les techniques d'enquêtes et de sondage proposés par Brossier et Dussaix (1999). L'enquête a pour but de recueillir les avis des populations et du personnel sur le système de gestion des eaux usées et leurs impacts sur l'environnement et la santé.

## **II.2.2.2 Caractéristiques physicochimiques des rejets de l'abattoir pour identifier sa charge polluante**

Les prelevement zffectué au point d'évaluatinon des eaux de l'abattoir vers le cours d'eau d'Ako'o ont permis de déterminer les paramètres physico-chimiques suivants: le pH, la conductivité (Cnd), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), les ions phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), les ions ammoniums (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), les ions nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ont été déterminées selon les protocoles standards.

### **II.2.2.2.1. Mesure des matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension sont déterminées par la méthode dite «*photométrique*». L'échantillon d'eau usée est prélevé dans une cellule de 25 ml et placé dans le spectrophotomètre Hach DR/2010. La teneur des MES par référence à un témoin qui est l'eau distillé, est lue directement sur l'écran digital en mg/l, à la longueur d'onde 810 nm. (Anonyme, 2013)

### **II.2.2.2.2. Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)**

La mesure de la demande chimique en oxygène est faite par la méthode dite de «*digestion au réacteur*». Après homogénéisation des échantillons d'eau usée, 2 ml sont prélevés et introduits dans des tubes à DCO, puis incubés en présence d'un témoin à 150 °C pendant 2 heures dans un réacteur (appareil de chauffage multitubes) de DCO de marque Hach. Après refroidissement des tubes, la valeur de la DCO de l'échantillon est lue en mg/l, au spectrophotomètre de marque Hach DR/2010, à la longueur d'onde 600 nm. (Metcalf et Eddy, 1991)

### **II.2.2.2.3. Mesure de la demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO<sub>5</sub>)**

Au laboratoire, 157 mL d'échantillon contenu dans une bouteille à DBO<sub>5</sub> opaque ont été incubés à 20°C dans un analyseur à DBO de marque LIEBHERR. Trois à quatre grains de

KOH ont été introduits dans le bouchon creux de la bouteille et absorbent le CO<sub>2</sub> dégagé. La montée du mercure dans le tube du manomètre correspondant à la quantité d'oxygène consommée par les bactéries a été lue tous les jours pendant 5 jours. La DBO<sub>5</sub> s'exprime en mg/L d'oxygène. (De Villers et *al.*, 2005)

#### **II.2.2.2.4. Mesure du potentiel hydrogène (pH)**

Les mesures du pH et du potentiel redox (Eh) ont été déterminées à l'aide d'un pH-mètre de marque Hach (HQ11d). Après calibrage préalable du pH-mètre à l'aide des tampons de valeurs 7,00 et 4,01, l'électrode en verre a été introduite dans 100 ml d'échantillon et les valeurs sont lues sur l'écran à affichage digital. (Anonyme, 2000)

#### **II.2.2.2.5. Mesure de la conductivité électrique**

La conductivité électrique a été évaluée à l'aide d'un conductimètre de type HANNA série HI 8733. Les valeurs sont exprimées µS/cm. (Anonyme, 2013)

#### **II.2.2.2.6. Mesure de la couleur**

La mesure de la couleur s'est faite au nm. Un volume 25 ml d'échantillon est placé dans une cuve spectrophotométrique et introduite dans le spectrophotomètre Hach DR 2010. La lecture de la couleur se fait à  $\lambda = 455$  nm par référence à la couleur de l'eau distillée. (Anonyme, 2000)

#### **II.2.2.2.7. Mesure des nitrates**

Les teneurs en nitrates ont été déterminées par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR/2000, en utilisant le Nitruver III. La lecture a été faite à 400 nm et les résultats sont exprimés en mg/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. (De Villers et *al.*, 2005)

#### **II.2.2.2.8. Mesure de l'orthophosphate**

Les teneurs de l'eau en orthophosphates ont été mesurées par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR / 2000 en utilisant le phosver III. La lecture a été faite à 890 nm et les résultats exprimés en mg/L de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. (De Villers et *al.*, 2005)

#### **II.2.2.2.9. Analyses bactériologique des eaux usées**

Elle a pour but d'évaluer les performances épuratoires de la station sur le plan sanitaire, c'est-à-dire sa capacité à éliminer les germes pathogènes. Les micro-organismes retenus sont bioindicateurs de la pollution fécale: coliformes fécaux (CF) et streptocoques fécaux (SF). (Chedad et Assobhei, 2007)

## **II.2.2.2.10. Description des Station d'échantillonnage**

### **II.2.2.2.10.1. Station A1**

La station A1 (3°9245'N, 11°53202'E) est située à environ 9,9 km de la source, à une altitude de 700 m. Elle est localisée dans l'arrondissement de Yaoundé 1, dans une zone de culture qui se transforme en zone d'habitation. Cette station se trouve à 300 m en amont de la confluence du cours d'eau Ako'o avec son affluent Bilondo chargé des déchets non traités de l'abattoir d'Etoudi (Fig. 6). La végétation est assez abondante et dominée par les espèces *Acroceras zyzanoïdes*, *Tithonia diversifolius* sur la rive droite et *Acroceras zyzanoïdes* sur la rive gauche. Il est à noter que, la station A1 se situe en aval du quartier Etoudi dont les eaux usées domestiques et urbaines se déversent sans traitements dans le cours d'eau.

### **II.2.2.2.10.2. Station A2**

La station A2 (3°92912'N, 11°53710'E) est située à environ 10,5 km de la source, à une altitude de 680 m. Elle se trouve à 300 m en aval de la confluence de l'Ako'o et Bilondo et dans la même localité de la station A2 (Fig.6). La végétation est dominée sur la rive droite par *Setaria barbata*, *Tithonia diversifolius* et *Echinocloa pyramidalis* et sur la rive gauche par cette dernière.

### **II.2.2.2.11. Analyses de laboratoire**

Les analyses effectuées ont permis de mesurer le degré de pollution des eaux usées rejetées par l'abattoir d'Etoudi. Après prélèvement des eaux usées dans les différentes stations, ceux-ci ont été rassemblés dans un cubitenaire, puis homogénéisés et immédiatement prélevés à l'aide des bouteilles en polyéthylène propre de 1,5 l de volume. Les eaux usées recueillies ont été collectés et ensuite ramené au laboratoire pour analyses physicochimiques et bactériologiques.

## **II.2.3. Identification et évaluation les impacts des rejets des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi sur l'environnement**

### **II.2.3.1. Identification des impacts**

L'identification des impacts s'est fait grâce à la matrice de Léopold à partir des enquêtes réalisées dans les autour de l'abattoir, l'entretien avec les responsables de l'abattoir, des observations directes sur le site. Cette matrice met en corrélation les activités de l'abattoir d'une part et les composantes de l'environnement d'autre part.

### **II.2.3.2. Evaluation des impacts**

Les impacts potentiels susceptibles de se produire lors des rejets des effluents de l'abattoir, ont été décrits puis évalués grâce à la grille de Fecteau qui prend en compte trois critères : l'intensité, la durée et l'étendue.

### **II.2.4. Plan de gestion des rejets des eaux usées issu d'activité de l'abattoir d'Etoudi**

Grâce à l'analyse des données collectées sur le terrain, plusieurs actions potentielles ont été sélectionnées suivant l'importance de la problématique des déchets de chaque abattoir. Ensuite ils ont été réunis en un plan d'action cohérent. Un plan simple de gestion des déchets déterminant les objectifs, les activités, les intervenants, leurs attributions, les ressources nécessaires, ainsi que les mécanismes de suivi, de supervision et de contrôle.

## **II.5. Analyses statistiques**

La comparaison des moyennes s'est faite suivant le test de Student Newman Keuls au seuil de significativité de 5 % à l'aide du Logiciel Excel. Il nous a permis d'observer les différences et les variations des paramètres étudiés à l'intérieur d'une campagne de prélèvement et entre les différents échantillonnages réalisés. Les résultats des différents paramètres analysés sont exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type. Ces moyennes sont présentées sous forme de tableaux ou histogrammes grâce au Logiciel Excel 2013.

## **CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **III.1.RESULTATS**

#### **III.1.1. Etat des lieux de gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi**

##### **III.1.1.1. Etat de salubrité de l'abattoir d'Etoudi**

Les descentes effectuées sur le terrain ont permis de constater que la gestion des eaux usées de l'abattoir fait face à beaucoup de difficultés.

On a noté des aspects dégradants rendant l'abattoir insalubres (Fig.7). Il s'agit :

- local de stockage des déchets solides et semi-liquides;
- bourbiers entravant la circulation ;
- mauvais conditionnement ;
- de la présence des dépôts d'ordures.



Fig. 7. Dépôt des fèces des bœufs de l'abattoir dans un cours d'eau.

Le dépouillement des fiches d'enquêtes concernant l'état d'insalubrité a permis d'obtenir l'opinion du personnel et des usagers sur le degré d'insalubrité dans l'abattoir d'Etoudi. Les résultats obtenus montrent que 39,22 % du personnel et des usagers enquêtée affirment que l'abattoir est moins sale, 28,29 % trouvent sale, 19,80 % trouvent très sale, 5,31 % le jugent propre et 7,38 % sont restés sans opinion. (Fig.8).

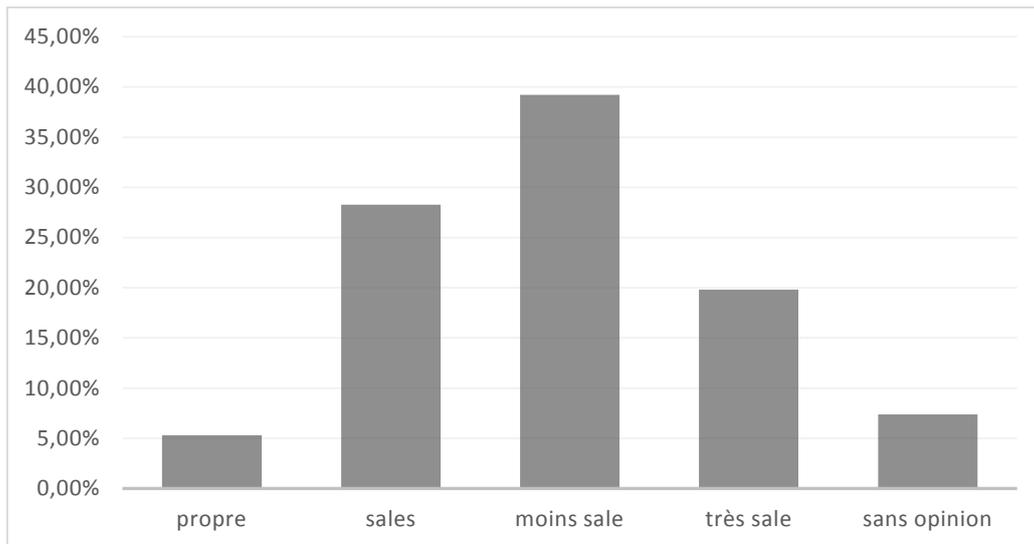


Fig.8. Etat de salubrité de l'abattoir d'Etoudi.

### III.1.1.2. Connaissances du personnel sur la gestion des eaux usées

Chez le personnel de l'abattoir, 97 % sont conscients des risques des eaux usées pour leur santé. Un très grand nombre (93,7 %) pense que leur traitement et/ou leur gestion est utile. Le niveau de connaissance du personnel est assez convaincant. Ceux-ci sont suffisamment informés sur les différents types de déchets produits dans une abattoir, leur désignation et les différentes étapes de la filière de gestion de eaux usées. Toutefois, un très faible ratio de personnels semble être informé sur la réglementation en matière de gestion de déchets (27,6 %).

L'enquête menée sur le terrain auprès du personnel sur les causes de la mauvaise gestion des eaux usées révèle à 12 % que la mauvaise gestion des eaux usées est due au manque de sensibilisation (A) du personnel, à une mauvaise politique de l'administration qui élabore le règlement intérieur et le budget de l'abattoir qui n'accorde pas du prix à la gestion des déchets en parlant de l'insuffisance de ressources financières (B) à 14 %. Tandis que, 9 % des personnes interviewées parmi le personnel pensent que cette mauvaise gestion est due à l'insuffisance des ressources matérielles (C) appropriées à la gestion des eaux usées. Par contre 11 % pensent quelle serait due à (A+B), 18 % (A+C) et 15 % (B+C). De même, quelques 20% affirment (A+B+C) (Fig. 9).

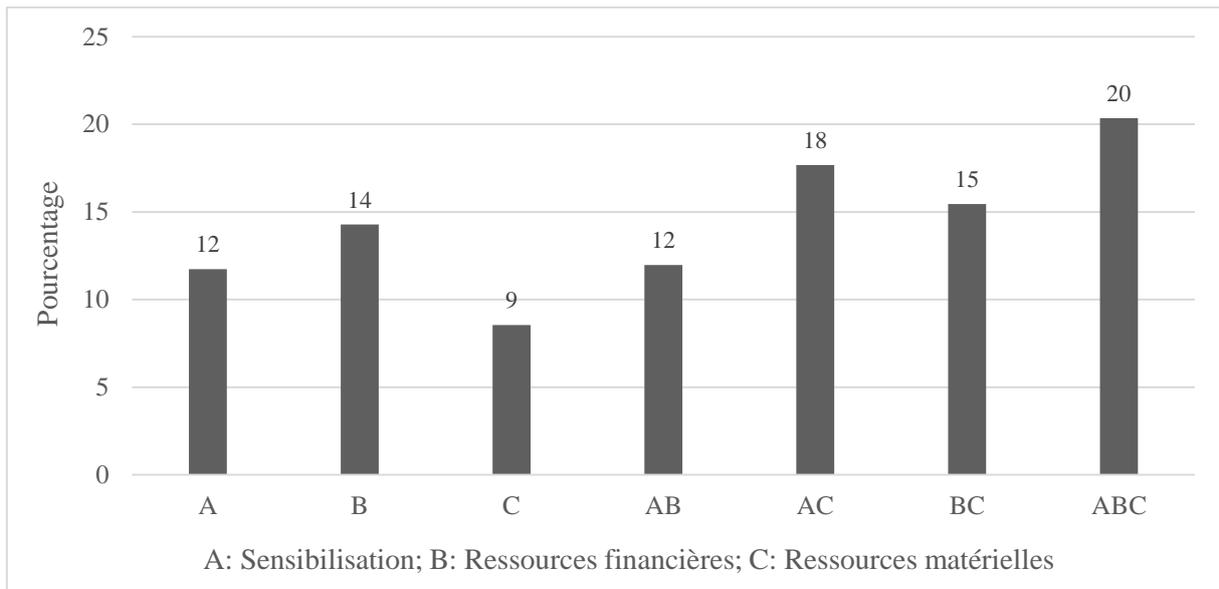


Fig. 9. Causes de la mauvaise gestion des eaux usées de l’abattoir d’Etoudi.

### III.1.1.2. Appréciation de l’efficacité du système de gestion des eaux usées de l’abattoir

Les résultats obtenus pendant les enquêtes réalisées auprès du personnel et du voisinage en rapport à l’appréciation de l’efficacité du système de gestion des eaux usées, relèvent que seulement 17 % des personnes interviewées pensent que le système de gestion des eaux usées est bon. Par contre, 27 % le trouvent passable et 56 % trouvent qu’il est mauvais. (Fig. 10.).

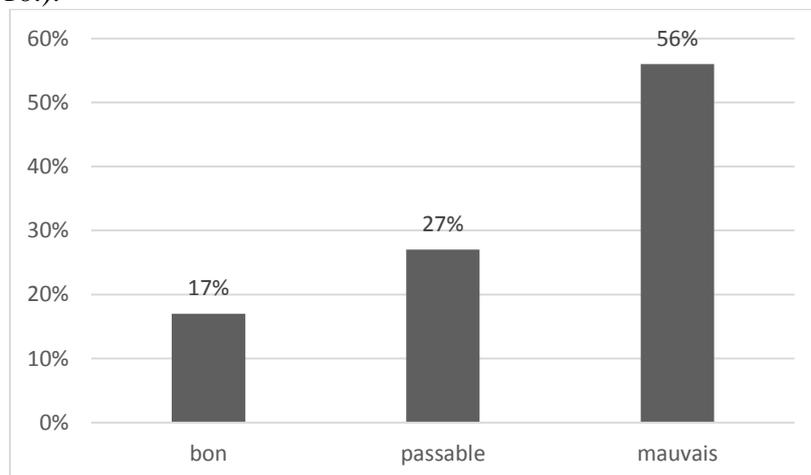


Fig. 10. Appréciation du système de gestion des eaux usées par l’abattoir.

### III.1.1.3. Etat actuel de l’équipement d’assainissement

A l’heure actuelle, les caniveaux techniques suite au vieillissement et au mauvais entretien comportent plusieurs fissures par les quelles sont observées les fuites d’eaux usées qui s’infiltrent dans le sol au risque de contaminer les nappes souterraines (Fig 11). De plus, suite au mauvais usage des équipements (introduction des objets non biodégradables), de l’insuffisance ou de l’absence de curage, les conduites enterrées sont bouchées dans le cours d’eau. Cette situation

expose les populations à de nombreuses maladies dont les germes sont véhiculés par ces eaux qui proviennent de l'abattoir (Fig.12).



Fig.11. Equipement d'assainissement defectueux.



Fig12. Vue de la rigole au niveau de laquelle coule l'effluent de l'abattoir.

#### **III.1.1.4. Etat de fonctionnement de la station de traitement des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi**

Depuis plusieurs années, cette station d'épuration est hors service suite aux pannes régulières, au manque de personnel d'entretien qualifié et à la non-prévision d'un budget annuel pour son fonctionnement. Ainsi, les deux moteurs ou aérateurs des boues ont été volés, les multiples vannes sont rouillées, le compresseur est défectueux, les différents compartiments sont fissurés, le bac à sable est abîmé (Fig. 13a). La partie d'eau usée qui arrive à la STEP s'échappe sans aucun traitement vers la rivière d'Ako'o où elle se déverse entraînant un risque grave de contamination et de pollution. De plus, les odeurs nauséabondes sont persistantes dans cette zone.



Fig. 13. Vue d'ensemble de la STEP de l'abattoir.

(a- Eau usée stagnante dans le bassin d'aération; b- Eaux usées se déversant dans la nature).

### III.1.2. Evaluation du mode de gestion des eaux usées de l'abattoir

#### III.1.2.1. Estimation des déchets liquides produits dans l'abattoir

La figure révèle qu'à l'abattoir les bacs de conditionnement sont remplis beaucoup plus quotidiennement soit 48,8 %, 32,6 % en 3 jours, 10,2 % en 2 jours et très peu qui l'ignore (8,4 %) le temps mis. (Fig.14.).

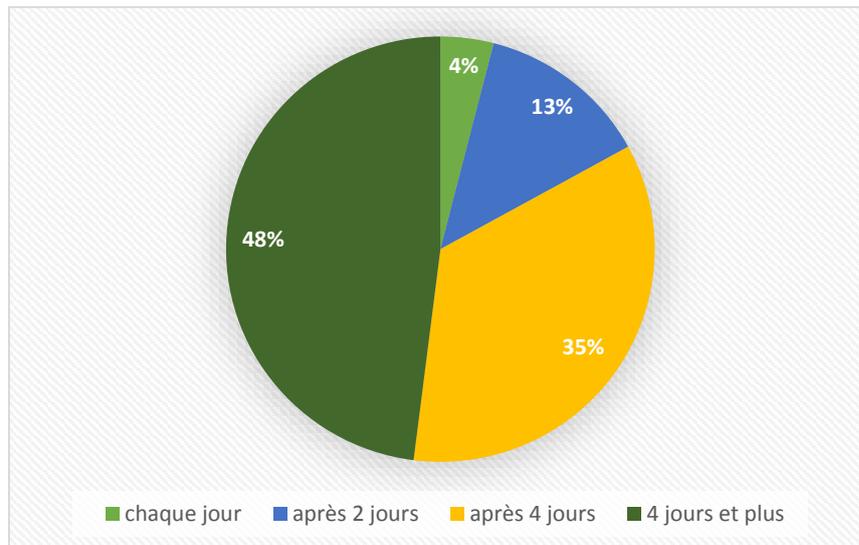


Fig.14. Durée de remplissage des bacs de conditionnement.

#### III.1.2.2. Organisation du système de gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi

##### III.1.2.2.1. Conditionnement

L'abattoir d'Etoudi ne possède pas de plan concernant l'hygiène, il n'existe pas un comité de gestion des déchets. La qualité du conditionnement est aussi mauvaise : l'excès de remplissage des bacs, leur présence et leur translation à terre, représentent autant de caractéristiques de pratiques contraires aux normes recommandées, dangereuses pour la sécurité des personnels impliqués, et de l'environnement.

### III.1.2.2.2. Stockage intermédiaire

Les déchets collectés sont stockés dans une fosse de 150 m<sup>3</sup> (Fig.15.), qui dégage une mauvaise odeur et le développement des insectes.



Fig.15. Lieux de stockages des déchets liquides.

### III.1.2.2.3. Collecte et le transport interne

Le rythme de la collecte des déchets liquides niveau des bâtiments d'abattages est d'une fois par semaine (Fig.16.).



Fig.16. Système de collecte et transport des déchets liquides.

### III.1.2.2.4. Stockage des déchets en un lieu central

Les descentes effectuées sur le terrain ont permis de constater que l'abattoir a un coin où les déchets sont stockés avant le déversement dans la nature (Fig.17.)



Fig.17. Lieu de stockage des eaux usées de l'abattoir.

### **III.1.2.2.5. Evacuation hors de l'enceinte de l'abattoir**

L'évacuation des eaux usées hors de l'abattoir se fait en général dans le cours d'eau (rivière de l'Ako'o) situé à proximité de celle-ci (Fig.18).



Fig.18.L'évacuation des eaux usées de l'abattoir vers le cours d'eau Ako'o.

## **III.1.2. Caractérisation des paramètres physicochimiques et biologique des rejets des eaux usées de l'abattoir**

### **III.1.2.1. Paramètres organoleptiques**

#### **III.1.2.1.1. Couleur**

La couleur moyenne mesurée à différentes heures de prélèvement du site présente le maximum de valeur (23068 PtCo) à 6 h et son minimum à 16 h (604 PtCo). L'analyse statistique de ce paramètre montre une différence statistique entre les prélèvements du matin et celle de la soirée.

La couleur de l'eau est un paramètre capital pour les métabolismes photosensibles des êtres vivants aquatiques. La Fig. 19b ci-dessous, présente la couleur des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi à la sortie de la station d'épuration.

#### **III.1.2.1.2. Odeur**

L'on note un dégagement d'odeurs nauséabondes et pestilentielles générées par l'odeur propre aux animaux et par l'altération de la matière fécale présente dans les effluents et les déchets entassés dans le site (Fig.19 a)



(a)



(b)

Fig. 19. Etat de la STEP de l'abattoir d'Etoudi ( a- Ecume formé ;b- couleur des eaux usées).

### III.1.2.2. Caractéristiques physico-chimiques

La composition physicochimique des rejets d'eaux usées présente des charges polluantes élevées après trois campagnes (Tableau III). Ces résultats montrent également que ces eaux sont très riches en substances organiques, minérales et particulaires. Les valeurs de DCO (10 840,5 mg/l) et de DBO<sub>5</sub> (3000,4 mg/l) restent dans la gamme des valeurs de référence pour les eaux usées d'origine domestique avec un rapport moyen de DCO / DBO<sub>5</sub> de 2,51

Le pH est légèrement basique. Les paramètres indicateurs de la pollution organique ont des valeurs très élevées. Ainsi, on observe une forte conductivité électrique (1220 μS/cm) qui indique une forte minéralisation (Tableau III). Les MES (3 000 mg/L), les chlorures (1478 mg/L de Cl<sup>-1</sup>) la dureté calcique (42 600 mg/L de CaCO<sub>3</sub>) atteignent des records (Tableau IV).

Tableau III. Caractéristiques physico-chimiques à la sortie de la station en comparaison avec les normes. (Min: minimum; Max: maximum)

Paramètres	Moyenne ± écart-type	Norme de rejet (MINEPDED)	Min - Max
pH (unités de pH)	7,4 ± 0,3	6-9	7,07 - 8
Température (°C)	28,28 ± 1,8	30	22 - 27
CND (μS/cm)	1220 ± 340,2	/	143 - 538
MES (mg/l)	3000 ± 111,7	≤ 30	311 - 3930
Couleur (Pt-Co)	6736 ± 4428,3	/	955 - 11550
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	1250 ± 121,3	≤ 30	10 - 62,25

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	79,65 ± 77,6	/	0 - 190
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	900 ± 77,6	/	35 - 162,25
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	164,75 ± 136,9	≤ 10	17,5 - 350
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	1478,75 ± 126,9	/	855 - 11550
O <sub>2</sub> (mg/l)	4285,75 ± 226,9	/	324-2145
CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	42600 ± 456,9	/	345-2465
DCO (mg/l)	10 840,5 ± 2309,7	≤ 200	849 - 6005
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3000,4 ± 347,8	≤ 100	120 - 960

Les valeurs obtenues sont largement au-dessus de la norme du MINEPDED. Ces résultats d'analyses montrent également que ces eaux sont très riches en substances organiques et minérales. Les valeurs de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> restent dans la gamme des valeurs de référence pour les eaux usées d'origine domestique avec un rapport moyen de DCO / DBO<sub>5</sub> de 2,51.

De manière générale, la qualité physique et chimique de l'eau prélevée à la station 1 à la station 2 témoignant une pollution du cours d'eau. A première vue, on constate que malgré la dilution, plusieurs de ces paramètres notamment les MES, la DCO, la DBO<sub>5</sub>, les nitrates et les phosphates ont des valeurs supérieures aux normes considérées (tableau V).

Tableau IV. Concentration moyenne des paramètres physico-chimiques des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi

Paramètres	Concentration		Normes de rejet (MINEPDED)
	Station 1	Station 2	
CND (µS/cm)	143,2 ± 10,23	538 ± 83,86	
MES (mg/l)	111 ± 17,31	19 ± 3,69	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	80 ± 7,65	01 ± 0,29	≤ 30
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	100,1 ± 21,29	3,8 ± 1,31	≤ 30
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	80 ± 6,89	01 ± 0,81	≤ 10
DCO (mg/l)	2240 ± 209,72	150 ± 32,21	≤ 200
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	700 ± 127,79	60 ± 57,85	≤ 50

### III.1.2.3. Caractéristiques bactériologiques

Les résultats obtenues (Tableau V) montrent clairement que les coliformes et les streptocoques fécaux sont présents en moyenne à des concentrations élevées, respectivement de 7800 et 4300 UFC/100 ml (Tableau V). ces eaux sont très chargées en micro-organismes indicateurs de la pollution dont toutes les valeurs sont supérieures à  $10^5$  individus/ 100 ml. Le déversement d'une eau ainsi chargée en microbes dans la nature sans aucun traitement entraîne inévitablement la contamination du milieu récepteur et la propagation des maladies hydriques surtout la diarrhée qui est à l'origine d'une forte mortalité infantile en Afrique.

Tableau V. Concentration moyenne des paramètres bactériologiques des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi.

Paramètres Echantillons	Coliformes fécaux (UFC/ 100 ml)	Streptocoques fécaux (UFC/100 ml)	Normes de rejet (MINEPDED)
Station 1	7800	4300	$\leq 2000$
Station 2	6500	2800	$\leq 1000$

Ces concentrations bactériennes élevées, obtenues dans la station actuel du CHU sont dans la gamme des concentrations des bactéries ( $10^4 - 10^9$ ) couramment retrouvées dans les eaux usées (Anonyme, 1992). Elles rentrent dans le même ordre de grandeur que celles rencontrées dans les effluents urbains (Anonyme, 2008).

### III.1.3. Identifier et évaluer les impacts des rejets de l'effluents de l'abattoir d'Etoudi sur le cours d'eau Ako'o

#### III.1.3.1. Identification des impacts environnementaux et sanitaire

L'identification des impacts a été faite grâce à la matrice de Léopold à partir des enquêtes et des entretiens réalisées au auprès du personnel, des vendeuses et des élèves des établissements. Cette matrice met en corrélation les activités associées à la gestion des déchets liquides et les composantes de l'environnement d'autre part. Les récepteurs de l'environnement considérés incluent l'air, le sol et l'eau pour le milieu physique, la faune et la flore pour le milieu biologique et le cadre de vie, la santé, l'emploi, la sécurité, l'économie pour le milieu socio-économique.

Le tableau VI ci-dessous résume sous forme de matrice simplifiée les types d'interactions possibles des activités de l'abattoir avec les composantes de l'environnement. Ces activités sont:

- les activités d'entretien, de nettoyage et de stockage ;
- la massification des populations (riverains notamment).

Tableau VI Matrice des interactions des activités de l'abattoir avec les composantes du milieu (Léopold, 2000).

Sources d'impacts		Milieu									
		Physique			Biologique		Socio-économique				
		Air	Sol	Eau	Faune	Flore	Economie	emploi	Santé	Sécurité	Cadre de vie
Travaux d'entretien, de nettoyage et stockage	Balayage du bâtiment	xn	xp						xp		
	Nettoyage à l'eau du sol des bâtiments, bureaux administratifs et autres		xp						xp		xp
	Transport des eaux usées vers le lieu de stockage		xn						xn	xn	
	Stockage inapproprié des déchets liquides et semi-liquides	xn	xn	xn					xn		xn
Massification de la population	Circulation des personnes au sein de l'abattoir	xn	xn						xn		
	Développement des activités économiques (activités des vendeuses)		xn						xn		xn

Légende : x=interrelation, n=négatif, p=positif

## III.1.3.2. Evaluation des impacts environnementaux et sanitaire

### III.1.3.2.1 Impact sur l'environnement

#### III.1.3.2.1.1. Pression sur l'esthétique et l'espace physique

Le déversement et l'entassement des eaux usées de l'abattoir dans l'environnement provoquent la dégradation de l'aspect esthétique et de la beauté de celui-ci (Fig. 20a). Il contribue également à l'obstruction des drainages des eaux pluviales et usées (Fig. 20b).



Fig. 20. Etat de l'environnement de l'abattoir (a- perte de l'esthétique de l'abattoir ; b- drainage des eaux usées aux alentours de l'abattoir).

#### III.1.3.2.1.2. Pollution de l'air

Les fèces et eaux usées non traitées dégagent après quelques jours d'accumulation des odeurs très nauséabondes qui dégradent la qualité de l'air. Ces odeurs sont susceptibles de perturber les ouvriers lors de leurs travaillent lorsqu'ils se trouvent à proximité (Fig. 21).



Fig. 21. Ecoulement des eaux usées de l'abattoir dans couloir des habitations situé à environ 2m de l'abattoir.

#### III.1.3.2.1.3. Pollution de l'eau et du sol

Les eaux de ruissellement qui lessivent les tas des fèces de bœufs, le sang et autres se chargent généralement de matières polluantes (plastiques, bouteilles, etc.) pour s'infiltrer dans la nappe d'eau phréatique ou pour se jeter dans les cours d'eau d'Ako'o. A chaque destination, ces matières polluantes s'attaquent à la faune et à la flore qui s'y trouve (Fig.22).



Fig. 22. Pollution de l'eau et du sol par eaux usées de l'abattoir.

### **III.1.3.2.2. Impact sur la santé**

#### **III.1.3.2.2.1. Prolifération des vecteurs**

L'entassement des déchets des établissements sans retournement provoque les dégagements des odeurs nauséabondes, lesquelles attirent les mouches et les moustiques, vecteurs de multiples maladies dont les principales personnes touchées sont les élèves, commerçants, les riverains (Fig. 23).



Fig. 23. Développement des vecteurs d'un point d'entassement non approprié des fèces des bœufs au niveau de la STEP.

#### **III.1.3.2.2.2. Prolifération des rongeurs**

Les rats et les souris aiment fabriquer leurs refuges dans les tas des déchets (Fig 24).



Fig. 24. Point d'entassement non approprié des fèces des bœufs mélangés aux ordures ménagères au niveau des rigoles bordant les habitations.

Tableau III. Matrice de caractérisation des impacts.

Dir : Directe. Indir : Indirecte. Rev : Réversible. Irrév : Irréversible. + : positif. – négatif. Loc : Locale. Ponct : ponctuelle. Leg : Légale. Soc : Social. Cert : Certaine. Moy : Moyenne. Maj : Majeure. Min : Mineure. Faib : Faible. Prob : Probable. Long : Longue. Cour : Courte. For : Forte

Paramètres de caractérisation											
Composantes du milieu	Activités et sources d'impacts	Impact	Nature	Interaction	Durée	Etendue	Intensité	Occurrence	Réversibilité	Valeur	Evaluation
Air	Balayage des bâtiments d'élevages des bœufs	Emanation des poussières		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Irrév	Soc	Moy
Air	Stockage inapproprié des eaux usées	Emanation des odeurs nauséabondes		Dir	Long	Loc	Moy	Cert	Irrév	Soc	Moy
Air	Circulation des personnes au sein de l'abattoir	Exposition aux odeurs nauséabondes		Dir	Cour	Loc	Moy	Prob	Rév	Soc	Moy
Sol	Balayage des bâtiments d'élevages des bœufs	Propreté du sol		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Sol	Nettoyage à l'eau du sol des bâtiments d'élevages, bureaux administratifs et autres	Propreté du sol		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Sol	Transport des déchets liquides vers les lieux de stockage	Propreté du sol		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Sol	Stockage inapproprié des eaux usées	Contamination du sol		Dir	Long	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy

Sol	Circulation des personnes au sein de l'abattoir				Cour	Loc	Moy		Rév	Soc	Moy
Sol	Développement des activités économiques (activités des vendeuses)	Dépôt des eaux usées		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Eau	Stockage inapproprié des eaux usées	Pollution de la nappe phréatique	-	Dir	Long	Loc	For	Prob	Rév	Soc	Moy
Santé	Balayage des bâtiments d'élevages des boeufs	Bonne santé		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Santé	Nettoyage à l'eau du sol des bâtiments d'élevages, bureaux administratifs et autres	Bonne santé		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Santé	Transport des eaux usées vers les lieux de stockage	Risque de contamination aux maladies par Exposition aux agents vecteurs de maladies		Dir	Cour	Loc	Moy	Prob	Irrév	Soc	Moy
Santé	Stockage inapproprié des eaux usées	Prolifération des agents vecteurs de maladies		Dir	Long	Loc	For	Cert	Irrév	Soc	Moy
Santé	Circulation des personnes au sein de l'abattoir	Risque de contamination par la pollution de l'air		Dir	Cour	Loc	. Min	Prob	Rév	Soc	Moy
Santé	Développement des activités économiques (activités des vendeuses)	Risque de maladies diarrhéiques dues au dépôt des mouches		Dir.	Cour	Loc	Moy	Prob	Rév	Soc	Moy

Sécurité	Transport des eaux usées vers les lieux de stockage	Exposition aux agents vecteurs de maladies		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Cadre de vie	Nettoyage à l'eau du sol des bâtiments d'élevages, bureaux administratifs et autres	Amélioration du cadre de vie		Dir	Cour	Loc	Moy	Cert	Rév	Soc	Moy
Cadre de vie	Stockage inapproprié des eaux usées	Détérioration du cadre l'esthétique		Dir	Long	Loc	For	Cert	Rév	Soc	Moy
Cadre de vie	Développement des activités économiques (activités des vendeuses)	Insalubrité de la ferme		Dir	Cour	Soc	. Min	Cert	Rév	Soc	Moy

### **III.1.4. Plan de gestion des rejets des eaux usées issu d'activité de l'abattoir d'Etoudi**

Le PGES décrit les mesures, les actions et les moyens qui seront mis en application pour s'assurer que les préoccupations des élèves et de l'administration scolaire soient prises en compte (Tableau VIII). Les indicateurs de suivi proposés permettront d'assurer un suivi systématique de la qualité de la gestion des déchets liquides au sein de l'abattoir d'Etoudi. Egalement, les coûts et moyens proposés donneront un aperçu au responsable de l'abattoir pour la mise en place au sein de la structure sous leur responsabilité d'un système de gestion des eaux usées efficaces.

Tableau VIII. Plan de gestion environnementale et sociale de gestion des rejets des eaux usées issu d'activité de l'abattoir d'Etoudi.

Impacts potentiels	Mesures d'atténuation possibles	Indicateurs objectivement vérifiables	Moyens de vérification	Responsable du suivi	Coût de la mesure (budget)
Détérioration du cadre l'esthétique	Sensibiliser les personnels; Renforcer les connaissances du personnel sur les bonnes pratiques de gestion des eaux usées; Positionner des panneaux de sensibilisation aux différentes allées piétonnes de la ferme	Rapport d'atelier ; Nombre de panneaux positionnés	Rapport d'enquête avec Interviews Photos	CUY MINEPDED MINSANTE	100 000 FCFA
Risques sanitaires	Port des équipements de protection individuelle (cache nez, gants...) par le personnel lors des opérations d'entretien de l'abattoir et de collecte des déchets	Nombre d'équipements de protection individuelle disponibles dans la ferme	Rapports d'enquête avec photos	CUY HYSACAM MINEPDED	100 000 FCFA
Pollution de l'air	Eviter de bruler dans l'enceinte de la ferme. Positionnez les points de stockage de déchets à 50m au moins des points d'affluence	Aucun endroit avec des traces noir Points de stockage des fientes à 50m des bâtiments d'élevages des boeufs	Visite de contrôle	MINSANTE MINEPDED	100 000 FCFA
Pollution de l'eau et du sol par les eaux usées de l'abattoir	Placer 5 à 8 bacs de stockages de 100L pour un maximum de 300 cheptels.	Présence de 5 à 8 bacs de stockages de 100L pour un maximum de 300 cheptels.	Visite et photos	CUY MINSANTE MINEPDED	500 000 FCFA

Insalubrité de l'abattoir	Sensibiliser le personnel, la population visionnant, les vendeurs et tous autres acteurs dans le secteur de l'environnement	Nombre de personnel sensibilisé	Rapport	CUY MINSANTE MINEPDED	100 000 FCFA
	Créer des espaces verts au sein de l'abattoir Entretien des alentours (arbustes et autre végétation)	Calendrier	Rapport d'entretien	MINSANTE CUY MINEPDED	100 000 FCFA

## III.2. DISCUSSION

### III.2.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de l'abattoir et charge polluante

La température de 24°C reste dans la marge des moyennes thermiques (21 – 25°C) obtenue par Zébazé (2000) et par Kegne (2008). Cette valeur est inférieure à 30°C considérée comme valeur limite de rejet direct des eaux usées dans le milieu récepteur (Mbog., 2013). La valeur du pH obtenue est comparable à celles obtenues par plusieurs auteurs sur les rejets de l'abattoir d'étoudi (Menzepoh, 1998 ; Djibrila, 2007 et Ngoay-Kossy, 2011) et des autres abattoirs dans le monde d'abattoirs (Miranda *et al.*, 2005). En revanche, elle n'est pas en accord avec celles trouvées par Mbog, 2013 au niveau des eaux usées de l'hôpital universitaire à Yaoundé. La valeur de la conductivité électrique montre une minéralisation excessive de l'effluent des rejets de l'abattoir. En effet, Nyamsi (2004), suggèrent que des valeurs moyennes comprises entre 449,7 et 1037,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mettent en évidence une forte minéralisation. Labioui(2007) puis Onana ( 2009) ont trouvé également des valeurs qui montrent une minéralisation excessive. Les teneurs de l'azote ammoniacal sont très élevées comparées aux valeurs obtenues par Zébazé (2000) . La valeur de DBO<sub>5</sub> sont proches de celles de Letah (2011) et reste un peu plus élevée que celles obtenues par Kegne (2008). Cette valeur pourrait être expliquée par l'abondance des matières organiques des rejets de l'abattoir. De même la valeur de DCO correspond à la valeur trouvée par Kegne (2008). et Mbog (2013). Les valeurs de DBO<sub>5</sub> et DCO de cette étude restent élevées et témoignent d'une forte contamination par les matières oxydables et particulièrement la matière organique.

En définitive, les teneurs des différents paramètres indicateurs de la pollution organique de l'effluent des rejets de l'abattoir confirment les observations qui ont abouti à la classification des abattoirs parmi les principales industries responsables de la pollution organique (Anonyme, 1994 et Ayo, 2012). Toutefois les résultats de l'analyse de quelques paramètres physico chimiques de l'effluent des rejets de l'abattoir montrent des valeurs extrêmement supérieures aux concentrations maximales des rejets des principaux polluants de la législation camerounaise et même française Kegne (2008). Ce qui témoigne d'une absence totale de traitement de l'effluent des rejets de l'abattoir d'Etoudi.

### **III.2.2. Impact des eaux usées de l'abattoir sur milieu physico-chimique**

La température des eaux de l'Ako'o varie très peu durant toute la période de cette étude (19,4 – 22,4°C). Ceci s'expliquerait par le fait que la saisonnalité thermique est très peu marquée en zone tropicale (Lewis, 1995). La température de l'effluent des rejets de l'abattoir de 24,7°C n'a pas de l'influence sur la température des eaux de la station A2. A ce propos Etah (2011) souligne que la température des eaux de surface dépend fortement de la température ambiante. Cette gamme de température est un peu faible à celle obtenue par Zébazé (2000) qui était de 23,9 – 25°C et semblable à celle de Kegne (2008).

Les teneurs moyennes les plus élevées des MES, de la couleur et de la turbidité sont enregistrées à la station A2. Kegne (2008), Ayo,(2012), et Mbog (2013) avaient obtenu aussi des teneurs les plus élevées de ces 3 paramètres à une station en aval des rejets. Ces teneurs élevées au niveau de la station A2 résulteraient de l'apport de l'effluent des rejets de l'abattoir. L'augmentation brusque de ces 3 paramètres à toutes les stations au mois d'Août pourrait s'expliquer par des pluies abondantes qui précédaient notre échantillonnage au cours de ce mois. Les ruissellements des pluies entraîneraient dans le cours d'eau le transport d'une importante litière Zébazé (2000) et les rejets permanents des particules minérales et organiques véhiculées par les eaux.

Les fortes valeurs de CO<sub>2</sub> enregistrées pourraient être à l'origine de la tendance acide du pH. Ceci pourrait s'expliquer par une faible activité photosynthétique de la flore aquatique. Les faibles teneurs de l'alcalinité enregistrées corroborent la tendance acide des eaux de l'Ako'o et de la région de Yaoundé.

Du fait de l'origine exogène de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, les valeurs élevées en orthophosphates enregistrées au cours de cette étude au niveau de la station A2 montreraient l'effet de l'impact de l'effluent des rejets de l'abattoir dans les eaux du cours d'eau Ako'o. Ce constat a été aussi fait par Ayo (2012) et par Mbog (2013).

Les fortes concentrations de l'azote ammoniacal, de nitrates et de nitrites obtenues aux cours des mois de Juillet et d'Août au niveau des stations A1 et A2 montrent l'influence de l'effluent des rejets de l'abattoir dans la concentration de ces paramètres. Labioui (2007) qui n'avait pas mesuré les teneurs de nitrates et de nitrites, avait également observé que l'effluent des rejets de l'abattoir augmentait la teneur en ion ammoniacal du milieu.

Les valeurs moyennes de DBO<sub>5</sub> variant entre 84,16 et 110 mg/L montrent une charge importante en matière organique biodégradable des eaux de l'Ako'o. Ces valeurs indiquent

une pollution d'origine organique des eaux de l'Ako'o. En effet, pour Zébazé et Kegne (2008), les cours d'eau non pollués ont une DBO<sub>5</sub> inférieur à 3 mg/L d'O<sub>2</sub>. Les fortes valeurs enregistrées à la station A2 seraient dues à l'impact de rejets de l'abattoir dans les eaux de ce cours d'eau, constat également observé par Labioui (2007). Ces valeurs sont aussi en relation avec les très faibles d'oxygène dissous obtenues.

Les résultats obtenues montrent que l'effluent des rejets de l'abattoir n'aurait pas un impact direct sur la conductivité électrique des eaux de l'Ako'o. Ce qui peut s'expliquer par les fortes charges en MES et la turbidité très élevée baissant les capacités de solubilité des eaux de l'Ako'o.

De façon générale, l'effluent des rejets de l'abattoir riche en matières organiques seraient donc une importante source de pollution organique des eaux de l'Ako'o. Cette forte pollution surtout observée en amont de la confluence du cours d'eau avec l'effluent des rejets de l'abattoir, serait le fait de l'effluent de l'abattoir, même si il faut tenir compte des rejets domestiques assez abondant le long de l'Ako'o. La majorité des paramètres physico-chimiques sont très élevées au niveau de stations A2 par rapport aux autres stations confirment les résultats de Zébazé (2006), de Kegne (2008) et de Mbog (2013) selon lesquels l'effluent des rejets de l'abattoir ont un impact négatif sur la qualité physico-chimiques des eaux du cours d'eau Ako'o.

### **III.2.3. Impact des eaux usées de l'abattoir sur le milieu biologique**

D'après l'analyse de nos résultats il y a une forte abondance des indicateurs bactériologiques (CT et SF) lorsqu'on passe de la station A1 à la station A2. En effet, la forte augmentation des abondances en ces germes montrent bien que les effluents de l'abattoir ont une influence très négative sur ces milieux. Ces résultats corroborent ceux de Massé & Masse (2000) au Canada et de Tall *et al.*, (2003) au Brésil. Si on considère le fait que les effluents des abattoirs contiennent surtout un mélange de sang, des contenues de la panse et des résidues du sol de l'abattoir on comprend la richesse de ce milieu en germe témoin de contamination fécales. De tel milieux en effet représentent des milieux de culture par excellence de ces germes témoins de contamination fécale (Zébazé Togouet *et al.*, 2006). Par ailleurs cette richesse en bactéries pourrait avoir des conséquences sur la santé des populations riveraines.

### **III.2.4. Perception de l'impact de ces effluents sur la santé des populations**

Des réponses apportés par les populations riveraines de ces rejets de l'abattoir sur le cours d'eau Ako'o, beaucoup, plus de 80 % pensent que ces rejets pourraient avoir des problèmes sur la santé, mais ils disent ne pas avoir le choix sur le lieu de leurs habitation. Ils se plaignent surtout des odeurs et de la prolifération des moustiques. La littérature (Kengne Noumsi *et al.*, 2008 ; Zébazé Togouet *et al.*, 2006) les maladies auxquelles ces populations sont exposés .

# CHAPITRE IV. CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

## IV.1 Conclusion

Dans ce travail, il était question de montrer l'impact des rejets des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi sur l'environnement dans le quartier de Santa.

L'analyse des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi montre des teneurs élevées de principaux paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution organique qui dépasse significativement les valeurs limites de rejets directs et indirects dans le milieu récepteur. Ceci constitue une source importante de pollution de l'environnement en général et des eaux du cours d'eau Ako'o en particulier.

Les eaux usées ainsi rejetées sont riches en polluants organiques ( $DBO_5 = 3000$  mg/l) et ( $DCO = 10\ 830$  mg/l en moyenne), en Matière en Suspension ( $MES = 3000$  mg/l en moyenne), en éléments nutritifs ( $PO_4^{3-} = 127$  mg/l et  $NO_3^- = 70$  mg/l en moyenne). Elles contiennent aussi des substances chimiques dangereuses (métaux lourds, sels de métaux, acides, colorants), des micro-organismes pathogènes ou non dont certains sont indicateurs de la pollution (streptocoques fécaux  $> 3000$  UFC/100 ml, coliformes fécaux  $> 7000$  UFC/100 ml).

Au vu des effets néfastes de ces effluents sur l'environnement et sur l'homme (toxicité, eutrophisation, contamination des étangs récepteurs, contamination et pollution des nappes souterraines, propagation des maladies d'origine hydriques), ils devraient être épurés avant leur rejet. D'autre part, les risques liés à ces rejets de l'abattoir sont évidents sur la santé des populations qui pourraient avoir de nombreuses infections bactériennes et virales.

## IV.2. Recommandations

Afin d'éviter à la population riveraine des maladies hydriques et à la population environnante de l'abattoir d'autres infections, l'amélioration de la qualité des eaux de l'Ako'o est nécessaire et passe par :

- La construction d'une station d'épuration des eaux usées de rejets de l'abattoir et d'autres pour les eaux usées domestiques et urbaines ou une délocalisation des populations riveraines;
- La construction des réseaux de canalisation des eaux domestiques et urbaines ;
- Le dépôt des bacs à ordures au niveau des lieux des dépôts des ordures ménagères dans tout le bassin versant de l'Ako'o;

- Les populations qui se plaignent des moustiques pourraient aussi améliorer les conditions hygiéniques environnantes et dormir sous des moustiquaires ;
- Les populations pourraient en attendant éviter tout contact avec ces eaux de l'Ako'o surtout en matinée lorsque le débit est fort.

### **IV.3. Perspectives**

Pour les études antérieures, il est souhaitable que plus d'indicateurs soient mesurés sur ce cours d'eau pour avoir une idée plus exacte sur les risques sanitaires des populations. Il faudrait aussi une enquête épidémiologique de la population et une observation des cahiers de consultation des centres de santé pour essayer d'avoir la relation de cause à effet entre la qualité des eaux et les maladies d'origine hydrique observés.

D'autres parts un projet pourrait être développé avec les autorités compétentes de l'abattoir pour rechercher des méthodes de traitement même sommaire de cet effluent de l'abattoir d'Etoudi.

## BIBLIOGRAPHIE

- Agendia P.L., Fonkou T., Sonwa D.; Mefenya R., Kengne N.I. Et Zambo A.J.M. 2000. Collecte, épuration et évacuation d'eaux usées dans les lotissements SIC And Economic Appraisal.(eds) Amley Inter Sciences. ELBS.p.241-263.
- Anonyme, 2000.programme fédérateur de recherche sur l'assainissement des eaux usées en Afrique subsaharienne. Financé par la Coopération Française à travers le programme CAMPUS, projet n° 96313119b.32 p.
- Anonyme, 2005. Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes. Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse et Rhin Meuse. p. 8-16.
- Anonyme, 2008. Normes environnementales et procédure d'inspection des installations industrielles et commerciales au Cameroun. MINEP, Yaoundé. 138 p.
- Ayo Anne, 2012. Evaluation des performances épuratoires de la station rénovée d'épuration des eaux usées du Camp-SIC Messa (Yaoundé).p. 12-40
- Barbault R. 1983. Abrégé d'écologie générale. Masson pub. Paris. 198p.
- Bassompierre C., 2007. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers: de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat de l'INP (Institut National Polytechnique), Grenoble. 231 p.
- Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. & Francon A., 2002. Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Ile de France, Paris. p 12 -29.
- Bechac J.P., Mercier B., Nuer P.1983. Traitement des eaux usées. EYROLE Pub. Paris 281 p.
- Belghyti D., El Guamri Y., Ztiti D., Ouahidi M.L., Joti M.B., Harcharassi A., Amghar H., Bouchouata O., El Kharrimi K., Bounouira H. (2009). Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc, Afrique SCIENCE 05(2). pp.199 – 216.
- Brossier G. et Dussaix A. M., 1999. Enquêtes et Sondages : méthodes, modèles, applicables, nouvelles approches. Dunod, Paris. 365 p.
- Cavicchi E., 2008. Service Public d'Assainissement non Collectif. Edition Pays de Clermontois. 18 p.
- Chedad K. et Assobhei O., 2007. Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune d'Oualidia (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique 29: 71–79.
- Chevalier P., 2002. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine : Entérocoques et streptocoques fécaux. Institut national de santé publique, Québec. 5 p.

- Clausen E. M., Green B. L. and Litsky W., 1977. Faecal streptococci: indicators of pollution. Edit. American Society for Testing and Materials (ASTM). pp 247-264.
- Cors M., 2007. Techniques extensives d'épuration des eaux usées domestiques. Dossier Inter-Environnement Wallonie. 43 p.
- De Villers J., Squilbin M. & Yourassowsky C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. 16 p.
- Djibrila H., 2007. Impacts des effluents de l'abattoir SODEPA-Yaoundé sur la qualité des eaux de la rivière Ako'o . Mémoire du Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées (DESS) en Sciences de l'Environnement. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1. 37 p
- Ebang Menye D., 2004. L'état de santé de l'Ewoué, un diagnostic par l'examen de la pollution par les rejets domestiques et urbains et ses incidences sur les biocénoses aquatiques, Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. 65 p.
- Eckenfelder, W.W. 1982. Gestion des eaux usées urbaines et industrielles : Caractérisation-Techniques d'épuration-Aspects économiques. Technique et documentation Lavoisier.Paris.496p.
- Enigma C., 2007. Structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans le cours d'eau Nga. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1. 58 p
- Fonkou T., Agendia, P., Kengne, Y., Amougou A., and Nya J, 2002.The accumulation of heavy metals in biotic and abiotic components of the olezoa wetland complex in Yaounde-Cameroun(West-Africa). Proceeding of International Symposium on Environmental pollution control and Waste Management. 7-10 January 2002. Tunis ( EPCOWM 2002),P.29-33.
- Frerotte J. et Verstrate W., 1989. Le traitement des Eaux Usées d'Hôpitaux, Technique de l'eau et de l'assainissement. P 23.
- Gannoun H., Bouallagui H., Okbi A., Sayadi S., Hamdi M., (2009).Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of biologically pretreated abattoir wastewaters in an upflow anaerobic filter, Journal of Hazardous Materials . PP 263–271.
- Gaye M. et Niang S., 2002. Epuration extensive des eaux usées pour leur réutilisation dans l'agriculture urbaine: des technologies appropriées en zone sahélienne pour la lutte contre la pauvreté. Etudes et recherches, Dakar. P 17 .

- Habib et El Rhazi, 2007. Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Projet de fin d'études de License-SV, Université Cadi Ayyad Marrakech. 18 p.
- Howard G., Stephen P., 2003. Risk factors contributing to microbiological contamination of shallow groundwater in Kampala, Uganda. *Water Research* 37: 3421-3429.
- Kengne I.M., Amougou A., Soh E.K., Tsama V., Ngoutane M.M., Dodane P.H. and Kone D., 2008. Effects of faecal sludge application on growth characteristics and chemical composition of *Echinochloa pyramidalis* (Lam). Hitch. And Chase and *Cyperus papyrus* L. *Ecol. Eng* 34 (3): 233-242.
- Kengne N.I.M., 2008. Potentials of sludge drying beds vegetated with *Cyperus papyrus* L. and *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc & Chase for faecal sludge treatment in tropical region. Thesis Ph.D/Doctorat Degree in Plant Biology, Speciality: Phytoremediation. 114 pp.
- Labioui H., Elmoualdi L., Benabbou Y., Elyachioui M. & Ouhsiné M., 2007. Traitement et valorisation de déchets en provenance d'abattoir au Maroc. *Agrosolutions* Vol.18/N°1. 40 p.
- Letah N., 2011. charges hydrauliques et performances épuratoires des filtres plantes a *echinochloa pyramidalis* (lam.) hitchc. & chase dans le traitement du percolat des boues de vidange, 13-45p
- Liénard A., Catherine B., Pascal M., Yvan R., François B. et Bernadette P., 2004. Filtres plantés de roseaux à flux vertical et lagunage naturel en traitement d'eaux usées domestiques en France: comparaison des performances et des contraintes d'exploitation en termes de pérennité et fiabilité. *Ingénieries* n° special. pp. 87-99.
- Mandji R., 2008. Distribution et consommation de la viande bovine dans la ville de Yaoundé. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies. Faculté des Arts, de Lettres et des Sciences Humaines, Université de Yaoundé I. 113 p
- Mara D. D. et Cairncross S., 1991. Appréhension des risques sanitaires liés à la réutilisation des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture. OMS/PNUE, Genève. 202 p.
- Mbog M. S., 2013. Evaluation de la gestion des déchets liquides hospitaliers : cas des eaux usées du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Yaoundé. Mémoire de Master Professionnel en Sciences de l'Environnement. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. 41 p

- Metcalf & Eddy, 1991. Wastewater engineering – treatment, disposal, reuse. Irwin/McGraw-Hill, London. 782 p.
- Miss F., 2007. Etude des possibilités de valorisation des produits issus de traitement des boues de vidange: cas de Yaoundé, Cameroun. Ecole National d'Enseignement Supérieur d'Agronomie de Dijon (ENESAD). 142 p.
- .
- Ndiayé M. L., 2005. Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols: étude de cas à Pikine (Dakar – Sénégal). Mémoire D.E.S.S.N.E n° 110. Université de Lausanne. 102 p.
- Nya J., Brissaud F., Kengne I.M., Drakids C., Amougou A., Atangana E.R., Fonkou T., & Agendia P.L., 2002. Traitement des eaux usées domestiques au Cameroun: Performances épuratoires comparées du lagunage à macrophytes et du lagunage à microphytes. pp 726 – 736.
- Nyamsi T. N., 2004. Effets des rejets d'une usine de traitement de la cellulose sur la qualité des eaux du Ntsomo : Etude biologique et hydrologique du cours d'eau. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I. 41 p
- Onana F.M., 2009 . Evaluation de la qualité des eaux du Mfoundi : Analyses physico-chimiques et structure de la communauté zooplanctonique. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, 64 p
- Peiffer G., 2003. Impact environnemental des effluents d'abattoirs: Actualité, techniques et réglementations. Thèse de Doctorat Vétérinaire : Université Paul-Sabatier de Toulouse. 61 p.
- Ramade F., 2005. Eléments d'Ecologie – Ecologie appliquée. Edition Dunod, Paris. 63 p.
- Stevik T.K., Kari A. Ausland G., Hanssen J.F., 2004. Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review. Water Research 38: 1355–1367.
- Strauss M., Heinss U., Montangero A., 2000. Planning for Research Protection in Faecal Sludge Management. In: Proceedings, Int. Conference Water, Sanitation & Health. IWA Publishing House and WHO Water Series. P. 34.
- Sy S. et Tall S. P., 2003. Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly Portudal. Projet de fin d'étude. Ecole Supérieur Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 139 p.

- Taylor R., Aidan C., et al., 2004. The implications of groundwater velocity variations on microbial transport and wellhead protection. Review of field evidence. *FEMS Microbiology Ecology* 49: 17–26.
- Zébazé Togouet S. H., 2000: Biodiversité et dynamique des populations zooplanctoniques (ciliés, rotifères, cladocères, copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun), Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Université de Yaoundé I Cameroun, 175 p + Annexe.
- Zébazé Togouet S.H., Njiné T., Kemka N., Nola M., Foto Menbohan S., Monkiedje A., Niyitegeka D., Sime-Ngando T. & Jugnia L.B., 2005: Variations spatiales et temporelles de la richesse et l'abondance des rotifères (Brachiomidae et Trichocencidae) et des cladocères dans un petit lac artificiel eutrophe située en zone tropical. *Rev.Sci.Eau.* 18(4) : 485-505.
- Zébazé Togouet S. H., Njiné T., Kemka N., Foto Menbohan S., Niyitegeka D., Ngassam P. & Boutin C., 2006: Composition et distribution spatio-temporelle des protozoaires ciliés dans un petit lac hypereutrophe du Cameroun (Afrique Centrale). *Revue Science Eau*, 19 : 151-162.

## ANNEXES

Annexe.1.Questionnaire auprès du personnel de l'abattoir

Je m'appelle ALEXANDRE REOUNODJI. Je suis étudiant en master professionnel en faculté de sciences de l'Université de Yaoundé I. Notre travail de recherche intitulé « Evaluation de la gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi : Impacts environnementaux et sociaux», permettra d'améliorer la gestion des eaux usées de l'abattoir. Vous êtes libre d'apporter votre contribution à cette recherche et les données seront utilisées uniquement à des fins scientifiques.

Nom de l'établissement.....

Noms et prénoms .....

### I. Identité de l'enquêté

Q1	Age	8 – 12 ans (1) <input type="checkbox"/>	13 – 17 ans (2) <input type="checkbox"/>	18 -22 ans (3) <input type="checkbox"/>	22ans et plus (4) <input type="checkbox"/>			
Q2	Sexe	Masculin (1) <input type="checkbox"/>	Féminin (2) <input type="checkbox"/>					
Q3	Classe	6 <sup>ème</sup> (1) <input type="checkbox"/>	5 <sup>ème</sup> (2) <input type="checkbox"/>	4 <sup>ème</sup> (3) <input type="checkbox"/>	3 <sup>ème</sup> (4) <input type="checkbox"/>	2 <sup>nde</sup> (5) <input type="checkbox"/>	1 <sup>ère</sup> (6) <input type="checkbox"/>	Tle (7) <input type="checkbox"/>
Q4	Dans quel quartier habitez-vous ? _____							

### II. Responsabilités des ouvriers

Q5	Qu'entendez-vous par déchets liquides (eaux usées) ?						
Q6	Avec qui habitez-vous ?	Parents (1) <input type="checkbox"/>	Tuteurs (2) <input type="checkbox"/>		Autres (préciser) (3) <input type="checkbox"/> _____		
Q7	Quels types déchets produisez-vous à l'abattoir ?						
Q8	Où jetez-vous ces ordures? Dans :	Un seu (1) <input type="checkbox"/>	Une poubelle (2) <input type="checkbox"/>	Un coin de la nature (3) <input type="checkbox"/>	Un coin de la cuisine (4) <input type="checkbox"/>		

Q9	Après combien de temps ?	Un jour (1) <input type="checkbox"/>	Plusieurs jours (2) <input type="checkbox"/>	Une semaine (3) <input type="checkbox"/>	Autres (préciser) (4) <input type="checkbox"/> _____	
Q10	Où le videz- vous après?	Dans le bac d'HYSACAM (1) <input type="checkbox"/>	HYSACAM passe les ramasser (2) <input type="checkbox"/>	(3) <input type="checkbox"/>	Autres (préciser) (4) <input type="checkbox"/> _____	
Q11	Qui le fait d'habitude ?	Mes frères (1) <input type="checkbox"/>	Moi même (2) <input type="checkbox"/>	Mes sœurs (3) <input type="checkbox"/>	Autres (préciser) (4) <input type="checkbox"/> _____	
Q12	Y'a-t-il des conséquences si on vit avec les ordures ménagères?	Si oui lesquelles ?		Si non lesquelles ?		
Q13	Que faut-il faire des ordures ménagères ? Il faut les jeter :	Par terre (1) <input type="checkbox"/>	Dans la cour (2) <input type="checkbox"/>	En route (3) <input type="checkbox"/>	Dans la rivière (4) <input type="checkbox"/>	Dans la poubelle (5) <input type="checkbox"/>

## Guide d'entretien avec le personnel

Nom de l'enquêteur \_\_\_\_\_  
 Date de l'interview \_\_\_\_\_

### 1. IDENTIFICATION DE L'OP BÉNÉFICIAIRE

Nom de ou des enquêtés \_\_\_\_\_  
 Poste occupé d \_\_\_\_\_

Nombre des membres d \_\_\_\_ Hommes \_\_\_\_ Femmes \_\_\_\_  
 Composition du Bureau en précisant le sexe \_\_\_\_\_

### 2. IDENTIFICATION DE L'ABATTOIR D'ETOUDI

Nom de l'Abattoir \_\_\_\_\_  
 Lieu d'implantation \_\_\_\_\_  
 Région \_\_\_\_\_ Département \_\_\_\_\_ Commune \_\_\_\_\_ Village \_\_\_\_\_  
 Date de démarrage \_\_\_\_\_  
 Date de fin des travaux \_\_\_\_\_  
 Activités principales du sous-projet \_\_\_\_\_  
 Superficie (si agricole) \_\_\_\_\_ Cheptel (si élevage) \_\_\_\_\_

#### Impacts sociaux

Nature des impacts	Activités source	Manifestation de l'impact (photos)	Cause de l'impact	Mesures mises en œuvre

#### Éléments de l'environnement socio-économique à vérifier lors de la visite de l'abattoir

- Conflits
- Choix du site
- Nombre d'employés (sont ils des locaux ?? ou venus d'ailleurs ??)
- Salaire maximum et minimum des employés
- Affiliation employés à la CNPS
- Statut foncier du site : OP propriétaire ? *si oui, titre foncier ? Certificat d'abandon du site ? ou autre papier à filmer*
- Liste des EPI présent dans l'abattoir

#### Impacts environnementaux

Nature des impacts	Activités source	Manifestation de l'impact (photos)	Cause de l'impact	Mesures mises en œuvre

#### Éléments de l'environnement physique et biologique à vérifier lors de la visite de la ferme

- Gestion des déchets agricoles et d'élevage
- Gestion des eaux usées
- Assainissement : rigole, drainage, etc.
- Puisards dans les abattoir
- Fréquence de nettoyage des abattoir
- Utilisation des pesticides et des fertilisants (nom des pesticides et fertilisants utilisés - provenance)
- Utilisations des produits vétérinaires (nom de ces produits - provenance)
- Pédiluve à l'entrée des abattoir
- Distance du site par rapport au cours d'eau le plus proche (nom du cours d'eau)
- Système mis en place pour la valorisation des fèces d'animaux
- Aération des abattoir et des magasins de stockage si existant

- Normes de construction des bâtiments
- Point d'eau dans l'abattoir (forage, puits, etc. à préciser)

## Annexe 2. Normes de Rejet pour le Ministère de l'Environnement , de la Protection de la Nature et du Développement Durable (MINEPDED) .

Paramètres de pollution	Normes de rejet
DBO <sub>5</sub>	≤ 50 mg/l
DCO	≤ 200 mg/l
Azote	≤ 30 mg/l
Phosphore	≤ 10 mg/l
CF	≤ 2000 UFC/100 ml
SF	≤ 1000 UFC/100 ml
pH	6 - 9
Température	30 °C

## Annexe 3. Evolution de la qualité physique de l'eau le long des stations du cours d'eau Ako'o. a. échantillons d'eau prélevés à l'entrée -- sortie ; b. analyse des échantillons d'eaux au laboratoire.



## Annexe 4. Composition des eaux résiduaires en fonction du type d'industrie (Agendia 1995 ; Ndiayé, 2005 ; MBOG, 2013).

Types d'eaux usées	Industries	Composants majeurs des effluents
Eaux usées inorganiques	- Minières	- Chlorures, acides, sulfates, sels de métaux, charbon.
	- Métallurgiques	- Métaux, ammoniac, cyanures, naphthalène
	- Ateliers électromécaniques	- Particules métalliques, résines, huiles, savons.
	- Raffineries	- Huiles, acides, hydrocarbures.
	- Automobile	- Acides, graisses, huiles, fer, sels.
Eaux usées organiques	- Agroalimentaires	- Substances organiques, acides, bases, graines.
	- Abattoirs	- Sang, entrailles, peaux, poils.
	- Textile	- Colorants, décolorants, huiles, crasse.
	- Pâte à papier	- Détritus, lignite, cellulose, fibres.
Eaux usées toxiques	- Certaines industries chimiques	- Produits chimiques toxiques.
Eaux chaudes	- Centrales électriques	

Annexe 5. Quelques germes pathogènes liés aux eaux usées et les maladies qu'ils engendrent (AGENDIA et al., 1995 ).

Groupes	Microbes	Maladies
---------	----------	----------

Bactéries	<i>Salmonella spp.</i>	Fièvre typhoïde, Fièvre paratyphoïde, Salmonellose.
	<i>Campilobacter spp.</i>	Entérite, Diarrhée.
	<i>Shigella</i>	Dysenterie bactérienne.
	<i>Escherichia coli</i>	Gastro-entérite.
	<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra, Entérite.
	<i>Leptospira spp</i>	Leptospirose.
	<i>Mycobacterium spp</i>	Tuberculose.
	<i>Clostridium spp</i>	Tétanos, Gangrène.
	<i>Brucella tularensis</i>	Tularaenie
Virus	<i>Polyvirus</i>	Poliomyélite, Entérite
	<i>Coxsackies virus A</i>	Courbatures musculaires.
	<i>Coxsackies virus B</i>	Méningite.
	<i>Echovirus</i>	Diarrhée, Hépatite.
	<i>Adénovirus</i>	Infections respiratoires, Attaque du système nerveux central
	<i>Réovirus</i>	Infections respiratoires, Diarrhée, Hépatite.
	<i>Hépatite A</i>	Hépatite infectieuse.
Protozoaires	<i>Entamoeba histolitica</i>	Dysenterie amibienne.
	<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiase .
	<i>Balantridium coli</i>	Balantidiase .
Helminthes	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariase .
	<i>Ankylostoma duodenale</i>	Ankylostomiase.
Cestodes	<i>Taenia spp.</i>	Cysticercose, Taeniase.

Annexe6. Effets de certaines substances toxiques susceptibles de se retrouver dans les eaux usées sur l'homme (DONGMO, 1995; FONKOU, 1996, MBOG, 2013).

Substances	Effets	Seuil de toxicité
------------	--------	-------------------

Plomb	Retard mental, troubles de comportement et neurologiques.	0,05-0,1 mg/l
Argent	Troubles digestifs, coloration grise de la peau.	0,05 mg/l
Arsenic	Troubles digestifs, trouble du métabolisme glucido-lipidique, cancers cutanés.	0,05 mg/l
Baryum	Poison du myocarde et des parois vasculaires.	1 mg/l
Cadmium	Troubles rénaux altération et décalcification osseuse, protéinurie et glycosurie.	0,005 mg/
Chrome	Action toxique hépato-rénale, cancérigène.	0,05 mg/l
Cyanures	Inhibiteur enzymatique mortel.	0,001-0,2 mg/l
Fluor	Altérations dentaires, manifestations gastro-intestinales.	1,4-2,4 mg/l
Mercure	Troubles digestifs, stomatite, atteinte rénale.	0,15-0,5 mg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Méthémoglobinémie infantile.	45 mg/l
Benzène	Leucémie et désordres sanguins chroniques.	1 ppm

Annexe 7. Résumé des appareils et des méthodes utilisées pour la caractérisation physico-chimique et bactériologique des percolats.

Paramètres	Appareils	Méthodes
pH	pH mètre HACH	Electrode (lecture directe)
Température (°C)	Conductimètre HACH	Electrode (lecture directe)
CND (µS/cm)	Conductimètre HACH	Electrode (lecture directe)
TDS (mg/l)	Conductimètre HACH	Electrode (lecture directe)
DCO	-Mixeur, Réacteur de DCO, Spectrophotomètre Hach DR/2010	Digestion au réacteur puis lecture à 620 nm.
DBO <sub>5</sub>	Appareil à DBO <sub>5</sub>	Manométrie
P (mg/l)	Spectrophotomètre HACH DR/2010	Molybdovanadate (lecture à 430 nm)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-Spectrophotomètre HACH -Distillateur HACH	Nessler (lecture à 425 nm)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Spectrophotomètre HACH	Nitra ver 5 nitrate (lecture à 400 nm)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Spectrophotomètre HACH	Nitra ver 3 nitrite (lecture à 507 nm)
Salinité	Conductimètre HACH	Electrode (lecture directe)
Potentiel redox	pH-mètre HACH	Electrode (lecture directe)

Streptocoques fécaux	Colonne de filtration, incubateurs	Filtration sur membrane et incubation sur milieu BEA
Coliformes fécaux	Colonne de filtration, incubateurs	Filtration sur membrane et incubation sur milieu TTC et tergitol

Annexe 8: Evolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques enregistrés dans l'Ako'o pendant toute la période d'étude.

mai-09	juin-09	juil-09	août-09	sept-09	oct-09	mai-09	juin-09	juil-09	août-09	sept-09	oct-09
<b>Température</b>						<b>Couleur</b>					
21,1	19,6	19,5	20,2	20,9	19,4	385	155	96	305	103	203
21,8	19,7	19,6	20,4	21,1	19,5	433	415	157	384	130	174
22,4	20,5	21	20,8	21	19,5	256	195	287	217	125	87
22,2	21,1	20,7	20,9	21	19,7	742	704	425	504	222	282
<b>Matières en Suspension</b>						<b>Turbidité</b>					
55	14	7	49	7	17	92	25	18	98	18	37
85	41	28	88	10	18	111	72	27	122	23	31
36	15	21	26	8	8	56	28	53	42	23	16
128	68	49	121	20	30	174	118	81	214	41	54
<b>Conductivité</b>						<b>pH</b>					
47,5	35,1	39,4	61,2	60,4		6,01	6,97	5,92	6,1	7,07	6,9
73,8	64,6	52,2	76,3	76,8		6,16	6,56	5,76	6,01	7,22	6,84
194,3	82,8	138,4	175,6	195,4		6,19	6,43	5,57	5,97	7,26	6,98
101,1	90	142,3	113,2	126,7		6,35	6,51	5,77	6,31	7,46	7,16
<b>O<sub>2</sub> dissous</b>						<b>CO<sub>2</sub> dissous</b>					
12,15	12,18	12,9	12,22	12,22	11,97	186,6	185,6	179,5	170,7	144,7	172,5
12,22	12,28	12,12	12,37	12,25	12,15	193,6	179,5	174,2	178,5	154,9	165,4
12,31	12,31	12,47	12,51	12,41	12,31	188,3	179,5	176	147,8	153,1	165,4
12,34	12,34	12,54	12,37	12,47	12,34	183	184,8	168,9	172,5	144,3	160,2
<b>Alcalinité</b>						<b>Dureté calcique</b>					
14	4	4	6	12	26	6	6	26	4	6	8
16	12	6	14	14	28	10	14	10	20	8	26
40	16	42	36	32	44	28	26	34	40	20	38
22	32	24	14	16	34	16	14	18	14	16	34
<b>Dureté totale</b>						<b>Oxydabilité</b>					
20	20	36	16	36	34	1,6	9,3	5,5	2,6	0,4	7,1
36	16	28	18	42	12	4,5	7,3	9,1	2,9	0	7,1
42	54	72	96	52	22	3,2	7,5	8,3	5,3	0,4	17,4
36	20	34	38	52	20	8,9	13	15,4	14,8	2,7	9,7
<b>DBO5</b>						<b>Azote ammoniacal</b>					
85	95	100	85	85	55	0,5	0,15	0,7	0,66	0,2	2
90	85	120	115	75	45	0,68	0,69	2,21	1,09	0,5	0,69
90	95	110	105	100	50	1,74	1,23	2,05	1,72	1,82	1,77
95	115	150	120	115	65	1,12	0,96	1,95	1,61	1,08	1,07
<b>Nitrate</b>						<b>Nitrite</b>					
0,03	0	1	0,6	0,02	2	0	2	5	2	0	0
0,02	0	1,8	0	0	0,7	0	8,1	8	11	0	0
0,02	0	4,4	0,7	0,07	1,5	0,2	7	11	5	0,28	7
0,04	0	7,2	0,05	0,03	0,4	0,07	11,3	22	7	0,05	5
<b>Orthophosphate</b>											
0,05	0,12	0	0,15	0,18	0,19						
0,04	0,17	0	0,17	0,05	0,14						
0,11	0,14	0,01	0,31	0,17	0,14						
0,2	0,16	0,22	0,45	0,33	0,41						

Annexe 9 : Risques d'usage des eaux de l'Ako'o après les rejets de l'effluent de l'Abattoir  
 (Source (Kengne Noumsi *et al.*, 2011 ; Zébazé Togouet *et al.*, 2011))

Usages des eaux	Risques	Paramètres de qualité concernés	Conséquences
Boisson	Chimique	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cancers
	Microbiologique	Germes témoins de contamination fécales (CF et SF) Turbidité Couleur	Troubles gastro-intestinaux
Lessive	Physique	Couleur	Coloration et altération de la qualité du linge
	Physique	Turbidité	Coloration et altération de la qualité du linge
	Microbiologique	Germes témoins de contamination fécales (CF et SF)	Infections cutanées
Vaisselle	Microbiologique	Germes témoins de contamination fécales (CF et SF)	Troubles gastro-intestinaux
Toilette	Microbiologique	Germes témoins de contamination fécales (CF et SF)	Infections cutanées Troubles gastro-intestinaux

Annexe 10. Diagramme de préparation des bovins aux abattoirs.

