

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
DEPARTEMENT DE CHIMIE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

ÉTUDE DE L'IMPACT DU CENTRE DE TRAITEMENT DE DÉCHETS DE NKOLFOULOU SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DE LA RIVIÈRE FOULOU EN AVAL DUDIT CENTRE

Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement
Secondaire deuxième grade
Mémoire de D.I.P.E.S II

Par :

Béatrice Clémence TIENTCHEU
Licenciée en Chimie

Sous la direction
Pr. LAMBI, Dr NZALI
Associate Professor

Année Académique
2015-2016





AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire de Yaoundé I. Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : biblio.centrale.uyi@gmail.com

WARNING

This document is the fruit of an intense hard work defended and accepted before a jury and made available to the entire University of Yaounde I community. All intellectual property rights are reserved to the author. This implies proper citation and referencing when using this document.

On the other hand, any unlawful act, plagiarism, unauthorized duplication will lead to Penal pursuits.

Contact: biblio.centrale.uyi@gmail.com



DÉDICACE

À

Mes enfants :

DJOUMESSI NGUEKAM Levyne Dornelle

DJOUMESSI Pierre Feryl

DJOUMESSI MONKAM Erin Oswald

Pour avoir supporté mon absence



CERTIFICATION

Je soussigné, **Pr LAMBI John NGOLUI** certifie que le mémoire intitulé << **ÉTUDE DE L'IMPACT DU CENTRE DE TRAITEMENT DE DÉCHETS DE NKOLFOULOU SUR QUALITÉ DE L'EAU DE LA RIVIÈRE FOULOU EN AVAL DUDIT CENTRE** >> est le travail original de **Béatrice Clémence TIENCHEU** réalisé dans le Laboratoire de Chimie des matériaux de l'École Normale Supérieure de Yaoundé, sous ma supervision.

Pr LAMBI John NGOLUI

Ph.D. (Ife), CChem, MRSC

Associate Professor

Department of Chemistry

E.N.S Yaoundé

Université de Yaoundé I

REMERCIEMENTS

Les travaux de recherche qui font l'objet de ce mémoire ont été réalisés au Laboratoire de Chimie des Matériaux de l'École Normale Supérieure de Yaoundé. Je tiens ainsi à adresser mes remerciements aux personnes qui de près ou de loin ont participé à l'avancement et l'aboutissement de ce mémoire :

- Au Professeur **LAMBI NGOLUI John** Directeur de ce mémoire, dont la constante disponibilité m'a assuré une initiation sans réserve à la recherche et une définition pratique de ce travail. Qu'il puisse trouver ici toute ma sincère reconnaissance ;
- Au **Dr NZALI Serge** pour avoir supervisé mes travaux ;
- À Monsieur **FEUYIT Gilbert** pour sa disponibilité et son dynamisme ;
- Aux enseignants du Département de Chimie, de Physique et de Sciences de l'Éducation de l'École Normale Supérieure de Yaoundé, pour leur disponibilité et la qualité de la formation qu'ils m'ont donnée ;
- Au **Dr WANGUE Brice David** pour son soutien moral, ses conseils et pour son affection durant la rédaction de ce mémoire ;
- À Mes camarades de laboratoire **CHEBOU Abigaëlle, ZAMGHO Linda** pour leur esprit d'équipe ;
- À tous mes camarades de promotion en particulier, **EMCHEU Marc Legrand, BOUBA Idrissou, TOUPKA AZIZI** pour leurs esprits d'équipes et de solidarité ;
- À mes parents **YOSSA Vincent** et ma feuë mère **NGUEKAM Julienne** ;
- À mes frères et sœurs **SIEHADJI, DJIESSUH, NGANDJE, Pr MOUKAM, DJOMAHA, BOOMBHI** pour leurs encouragements et leurs conseils.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFNOR	:	Agence Française de Normalisation
ADEME	:	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
OMS	:	Organisation mondiale de la santé
CUY	:	Communauté Urbaine de Yaoundé
DBO₅	:	Demande Biologique en Oxygène au bout de 5 jours
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
HYSACAM	:	Hygiène et Salubrité du Cameroun
TDS		Solides Totaux Dissous
ISO	:	International Organisation for Standardization
MINEPDED	:	Ministère de l'Environnement de la Protection de la Nature et Développement Durable
MINMEE	:	Ministère des Mines de l'Eau et de l'Energie
MDDEF	:	Ministère du Développement Durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs
MES	:	Matières en suspension
CTD	:	Centre de Traitement de Déchets
WHO	:	World Health Organization
EPA	:	Environmental Protection Agency
GPS	:	Global Positioning System

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	ii
CERTIFICATION	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
RÉSUMÉ	xi
ABSTRACT	xii
CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE ET REVUE DE LA LITTÉRATURE	13
1.1 Introduction générale	2
1.1.1. Motivation, justification et problématique de ce travail	2
1.1.2. Objectif du travail	3
1.1.3. Méthodologie de recherche	3
1.1.4. Plan du travail	4
1.2. Revue de la littérature	5
1.2.1. Généralités sur la pollution des eaux.....	5
1.2.1.1. Définition de la pollution de l'eau	5
1.2.1.2. Sources de pollution de l'eau	5
1.1.2.2. Les différents types de pollution	7
1.2.2. Paramètres de la pollution des eaux	9
1.2.2.1. Paramètres organoleptiques	9

1.2.2.2. Paramètres physico-chimiques	9
1.2.2.3. Paramètres biologiques	12
1.2.1.9. La demande chimique en oxygène (DCO)	13
1.2.3. Impact de la pollution sur l'environnement et la santé	13
1.2.4. Le Centre de Traitement des Déchets (CTD) de Nkolfoulou	14
1.2.4.1 Localisation géographique du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou	14 14
1.2.4.2. Données climatiques.....	15
1.2.4.3. Type de déchets déversés sur le site	16
1.2.4.5. Impact du rejet de lixiviats sur la rivière Foulou.	18
1.2.4.6. Impact sur la santé.....	18
CHAPITRE II : MATERIELS ECHANTILLONNAGES ET METHODES EXPERIMENTALE D'ANALYSES.....	2
2.1. Matériels	21
2.1.1. Réactifs	21
2.1.2. Verrerie.....	21
2.1.3. Appareillage	21
2.2. Plan d'échantillonnage.....	22
2.2.1. Localisation.....	22
2.2.2. Fréquence de prélèvements.....	23
2.3. Techniques d'échantillonnage	24
2.3.1. Prélèvement et conditionnement des échantillons	24
2.3.2. Conservation et transport des échantillons.....	24
2.4. Méthodes expérimentales d'analyse et les paramètres étudiés	24
2.4.1. Les paramètres organoleptiques	24
2.4.2. Paramètres physico-chimiques.....	24
2.4.3. Paramètres biologiques	29
2.4.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	29

2.4.3.2. Détermination de DBO5	30
CHAPÎTRE III: RÉSULTATS ET INTERPRETATIONS	21
3.1. Résultats et interprétations des analyses des eaux prélevées dans le site	33
3.1.1. Paramètre organoleptiques	34
3.1.2. Facteurs physico-chimiques	34
3.1.3. Paramètres liés à la teneur en oxygène	37
INTÉRÊTS PEDAGOGIQUES	34
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	42
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	44
ANNEXES.....	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les différents types de pollution et leurs origines.	8
Tableau 2 : Relation entre la conductivité et la minéralisation.	11
Tableau 3 : Sapidité de l'eau.	12
Tableau 4 : Composition des déchets entrant dans le CTD de Nkolfoulou.	17
Tableau 5 : Etalement de l'étude au cours des saisons.	23
Tableau 6 : Résultats des analyses des échantillons.	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition mensuelle des précipitations et des températures de la ville de Yaoundé (source station de Nkolbisson et station de l'aéroport militaire de Mvan ,2010-2012).	16
Figure 2 : Point d'échantillonnage.	23
Figure 3 : Variation du pH en fonction des mois de prélèvement.	34
Figure 4 : Variation de la conductivité électrique et des solides totaux dissous des échantillons en fonction des mois de prélèvements.	35
Figure 5 : Variation matières en suspension des eaux en fonction des mois.	36
Figure 6 : variation de la DCO en fonction des mois de prélèvement.	37
Figure7 : Variation de l'oxygène dissous en fonction des mois de prélèvement.	38
Figure 8 : Variation de la DBO5 en fonction des mois de.....	39
Figure 9: Rapport DCO/DBO5	33
Figure 10 : Appareil de mesure utilisé.	56
Figure 11 : Décharge d'ordures auxalentours de Nkolfoulou.	56
Figure 12 : rivière dérivant du Foulou.	57

RÉSUMÉ

La présente étude est une contribution à la détermination du niveau de pollution de la rivière Foulou. L'étude a été menée sur les eaux de la rivière Foulou en aval du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfofoulu. La méthodologie consistait à faire un plan d'échantillonnage, à prélever et faire des analyses en saison de pluie (Octobre) et en saison sèche (Décembre et Janvier). Les prélèvements ont été faits manuellement, directement dans la rivière à une profondeur d'au moins trente centimètre. Les analyses ont été réalisées sur les paramètres organoleptique (la turbidité), les paramètres physico-chimiques (pH, la conductivité électrique, la température, les solides totaux dissous (**STD**) et les matières en suspensions Demande Chimique en oxygène (**DCO**)) et le paramètre biologique (Demande biochimique en oxygène (**DBO₅**)). Le pH, la conductivité électrique, la température, les solides totaux dissous ont été mesuré in situ à l'aide d'un multimètre de marque **HANNA** modèle **HI 9811-5**, l'oxygène dissous par un oxymètre de marque **PCE-PHb1** et la turbidité à l'aide d'un turbidimètre de marque **AQUALITIC** modèle **AL250T-IR**, la demande biochimique en oxygène par la méthode dite manométrique, l'alcalinité par dosage et les matières en suspension par filtration sous vide à l'aide des papiers filtres.

Les résultats obtenus montrent que pour les paramètres organoleptiques, telle que la turbidité NTU est de 49,4 NTU en saison de pluie et de 29,3 NTU et 17,8 NTU en saison sèche, les paramètres physico-chimiques révèlent qu'en saison de pluie : le pH 7,1 ; conductivité électrique 180 μcm ; STD 80 mg/L; MES 8 mg/L ; alcalinité 1,66 mg/L et en saison sèche : pH 7,6 et 6,7; conductivité électrique 140 μcm et 110 μcm ; STD 70 mg/L et 40 mg/L; MES 2,11 mg/L et enfin les paramètres biologiques en saison de pluie : DCO 59 mg/L; DBO₅ 460 mg/L, en saison sèche : DCO 57 mg/L et 5 mg/L ; DBO₅ 390 mg/L et 130 mg/L. En résumé seul la DBO₅ et la turbidité ont des valeurs supérieures à la norme Camerounaise de rejets des eaux usées qui sont de < 30 mg/l pour la DBO₅ et 5 mg/L pour la turbidité et par conséquent cette rivière est polluée par les matières organiques provenant des rejets dans la rivière Foulou des lixiviats du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfofoulu et qui représente un risque sur les populations riveraines et l'environnement.

Mots clés : Déchets, prélèvements, rivière, pollution, impact

ABSTRACT

The present study is a contribution to the determination of the level of pollution of the Foulou River. The study was carried out downstream of the Foulou River the Nkolfoulou waste treatment center. The technology consisted to get materials, to collect and analyze sample in the rainy season (October) and dry season (December and January). The sampling was done manually, directly in the river at a minimum depth of 30 cm. The analysis carried out on the samples were subjected to certain organoleptic parameters (turbidity), physicochemical parameters (pH, electrical conductivity, temperature, total dissolved solids and matter in suspension) and biological parameters (chemical oxygen demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD)), the pH, electrical conductivity, temperature, total dissolved solid were measured in situ with the help of a multimeter marked HANNA HI 9811-5, model, dissolved oxygen by an oxymeter marked PCE – PHb1 and the turbidity with the help of a turbidimeter of mark AQUALITIC AL250JIR model, the BOD by manometric method, alkalinity by titration and suspension matter by simple filtration with the help of filter papers.

The result obtained show that, for organoleptic parameters such as turbidity NTU is of 49.4 NTU in the rainy season, the physico-chemical parameters show that in the rainy season the pH 7,1; electrical conductivity 180 μcm and TDS 80 mg/L ; MIS 8 mg/L; alkalinity 1,66 mg/L in the dry season pH 7,6; 6,7: electrical conductivity 140 μcm and 110 μcm ; STD 70 mg/L and 40 mg/L MIS 2,11 mg/L and finally biological parameters in the rainy season, DCO 5 mg/L; IDBO₅ 460 mg/L in the dry season, DCO 57 mg/L and 5 mg/L BOD. 390 mg/L and 130 mg/L. In general, only BOD and turbidity have values which respect the Cameroon wastewater disposed limits and consequently this river is polluted by organic matter. The results globally show that the disposal of lixiviates coming from Nkolfoulou waste treatment center present a risk on the aquatic population and environment.

Keywords: wastes; sampling; river; population; impact.

CHAPITRE I :
INTRODUCTION GÉNÉRALE
ET REVUE DE LA LITTÉRATURE

1.1 INTRODUCTION GENERALE

1.1.1. Motivation, justification et problématique de ce travail

Dans les pays en développement, les centres de stockage de déchets se résument le plus souvent à des décharges à ciel ouvert, présentées parfois comme des « sites provisoires » par les autorités locales, mais qui ont généralement des impacts négatifs sur le milieu naturel et les populations riveraines.

Au Cameroun, le Centre de Traitement des Déchets de Nkolfoulou, située à 11 km de Yaoundé, capitale du Cameroun, peuplée d'environ 2,3 millions d'habitants (MINMEE, 2004). Le site de Nkolfoulou est situé dans le bassin versant de la rivière Foulou, avec un réseau hydrographique simple, composé de quelques affluents localisables (Ototong, Ebengui, Akoo, Voumdi, etc.). La rivière Foulou est le milieu récepteur des rejets hydriques du Centre de Traitement des Déchets de Nkolfoulou et des eaux de ruissellement d'origines diverses (MINMEE, 2004). L'enlèvement et le traitement des ordures ménagères dont la production est rythmée par l'accroissement de la population et l'urbanisation, sont au cœur de la stratégie urbaine de préservation de l'environnement.

C'est dans cette optique qu'une formation des étudiants dans la perspective de la lutte contre la pollution environnementale que le Laboratoire de Chimie des Matériaux de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé a orienté l'axe de la recherche dans l'étude de la qualité de l'eau de la rivière Foulou. L'objectif de ce travail étant de contribuer à protéger l'environnement et la santé des populations à travers l'étude de l'impact du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou sur la rivière Foulou

La **problématique** de ce travail a été de chercher à savoir si le Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou peut être un problème pour la qualité de l'eau de la rivière Foulou.

La **motivation** de ce travail vient non seulement du besoin à contribuer pour l'assainissement de la ville de SOA mais aussi de participer à la réduction des maladies hydriques.

1.1.2 Objectif du travail

Contribuer à protéger l'environnement et la santé des populations à travers l'étude de l'impact du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou sur la rivière.

Objectif spécifique

Dans ce travail nous visons à court échéance de :

- Identifier la rivière FOULOU et la localiser par rapport aux Centre de Traitement de Déchets ;
- Effectuer les prélèvements d'eau en aval de la décharge dans la rivière FOULOU ;
- Réaliser des analyses de la qualité de l'eau en vue de déterminer l'état de pollution de la rivière et comparée avec les rejets des eaux usées.

1.1.3. Méthodologie de recherche

La démarche à suivre est la suivante :

- Plan d'échantillonnage, les mesures du pH, la température, turbidité, l'oxygène dissous, la conductivité électrique, et les solides totaux dissous ont été mesuré in situ par les appareils appropriés, suivit des prélèvements des échantillons manuellement à l'aide des bouteilles vide neuve en polyéthylène, transporté après dans une glacière le même jour puis conserve dans un réfrigérateur.

– L'analyse au laboratoire de la demande chimique en oxygène (DCO) par la méthode calorimétrique, la Demande biochimique en oxygène (DBO5) par manométrie, les matières en suspension par filtration sous vide à l'aide des papiers filtres et l'alcalinité par dosage.

1.1.4. Plan du travail

Le présent travail s'articulera autour de trois chapitres

Le premier chapitre sera consacré à l'introduction générale où sont présentées la problématique, la motivation, la justification, les objectifs, la méthodologie, et la revue de la littérature où sont abordées les notions sur la pollution de l'eau.

Le chapitre deux parlera de l'échantillonnage, la méthode de conservations, ainsi que les méthodes analytiques utilisées.

Le chapitre trois présentera les différents résultats obtenus après analyse des échantillons prélevés et leurs interprétations. Une conclusion générale ainsi que quelques perspectives seront présentées à la fin de ce mémoire.

1.2. REVUE DE LA LITTERATURE

1.2.1. Généralités sur la pollution des eaux

L'eau, composé essentiel à la vie de tous les êtres vivants (plantes, animaux, et êtres humains) est menacée par certaines activités humaines. Qu'il s'agisse de sa rareté due à une exploitation excessive ou sa pollution suite aux divers rejets d'effluents industriels et domestiques, le problème de gestion de l'eau reste une préoccupation actuelle (Kemkigne, 2008). Dans ce contexte il devient important, pour les populations d'avoir des connaissances théoriques indispensables et nécessaires pour la compréhension des liens entre l'eau, sa pollution et leurs différentes conséquences sur l'environnement.

1.2.1.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau se définit comme une modification de façon durable du milieu naturel par l'apport en quantité très importante de substances toxiques d'origine naturelle ou issues des activités humaines (Njapoum & Kemkigne, 2008). L'activité humaine répond aux besoins de la population, mais elle produit en même temps d'énormes quantités de polluants dont la majorité est rejetée directement dans l'environnement. Ces polluants ont un impact parfois difficile à mesurer, tant sur la qualité des sols, de l'air que sur celle de l'eau qui sert de réceptacle à toute sorte de déchets.

1.2.1.2. Sources de pollution de l'eau

Les sources de pollution des eaux sont nombreuses, parmi elles nous noterons : la pollution domestique, industrielle, agricole, naturelle et atmosphérique.

Pollution domestique

C'est une pollution due aux eaux ménagères (eau de cuisine, de salle de bain et les eaux de vannes). Ces dernières représentent les deux tiers du total des eaux usées domestiques et contiennent des graisses, des savons, des détergents, des matières en suspension et des matières dissoutes organiques ou minérales. La pollution domestique des ressources est relativement constante, les rejets industriels sont au contraire caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau ou cours du processus industriel. (Njapoum ,2008).

Pollution industrielle

L'industrie constitue l'une des plus grandes sources de pollution environnementale. Selon son activité on peut distinguer :

- Des pollutions provenant des industries agroalimentaires (colorant), des abattoirs (matières organiques et graisses)
- Des industries chimiques (les acides, les bases, et produits divers).
- Des industries métallurgiques et sidérurgiques (métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le mercure, le fer....)
- Des industries pétrolières (hydrocarbures)
- Des centrales nucléaires (matières radioactives)

Par ailleurs, l'atmosphère industrielle contient un certain nombre de polluants tels que SO_2 , NO_2 , CO_2 , N_2O_5 qui sous l'effet des pluies contaminent les eaux par ruissellement ou infiltration (Njapoum, 2008).

Pollution agricole

Elle englobe à la fois celle qui a trait aux cultures et à l'élevage. Les activités agricoles étant largement impliquées dans les apports d'azote et surtout de ses dérivés (nitrites et nitrates) que l'on trouve en forte concentration dans les engrais, ainsi que dans les lisiers et les purins d'élevage.

Pollution naturelle

La teneur de l'eau en substance indésirable n'est pas toujours due à l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer ; par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux engendre des concentrations inhabituelles en métaux lourds tels que l'arsenic, le mercure, le plomb. Des éruptions volcaniques, des épanchements sous marins d'hydrocarbure peuvent aussi constituer une forme de pollution (Njapoum , 2008).

Pollution atmosphérique

L'atmosphère contient un certain nombre de polluants qui sous l'effet des pluies acides peuvent contaminer le sol par ruissellement ou infiltration. Ces polluants vont ensuite migrer vers les eaux superficielles et souterraines. Le phénomène de pluies acides est bien connu et a pour origine l'oxydation dans l'atmosphère, de l'anhydride sulfureux(SO_2)et d'oxydes d'azotes .issu de la combustion des carburants fossiles tels que le fuel ou le charbon Cette oxydation a pour conséquence l'existence d'acide sulfurique et d'acide nitrique qui sont présents dans les eaux de pluies (Kemkigne, 2008).

1.1.2.2. Les différents types de pollution

Les diverses sources de pollution générées par les activités humaines engendrent une diversité des pollutions : physique, chimique, biologique et bactériologique telle que résumé dans le tableau 1 (Leveque & Ngaleu 2008).

Tableau 1: Les différents types de pollution et leurs origines.

	Type de pollution	Nature	Sources
Physique	Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
	Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installation nucléaires
Chimique	Matières organiques	glucides	Effluents domestiques
		Lipides	Effluents agricoles
		Protides	Effluents agro-alimentaires
		Ammoniac, nitrates	Elevages et piscicultures
	Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agricultures, lessives
	Métaux, metalloïdes	Mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic, etc.	Industries, agriculture, pluies acides combustion
	Pesticides	Insecticides, herbicides, fongicides	Agriculture, industries
	Organochlores	PCB, solvants	Industries
Composés organiques de synthèse	Nombreuses molécules	Industries	
Détersifs	Agents tensioactifs	Effluents domestiques	
Hydrocarbures	Pétroles et dérivés	Industries pétrolières, transport	
Micro-biologique		Bactéries, virus, champignon	Effluents urbains et d'élevage

1.2.2. Paramètres de pollution des eaux

Comme paramètre de la pollution on citera trois :

- Paramètres organoleptique ;
- Paramètres physico-chimiques;
- Paramètres liés à la teneur en oxygène.

1.2.2.1. Paramètres organoleptiques

Ils sont perceptibles par les organes de sens :

- **La couleur** résulte de l'absorption sélective des radiations lumineuses. On distingue en générale la couleur apparente due aux matières en suspension et en solution, et la couleur vraie qui est liée uniquement aux matières en solution (Ngaleu, 2008).
- **Les odeurs** sont causées par les molécules organiques (phénols, esters, colorants... etc.) en déposition dans l'eau. Une eau odorante et colorée attire plus l'attention du public et des autorités administratives en charge des problèmes d'hygiène et de salubrité qu'une eau non colorée (Lambert et al. 1995).
- **La saveur** représente l'ensemble de sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatives. (Rodier, 1996).

1.2.2.2. Paramètres physico-chimiques

Ce sont des paramètres liés directement à la structure naturelle des eaux.

- **Température**

La température de l'eau joue un rôle important par exemple la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la variation de la température a un effet sur les phénomènes qui se produisent dans l'eau. Une eau colorée ne change pas de couleur lorsque la température varie (Tartat. et al.1994). L'activité

métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

- **Potentiel d'hydrogène (pH)**

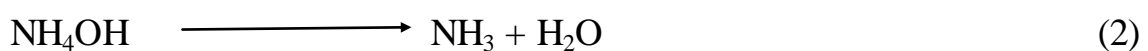
Elle mesure la concentration en ions hydronium (H_3O^+). Le pH caractérise l'acidité, la basicité ou la neutralité de l'eau ; il est compris entre 0 – 14 °c (Youbi.G. K, 2008).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 (Tartat, 1994) .en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. (Tartat, 1994).

À $pH < 6$ l'équilibre (1) est déplacé vers la formation des dioxydes de carbone et on a ainsi une augmentation de la concentration en gaz carbonique qui devient toxique pour les poissons à partir de 100 mg/L



A $pH > 8$, L'équilibre (2) est déplacé vers la formation de l'ammoniac moléculaire (NH_3) qui ainsi libère, est plus toxique que NH_4OH et dont le seuil de mortalité pour les poissons est compris entre 0,2 et 2 mg/L. (Tartat, 1994).



La conductivité électrique

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique .La conductivité

électrique standard s'exprime généralement en micro siemens par ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Lambert et al. 1995).

La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Elle permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et dépend de la température. Une conductivité élevée traduit soit les pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Lambert et al. 1995). L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissouts et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissouts est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre de déversements d'eaux usées.

Tableau 2 : Relation entre la conductivité et la minéralisation.

(Kemkigne, 2008).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
0 – 100	Minéralisation très faible
100 – 200	Minéralisation faible
200 - 333	Minéralisation moyenne accentuée
333 - 666	Minéralisation accentuée
666 - 1000	Minéralisation importante
> 1000	Minéralisation élevée

- **Les Solides Totaux Dissous (STD)**

Ils sont constitués essentiellement des produits minéraux dissouts qui peuvent avoir pour origine :

- Le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes ;
- L'apport des eaux usées des villes et unités industrielles ;

La sapidité (le goût et la saveur) de l'eau telle que représentée dans le tableau 3 Selon les normes de rejets de 13 pays : Australie, Belgique, Danemark, France, Grande Bretagne, Hollande, Hongrie, Italie, Pologne, Suisse, Canada, Inde, Egypte ($1000 < \text{STD} < 2000 \text{ mg/L}$ (Tartat, 1994)

Tableau 3 : Sapidité de l'eau.

Sapidité	STD (mg/L)
Excellente	< 300
Bonne	300 – 600
Passable	600 – 900
Mauvaise	900 – 1200

1.2.2.3. Paramètres biologiques

- **La variation de la teneur en oxygène**

L'oxygène représente en moyenne les 25% de gaz dissouts à la pression normale. Une augmentation de la température de l'eau et les rejets de matières organique dans l'eau favorise une diminution de la teneur en oxygène. Il se crée alors une raréfaction dioxygène et un accroissement des bactéries qui constituent un danger pour les animaux aquatiques. (Lambert et. al.1995)

- **La demande biochimique en oxygène (DBO)**

La DBO traduit la quantité d'oxygène en mg/L nécessaire à l'oxydation (sous l'action des micro- organismes) des matières organiques présentes dans un litre d'eau. Selon les normes Françaises **T 90-103**, on parle de

DBO₅ lorsque la mesure se fait à l'obscurité en tube fermé à 20°C. Pendant cinq jours. La DBO₅ est proportionnelle à la quantité de matières organiques oxydables contenues dans l'eau (Lambert et al. 1995).

1.2.1.9. La demande chimique en oxygène (DCO)

Le DCO est la quantité d'oxygène (mg/L) consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau sous l'action d'un oxydant chimique énergétique. Selon les normes françaises *T 90-101* Une eau dont le rapport $\frac{DBO_5}{DCO} > 0.3$ est biodégradable. La DCO permet d'apprécier la dégradation des composés organiques contenus dans l'eau. (Lambert & Ngaleu, 1995).

1.2.3. Impact de la pollution sur l'environnement et la santé

- **Sur le milieu naturel**

La pollution des ressources en eau se traduit par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures (eutrophisation, féminisation des gonades de poisson males, malformation des larves...) Les impacts et nuisances environnementaux concernent surtout les anciennes décharges non étanches. Il s'agit éventuellement d'odeurs, mais plus souvent de pollution de l'air, de l'eau et des sols. Les déchets ménagers sont assez riches en produits contenant du chlore pour émettre en brûlant des dioxines et furanes en quantité importante.

- **Sur la santé humaine**

Les eaux usées contenant les microorganismes peuvent être responsables de maladies hydriques ceci par contamination virale, bactériennes, et par protozoaire. Si ces eaux sont consommées, on aura les maladies telles que les amibiases intestinales, etc. (Youbi.G. K, 2008).

Les composés organiques volatils diminuent la capacité respiratoire et favorise l'émergence de certains cancers, les métaux lourds, comme le plomb, l'arsenic, le cadmium et le nickel, occasionnent des cancers, des troubles hépato-digestifs, des perturbations intestinales, des affections neurologiques, hématologiques et rénales. (Djombe, 2013).

1.2.4. Le Centre de Traitement des Déchets (CTD) de Nkolfoulou

1.2.4.1 Localisation géographique du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou

La commune de Soa est située à une vingtaine de kilomètres de Yaoundé. C'est dans cette commune voisine située au Nord Est de la ville que la CUY a acquis dans les années 80 un terrain d'une cinquantaine d'hectares. La ville de Soa comptait environ 3200 habitants en 2001 (Bessala, 2003). Le Centre de Traitement des Déchets de Nkolfoulou, située à 11 km de Yaoundé, capitale du Cameroun, peuplée d'environ 2,3 millions d'habitant (MINMEE, 2004). Le site de Nkolfoulou est situé dans le bassin versant de la rivière Foulou, avec un réseau hydrographique simple, composé de quelques affluents localisables (Ototong, Ebengui, Akoo, Voumudi, etc.). La rivière Foulou est le milieu récepteur des rejets hydriques du Centre de Traitement des Déchets de Nkolfoulou et des eaux de ruissellement d'origines diverses (MINMEE, 2004)

Depuis la reprise des activités d'Hysacam à Nkolfoulou le 1er Septembre 1985, la société s'est attelée à une meilleure communication et surtout au dialogue. Les risques de pollution à la décharge surtout celle des eaux sont importantes. Les populations ont obtenu de Hysacam la construction de trois bornes fontaines dans les villages.

Un comité de suivi des activités de la décharge a été créé. On trouve au sein de ce comité le Maire de Soa, les chefs et quelques notables des trois villages, des représentants de la société. Le comité se réunit une fois

par trimestre à la Mairie de Soa à fin de vérifier les activités qui s'y déroulent. C'est au sein de ce comité que le contrôle systématique de la dératisation et la désinsectisation trimestrielle de la décharge est effectuée. La discussion autour des projets et des activités de la décharge est permanente avec les populations riveraines et municipales (CUY et SOA). Ce souci de transparence permet ainsi, à HYSACAM et ses partenaires de vivre en bonne intelligence et d'anticiper sur les éventuels problèmes.

1.2.4.2. Données climatiques

La ville de Yaoundé se trouve en zone tropicale où règne un climat subéquatorial Guinéen caractérisé par quatre saisons alternées (Kengne ,2008) à savoir : deux saisons sèches et deux saisons de pluies réparties ainsi :

- Une longue saison sèche : Novembre, Décembre, Janvier, Février ;
- Une courte saison de pluie : Mars, Avril, Mai, Juin ;
- Une courte saison sèche : Juillet, Août;
- Une longue saison pluie : Septembre , Octobre.

Les températures journalières varient entre 23 et 35 °C. Le diagramme ombrothermique du site est représenté par la figure 1(Mboe ,2012).

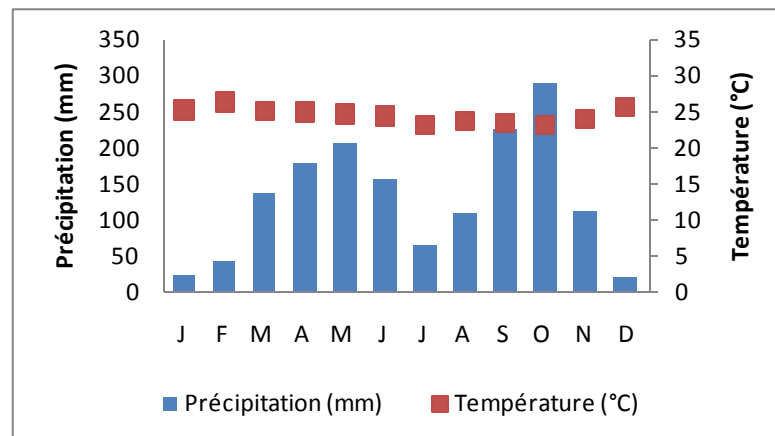


Figure 1 : Répartition mensuelle des précipitations et des températures de la ville de Yaoundé (source station de Nkolbisson et station de l'aéroport militaire de Mvan ,2010-2012).

La température moyenne annuelle de Yaoundé et de Nkolfoulou se situe autour de 24,5°C. Février est le mois le plus chaud avec une moyenne de l'ordre de 25 °C. La pluviométrie moyenne est d'environ 1500mm d'eau/an. Octobre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 273mm tandis que Janvier 14mm est le mois le plus sec de l'année (Zahrani, 2006).

1.2.4.3. Type de déchets déversés sur le site

Les activités de stockage d'ordures ménagères ont commencé sur le site par la société d'Hysacam depuis le 1er Septembre 1998. Ce sont au total 1200 tonnes de déchets qui sont traités par jour sur les 1800 tonnes produites par la ville de Yaoundé.

Après la collecte dans les poubelles au niveau des ménages, les ordures sont transportées dans des bacs métalliques aménagés à cet effet. Au niveau des marchés municipaux, un ou plusieurs bacs sont également disposés pour contenir tous les ordures.

Comme au Cameroun la sensibilisation au tri sélectif n'est pas répandue dans la population, on peut retrouver dans les bacs tous types de déchets. Les bacs sont situés à des points précis, et connus des populations

des quartiers et de la zone desservie. Les camions chargeurs collectent les bacs et leurs contenus vers la décharge. Le contenu des camions est représenté sur le tableau 4 (Zahrani, 2006).

Tableau 4 : Composition des déchets entrant dans le CTD de Nkolfoulou.

Fraction (%)	Haut standing	Moyen standing	Habitat spontané	Marchés	Périurbain
Bois	0,2	1,1	0,5	1,9	0,4
Caoutchouc	0,0	0,0	1,8	1,2	0,0
Cartons	5,4	3,0	1,5	13,5	4,6
Papier	10,0	3,8	1,0	3,7	3,1
Dangereux	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Gravats	2,0	0,4	1,1	0,3	0,8
Métaux	1,5	0,9	1,2	1,7	1,0
Plastiques	7,0	8,0	12,2	6,6	7,9
Textile	4,6	5,0	6,0	2,6	3,2
Verres	1,5	1,0	1,2	0,6	1,4
Matière organique	62,2	70,4	65,7	63,7	66,5
Éléments fins	5,5	6,3	7,7	4,1	11,1
Total	100	100	100	100	100

Jusqu'en 2006, les déchets hospitaliers étaient toujours répertoriés parmi les déchets entrant sur le site de Nkolfoulou et stockés sans aucun traitement préalable (Zahrani, 2006).

1.2.4.5. Impact du rejet de lixiviats sur la rivière Foulou.

Une partie du lixiviat non capté s'échappe du site et coule en contrebas, sans aucun traitement. L'influence de ces rejets sur la qualité de l'eau de la rivière a été analysé, à partir des prélèvements des échantillons d'eau en amont, au point d'impact et après. Seule la variation de la pollution organique (DBO₅ et DCO) a été observée.

1.2.4.6. Impact sur la santé

Le postulat de la recherche était que les lixiviats et biogaz du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou, constituent un risque potentiel pour la santé des riverains de cet établissement, des travailleurs de la décharge et de l'écosystème de Nkolfoulou. Au titre de l'impact sur l'écosystème, l'impact a été mesuré pour la ressource en eau, dans une zone d'influence d'environ 200 mètres. Cette ressource a par ailleurs été caractérisée; En ce qui concerne la santé humaine, les personnes examinées présentent des anomalies sur plusieurs paramètres : (Younsi., Abdelkader et al. 2005).

- infection comme l'Eosine, les hématies, les hématocrites, l'hémoglobine...);
- des maladies de l'appareil respiratoire, notamment des toux matinales, qui disparaissent dès l'apparition du soleil (allergie des sujets aux odeurs malodorantes de la décharge)
 - anomalies pulmonaires ;
 - des contaminations transplacentaire,

Les études expérimentales précisent que les populations sensibles sont les suivantes :

- les enfants de moins de 12 ans en raison de l'immaturation de leurs systèmes immunitaires ;
- Les personnes âgées en raison de l'affaiblissement des défenses immunitaires ;
- Les asthmatiques et les personnes notamment atteintes de rhinites allergiques et les insuffisants respiratoires, en raison de la sensibilité de leur appareil respiratoire ;
- Les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires et enfin ;
- Les sportifs qui respirent entre 5 et 15 fois plus d'air et donc de polluants. (Djombe , 2013).

CHAPITRE II : MATÉRIELS, ÉCHANTILLONNAGES ET MÉTHODES EXPÉRIMENTALES D'ANALYSES

2.1. Matériels

2.1.1. Réactifs

Les réactifs utilisés au cours de cette étude sont de qualité analytique. Ils ont été utilisés sans purification préalable. Toutes les solutions ont été préparées avec de l'eau distillée à une température ambiante :

- Carbonate de sodium Na_2CO_3
- Acide chlorhydrique HCL
- Phénolphtaléine
- Thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- Eau distillée
- Vert de bromocrésol-rouge de méthyle.

2.1.2. Verrerie

- Les erlenmeyers de 500mL
- Les béchers de 100mL
- Des pipettes de 100mL
- Une pissette de 100mL
- Une fiole à vide jaugée de 1L
- Un entonnoir Buchner
- Un tuyau de connexion
- Des papiers filtres
- Spatule

2.1.3. Appareillage

- Agitateur magnétique, et barreau magnétique recouvert de matière plastique.
- Un GPS de marque GARMIN
- Un multimètre de marque HANNA modèle *HI 9811-5*
- Un oxymètre de marque *PCE-PHb1*

- Un turbidimètre de marque AQUALITIC modèle **AL250T-IR**
- Une balance électronique de marque **AND GF-200** avec les caractéristiques suivantes : Max = 210g ; Min = 0,02g ; e = 0,001g
U = 12V ; I = 0,3 A
- Un dessiccateur
- Dispositif de filtration
- Une étuve
- Un agitateur magnétique de marque 78HW-1
- Barreau aimanté

2.2. Plan d'échantillonnage

Nous avons travaillé et prélevé les échantillons d'eau de la rivière Foulou en aval du Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou.

2.2.1. Localisation

La rivière Foulou traverse la commune de So'a située à une vingtaine de kilomètre de Yaoundé (capitale politique du Cameroun) département de la MEFOU et AFAMBA ou est logé le Centre de Traitement de Déchets de Nkolfoulou. Le point d'échantillonnage avait pour coordonnées GPS au Nord : 03° 56' 55'' ; à l'Est : 011°34'368'' et d'altitude 649 m.



Figure 2 : Point d'échantillonnage.

2.2.2. Fréquence de prélèvements

Des prélèvements ont été effectués pendant trois mois, en saison de pluies (Octobre) et en saison sèche (Janvier , Décembre).

Tableau 5 : Etalement de l'étude au cours des saisons.

NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
←→ (Green)				←→ (Orange)				←→ (Yellow)		←→ (Red)	
	←→ (Blue)		←→ (Blue)								←→ (Blue)
Légende :											
←→ (Green) : Grande saison sèche											
←→ (Orange) : Petite saison des pluies											
←→ (Yellow) : Petite saison sèche											
←→ (Red) : Grande saison des pluies											
←→ (Blue) : Date de prélèvement											

2.3. Techniques d'échantillonnage

2.3.1. Prélèvement et conditionnement des échantillons

Les prélèvements ont été faites in situ à l'aide des bouteilles neuves vide en polyéthylène d'un litre et étiqueté à une profondeur minimum de trente centimètre et Remplir la bouteille complètement avec l'échantillon et introduire le bouchon de sorte qu'il n'y ait plus d'air dans la bouteille. A chaque fois nous avons noté l'heure et le jour de prélèvement.

2.3.2. Conservation et transport des échantillons

Les échantillons prélevés ont été transportés dans une glacière contenant des morceaux de glace le même jour du lieu d'échantillonnage jusqu'au laboratoire ou ils sont conservés dans un réfrigérateur en attendant les analyses.

2.4. Méthodes expérimentales d'analyse et les paramètres étudiés

2.4.1. Les paramètres organoleptiques

- **L'odeur** : l'odeur a été évaluée par la forte odeur qu'elle dégage.
- **L'aspect** : ce sont les remarques virtuelles faites sur le terrain indiquant la couleur la présence des particules en suspension, les différentes phases et bien d'autres.
- **La turbidité** : la turbidité est mesurée in situ à l'aide d'un turbidimètre de marque Hanna modèle *AL25OT-IR* au cours duquel, l'électrode a été immergé dans la rivière au point d'échantillonnage après stabilisation, la lecture de la valeur numérique a été notée à la fin de la manipulation, l'électrode a été rincé à l'eau distillée.

2.4.2. Paramètres physico-chimiques

- **Mesure du pH**

Le pH est mesurée directement sur le site à l'aide d'un multimètre de marque Hanna modèle **HI 9811-5** portatif avec une sonde. Après avoir immergé la partie dédiée à cet effet de l'électrode de notre multimètre à analyser après stabilisation, la lecture de la valeur numérique du pH de la solution a été faite puis notée à la fin de la manipulation l'électrode du multimètre a été rincée à l'eau distillée. Le pH se mesure avec la concentration en ion hydronium permettant de déterminer si on est dans un milieu acide, basique ou neutre

- **Mesure de la conductivité**

La conductivité a été effectuée in situ à l'aide d'un multimètre nous avons immergé notre conductimètre dans l'échantillon à analyser après stabilisation, valeur numérique a été noté à la fin de la manipulation, le conductimètre a été rincé à l'eau distillée. la mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Elle renseigne sur son degré de minéralisation c'est-à-dire sur sa teneur en substances dissoutes.

- **Mesure des solides totaux dissous (TDS)**

La détermination du TDS de l'échantillon d'eau a été effectuée directement sur le site à l'aide d'un multimètre de marque Hanna modèle **HI 9811-5** portatif préalablement calibré aux solutions tampons. Après avoir immergé la partie dédiée à cet effet de l'électrode de notre multimètre dans la rivière à analyser après stabilisation, la lecture a été faite puis notée à la fin de la manipulation le multimètre a été rincé à l'eau distillée.

- **Mesure de la température**

La température a été mesurée in situ à l'aide d'un multimètre de marque **HI 9811-5** préalablement calibré aux solutions tampons. Après avoir immergé la partie dédiée à cet effet de l'électrode de notre multimètre l'échantillon à analyser après stabilisation, la lecture de la valeur numérique de la température de la solution a été faite puis notée à la fin de la manipulation l'électrode du multimètre a été rincé à l'eau distillée.

- **Mesure de l'oxygène dissous**

La détermination de l'oxygène dissous des échantillons d'eau a été effectuée directement sur le site à l'aide d'un oxymètre de marque Aqualitic modèle **PCE-PHb1** au cours duquel nous avons immergé notre oxymètre dans l'échantillon à analyser après stabilisation, la lecture de la valeur numérique de l'oxygène dissous est notée à la fin de la manipulation, l'oxymètre a été rincé à l'eau distillée.

- **Mesure des matières en suspension (MES)**

Protocole

- Découper le papier filtre
- Disposer le papier filtre dans l'entonnoir Buchner
- Prélever un échantillon de 200 ml d'eau
- Connecter le dispositif de filtration à vide à une pompe à vide
- Verser progressivement l'eau dans l'entonnoir tout en s'assurant que celle-ci ne déborde pas le papier filtre
- Lorsque tout l'eau est versée, attendre quelques minutes puis retirer le papier filtre et le déposer à l'étuve à 11°C
- Déposer ensuite un autre papier filtre de la même dimension appelée papier témoin dans l'étuve
- Après séchage faire sortir les deux papiers et peser à l'aide d'une balance pour avoir la masse du MES contenue dans 200 ml d'eau

- **Détermination de l'alcalinité**

L'alcalinité est la capacité quantitative des milieux aqueux à réagir avec des ions hydrogènes elles s'opèrent soit par :

- **Détection visuelle**

Introduire à l'aide d'une pipette 25,0 ml(V_1) d'une solution de carbonate de sodium à 0,025mol/L dans une fiole erlenmeyer de 250 ml, ajouter 75 ml \pm 5 ml d'eau et 0,1 ml \pm 0,02 ml de solution indicatrice de vert de bromocrésol-rouge de méthyle Titrer avec une solution d'acide chlorhydrique à 0,10 mol/l jusqu'à disparition de la couleur bleu verdâtre. Noter le volume, V_3 , en millilitres, d'acide consommé.

- **Détermination à blanc**

En utilisant 100 ml \pm 5 ml d'eau, effectuer une détermination à blanc selon le mode opératoire approprié et noter le volume v_3 en millilitres, d'acide consommé.

- **Acide chlorhydrique (HCl)= 0,02 mol/l.**

Introduire à l'aide d'une pipette, 100 ml \pm 1 ml d'une solution d'acide chlorhydrique de 500 ml. Diluer au volume avec de l'eau et bien mélanger. Préparer cette solution juste avant utilisation.

- Calcul de la concentration de substance comme suit :

$$C_{(\text{HCl}, 2)} = 0,2C_{(\text{HCl}, 1)}$$

Ou $C_{(\text{HCl}, 1)}$ est la concentration réelle, exprimée en moles par litre, de la solution d'acide chlorhydrique, en principe à 0,10 mol/l $C_{(\text{HCl}, 2)}$ est la concentration réelle, exprimée en moles par litre, de la solution d'acide chlorhydrique, en principe à 0,20 mol/l

➤ **Solution d'indicateur a la phénolphtaléine**

Dissoudre ($1,0 \pm 0,1$ g) de phéno

htaléine dans (100 ± 2 ml) d'éthanol [$> 90\%$ (V/V) éthanol] et diluer avec de l'eau a (200 ± 4 ml). Bien mélanger.

➤ **Solution d'indicateur de vert de bromocrésol-rouge de méthyle.**

Dissoudre $0,200 \text{ g} \pm 0,005 \text{ g}$ de vert de bromocrésol et $0,015 \pm 0,002 \text{ g}$ de rouge de méthyle dans $100 \text{ ml} \pm 1 \text{ ml}$ [$> 90\%$ (V/V) éthanol]. Conserver dans un flacon en verre brun.

➤ **Solution de thiosulfate de sodium** $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ mol/l}$.

Dissoudre ($2,5 \pm 0,2\text{g}$) de thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dans ($100 \pm 5 \text{ ml}$) d'eau. Conserver dans un flacon en verre brun au réfrigérateur pendant au maximum 6 mois.

➤ **Détermination de l'alcalinité composite titrable a pH 8,3 (alcalinité phéno

htaléine)**

L'absorption de dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère durant le titrage de l'alcalinité composite peut sous-évaluer les résultats. Introduire à l'aide d'une pipette, $100 \text{ ml} \pm 1\text{ml}$ d'échantillon (volume V_4) dans le vase de titrage. Placer le vase sur un agitateur magnétique et insérer dans la solution un barreau magnétique recouvert de matière plastique et électrodes pH. Mettre en marche l'agitateur et agiter à une vitesse à laquelle un tourbillon est à peine perceptible. Mesurer la valeur du pH de l'échantillon. Si cette valeur est de 8,3 au moins, considérer comme nulle l'alcalinité composite titrage à pH 8,3. Si l'alcalinité se situe dans la gamme 4 mmol/l à 20 mmol/l , utiliser une solution d'acide chlorhydrique à $0,1 \text{ mol/l}$.

Si l'alcalinité se situe dans la gamme $0,4\text{mmol/L}$ à 4mmol/L , utiliser une solution d'acide chlorhydrique à $0,02 \text{ mol/L}$ Titrer l'échantillon avec l'acide approprié. Noter le volume, V_5 , en millilitres, d'acide consommé.

Conserver cette solution pour utilisation lors de la détermination de l'alcalinité totale.

➤ **Détermination de l'alcalinité totale**

Ajouter 0,1 ml ± 0,02 ml de solution d'indicateur de vert bromocrésol-rouge de méthyle à la solution sur laquelle a été déterminée l'alcalinité titrable à pH 8,3. continuer à titrer avec la solution d'acide chlorhydrique appropriée jusqu'au changement de couleur de vert-bleu à gris. Noter le volume total, V_6 , en millilitres, d'acide consommé. l'alcalinité au point de titrage du rouge de méthyle (orange de méthyle) : un mesurage arbitraire de l'alcalinité totale (A_T) de l'eau est obtenue par titrage jusqu'au virage du rouge de méthyle (orange de méthyle) (pH 4,5) on détermine ainsi carbonate et l'hydrogène présent dans l'eau.

➤ **Expression des résultats**

$$A_T = \frac{C(HCL) \times V_6 \times 1000}{V_4}$$

Ou A_T est la capacité à réagir avec les ions hydrogènes, exprimé en milli moles par litre, d'alcalinité composite titrable à pH 4.5

$C(HCL)$ est la concentration réelle exprimée en moles par litre de la solution d'acide chlorhydrique utilisée.

V_4 est le volume en millimètre, de la prise d'essai ;

V_6 est le volume en millimètre de la solution d'acide chlorhydrique ; consommée pour atteindre un pH de 4.5.

2.4.3. Paramètres biologiques

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

Méthode de mesure : Méthode de dosage de la DCO en tubes fermés ou micro méthode de digestion

Cette micro méthode minimise la consommation de réactifs, réduit l'espace requis et les équipements à un bloc de réacteur qui effectue la digestion de 8 échantillons en un seul temps. L'originalité de cette méthode repose sur l'utilisation de tubes fermés prêts à l'emploi. La détermination de la DCO à l'aide de ces tubes est d'une extrême simplicité: tous les réactifs nécessaires sont prédosés dans la cuvette de mesure. Les tubes DCO se présentent par boîte de 25 et sont disponibles pour les 3 gammes : 0-150 ppm, 0-1500 ppm et 0-15000 ppm. Dans ce travail, on a utilisé les tubes importés commercialisés et correspondant à la gamme de concentration 0-1500 ppm.

➤ **Principe**

Cette méthode est connue sous le nom de micro méthode de digestion ou méthode par colorimétrie au dichromate à reflux fermé. Les tubes fermés contiennent tous les réactifs nécessaires et il suffit d'introduire un volume précis d'échantillon, sur le dosage spectrométrique de l'oxydant consommé.

➤ **Interférence**

L'interférence des chlorures est réduite, mais pas totalement éliminée par l'ajout de sulfate de mercure (II), ce qui conduit à la formation du chloromercurate (II) soluble et peu oxydable

• **Détermination de DBO₅**

Dans des bouteilles à DBO₅ (type OxiTop) ont été introduits des volumes de boues de vidanges brutes déterminées et correspondants à des

facteurs de dilution connus. Ensuite l'inhibiteur de nitrification y a été ajouté et l'ensemble de ces bouteilles a été incubé pendant 5 jours à 20 °C. Pendant cette période d'incubation, les bactéries utilisent l'oxygène présent dans la partie supérieure de la bouteille pour oxyder la matière organique présente dans la solution et rejettent le CO₂. Celui-ci est fixé par les cristaux d'hydroxyde de potassium présents dans la cupule placée en capuchon sur chaque bouteille. La dépression d'air dans la bouteille, est ainsi captée par un capteur logé dans le bouchon Oxitop qui l'affiche en valeur numérique. La valeur de la DBO₅ a été lue directement sur l'afficheur numérique et multiplier par le facteur de dilution correspondant indiqué dans le manuel de procédure.



**CHAPITRE III:
RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS**

3.1. Résultats et interprétations des analyses des eaux prélevées dans le site

L'ensemble des analyses et les paramètres étudiés ont été faites sur des échantillons d'eaux prélevées dans la rivière Foulou en aval. L'étude des différents paramètres a été effectuée sur trois mois. Les résultats de cette analyse et les différents paramètres ont été regroupés dans le tableau 6

Tableau 6 : Résultats des analyses des échantillons.

Paramètres	Unité	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Norme Camerounaise de rejets des eaux usées
Date		24 / 10 /2015	05 /12 /2015	09 / 01//2016	
Heure		11 h 20mn	18 h 26mn	16 h 43	
pH		7,1	7,6	6,7	6-9
Conductivité Electrique	µS/cm	180	140	110	< 400
TDS	mg/l	80	70	40	-
T	(°c)	24,4	26	24,7	30
Turbidité	NTU	49,4	29,3	17,8	5
Oxygène dissous	mg/L	7.2	12,6	11,2	-
DCO	mg/L	59	57	5	< 100
DBO ₅	mg/L	460	390	130	< 30
MES	mg/L	8	2,125	2,11	40
Alcalinité	mg/L	1,666	1,078	0,98	-

3.1.1. Paramètre organoleptiques

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaires.

➤ Evolution de la turbidité

Les résultats obtenus varient entre (49,4 (NTU) et 17,8 (NTU), cette diminution serait due au fait qu'en saison de pluie, les eaux de ruissellements transportent les matières en suspensions, les solides les particules dans l'eau. D'autres part, plus on s'éloigne de la rivière il y a dilution des lixiviats et l'autoépuration, ces valeurs sont largement supérieure à la norme Camerounaise de rejets des eaux usées.

3.1.2. Facteurs physico-chimiques

Ce sont des paramètres nécessaires à la différenciation de la qualité des eaux.

➤ Evolution du pH

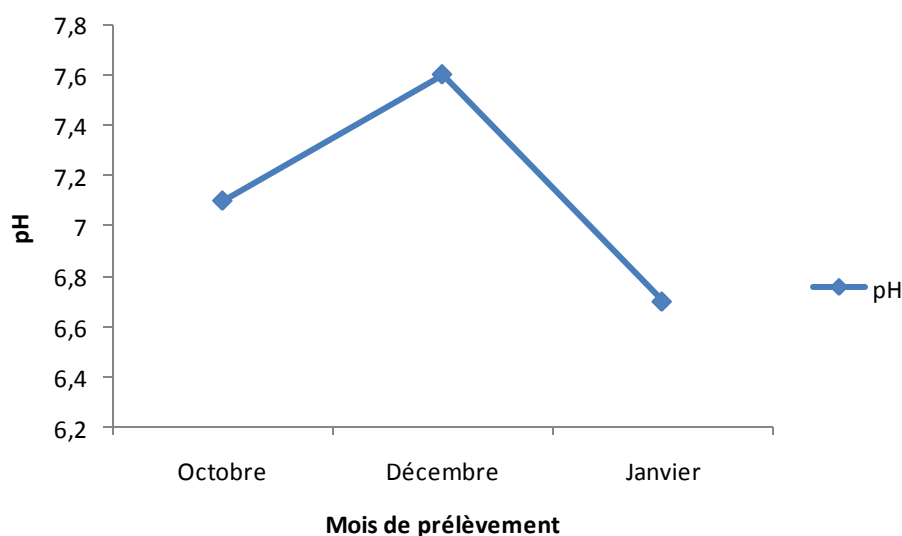


Figure 3 : Variation du pH en fonction des mois de prélèvement.

La courbe montre une faible augmentation du pH en saison de pluie après une diminution en saison sèche, Ces résultats montrent que les eaux en saison sèche sont acides et celles de la saison de pluie sont légèrement basique ceci peut s'expliquer par le fait que en saison de pluie il y a dilution de l'eau par la pluie d'où cette valeur de 7,1 Ces résultats respectent la norme de rejet Camerounaise qui est comprise entre 6,0 et 9.

➤ **Evolution de la conductivité électrique et des solides totaux dissous**

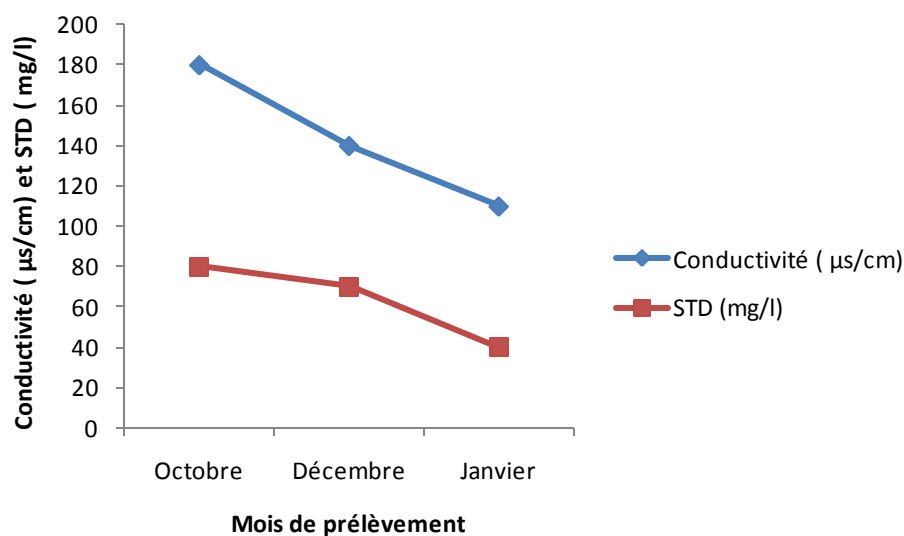


Figure 4 : Variation de la conductivité électrique et des solides totaux dissous des échantillons en fonction des mois de prélèvements.

D'après le graphe, on note une augmentation de la conductivité et des solides totaux dissous au mois d'Octobre et Décembre puis une chute progressivement au mois de janvier. Ceci est dû à la contamination des eaux par les lixiviats de la décharge. La mesure de la conductivité et des solides totaux dissous est proportionnelle à la quantité des sels dissous ce qui traduit une minéralisation moyenne des effluents. Ces résultats respectent la norme de rejet Camerounaise qui est < 400 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

➤ Evolution des MES

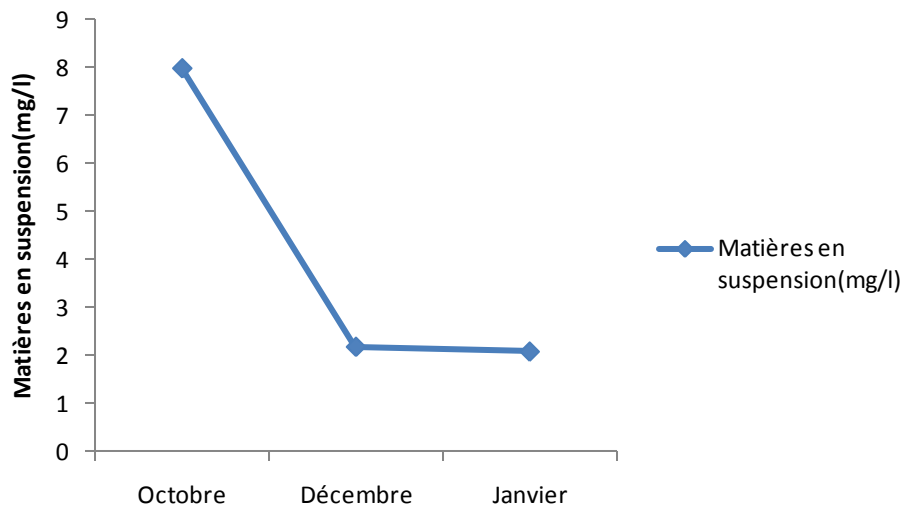


Figure 5 : Variation des matières en suspension des eaux en fonction des mois de prélèvement

Ce sont des particules minérales ou organiques non dissoutes contenu dans l'eau, visible à l'œil nu et contribuent à la turbidité des eaux. On a une diminution des MES jusqu'à une valeur de 2 (mg/L) puis une augmentation de 8 (mg/L) ceci montre que les matières en suspensions sont variant Cette variation est fonction de la saison et du régime d'écoulement des eaux. En saison de pluies il y a transport en grande quantité des déchets par les torrents. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par la suite la photosynthèse. Par ailleurs, elles accumulent une quantité élevée de matières toxiques. Ces valeurs respectent la norme Camerounaise des rejets des eaux usées qui est de (40 mg/L).

➤ Evolution de l'alcalinité

Nous constatons à partir des résultats obtenus que la valeur de l'alcalinité est élevée au mois d'octobre correspondant à la saison de pluie, elle chute aux mois de Décembre et Janvier.

Ceci traduit le fait qu'en saison sèche, il ya peu de Lixiviats qui se déverse dans la rivière contrairement à la saison de pluie ou les lixiviats débordent les bassins de rétention en plus de ceux qui s'échappe du captage se déverse en grande quantité dans la rivière. Les valeurs obtenues sont inférieures à la norme de l'OMS qui est de 500 mg/L pour une eau destinée à la consommation (OMS, 2002).

3.1.3. Paramètres liés à la teneur en oxygène

➤ Evolution de la Demande Chimique en Oxygène

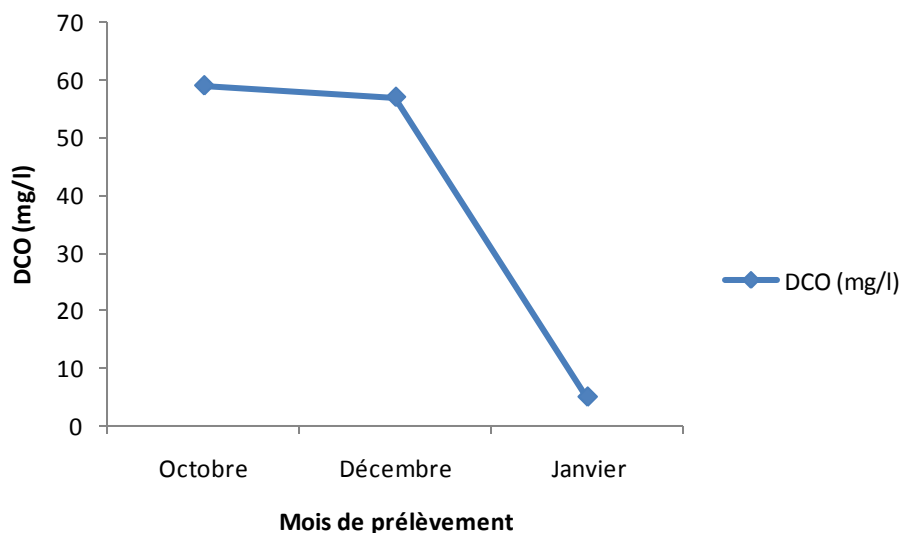


Figure 6 : variation de la DCO en fonction des mois de prélèvement.

Il ressort que la DCO est importante en saison de pluie correspondant à une valeur de 59 mg/L. Cependant, elle est moins élevée au mois de Décembre avec une valeur de 57.mg/L, et de plus en plus faible au mois de Janvier avec une valeur de 5 mg/L. Ces valeurs sont inférieures à la norme camerounaise de rejet qui est de (< 100 mg/L) Ceci est dû au fait qu'au moment de l'échantillonnage nous avons constaté qu'une grande quantité de lixiviats qui se déversait dans l'eau était transportée par l'eau de pluies d'où la contamination.

➤ Evolution en Oxygène dissous

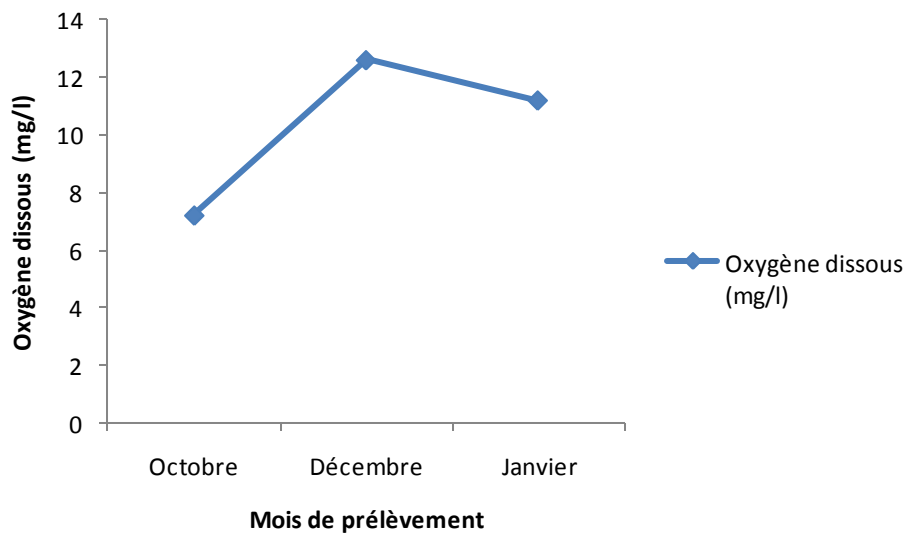


Figure 7 : Variation de l'oxygène dissous en fonction des mois de prélèvement.

Nous constatons un taux d'oxygène bas en saison de pluie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments. Des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense. En saison sèche, le débit est bas il y a moins de matières en suspension dans la rivière par conséquent il y a la lumière qui favorise ainsi la photosynthèse. De plus, ces valeurs sont supérieures à la norme Camerounaise de rejet des eaux usées qui se situe entre 5 - 8 mg/L pour une vie aquatique (MDDEFP, 2013).

➤ Evolution de la demande biochimique en oxygène DBO_5

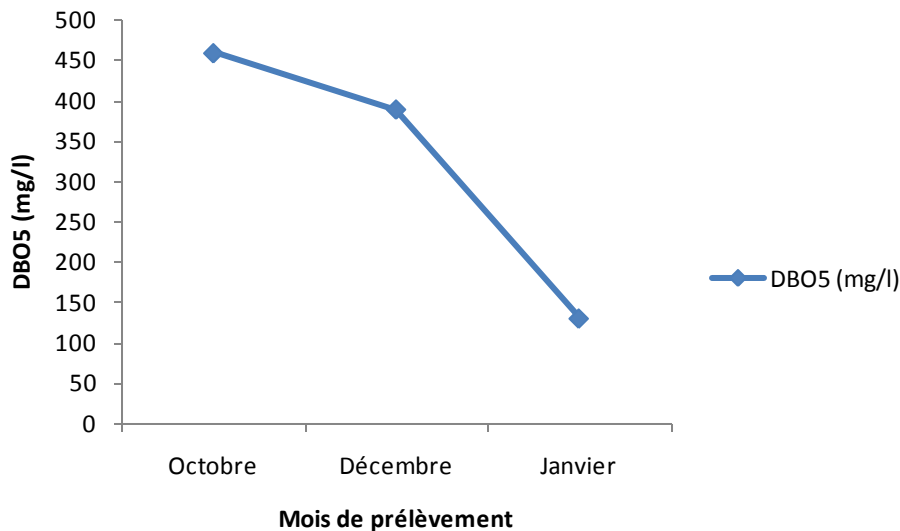


Figure 8 : Variation de la DBO5 en fonction des mois de

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie biochimique des matières organiques présente dans un échantillon. Les valeurs de DBO_5 obtenues au mois d'Octobre sont légèrement inférieure à celle du mois de Décembre qui comparativement à celle du mois de Janvier qui est très basse. En saison sèche il y a rejet des matières organiques dans l'eau et par conséquent, la teneur en oxygène diminue. Ces valeurs sont supérieures à la norme Camerounaise de rejet qui est de (<50). Ceci traduit qu'il existe des bactéries dans l'eau qui détruisent les matières organiques.

✓ Rapport DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ donne une première estimation de la dégradation de la matière organique d'un effluent donnée.

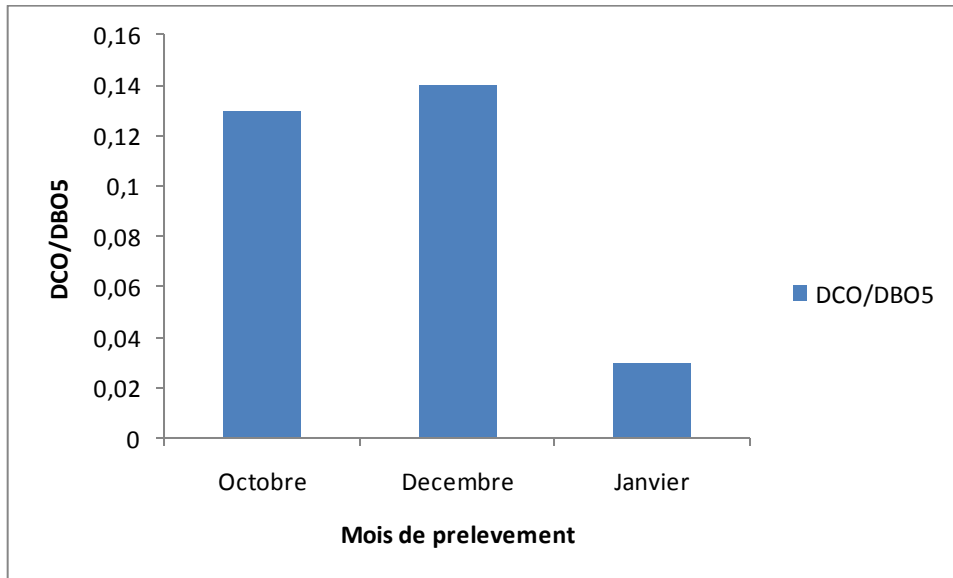


Figure 9:Rapport DCO/DBO5

Le rapport DCO/DBO₅ commence par un minimum de 0,130 puis augmente jusqu'à une valeur de 0,140 et chute à une valeur de 0,038. En saison de pluie la DCO et la DBO augmentent car la rivière est riche en matière organique et les bactéries utilisent l'oxygène dissous contenu dans l'eau pour dégrader la matière organique et par conséquent l'oxygène diminue dans l'eau.



INTÉRÊTS PEDAGOGIQUES

Pour chacun des exercices effectués à la confection du mémoire, les futurs enseignants que nous sommes avons acquis un certain nombre de savoirs, de savoir-faire théoriques, de savoir-faire expérimentaux et même de savoir être d'où l'intérêt pédagogique de ce travail.

L'élaboration de ce travail nous a permis de :

- ❖ Assimiler certaines techniques de laboratoires telles que :les pesées, la filtration simple et sous vide, la préparation des solutions, les méthodes de caractérisation de certains composés qui nous permettrons de mieux expliquer à nos élèves les différents modes de préparation des solutions et mieux appréhender les exercices de type expérimental donnés lors des contrôles en classes et de examens officiels.

- ❖ Connaître un grand nombre de techniques analytiques.

- ❖ Développer un esprit critique, d'analyse, de jugement et de synthèse dans l'exploitation des documents.

- ❖ Mieux connaître le milieu de la recherche et de cerner la démarche relative au début d'un projet de recherche.

- ❖ Mieux maîtriser l'outil informatique qui constituera notre socle majeur lors de la saisie des sujets, des fiches de travaux dirigés.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Les études menées dans ce travail avaient pour but de déterminer l'influence du Centre de Traitement des Déchets de Nkolfoulou sur le niveau de pollution de la rivière Foulou en aval dudit centre. Les résultats obtenus montrent que les eaux prélevées au mois d'octobre sont plus polluées que celles prélevées aux mois de Décembre et Janvier. Ces résultats ont en grande majorité respectés la norme Camerounaise de rejet pH 7,1 ; conductivité électrique 143,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$; STD 63 mg/L ; MES 4,5 mg/L ; alcalinité 1.5 mg/L ; Sauf la DBO_5 et la turbidité à cause des rejets des lixiviats provenant de la décharge et des transports des matières organiques par les eaux de pluie ceci veut dire que l'eau de cette rivière a une forte concentration en matière organique et minérale.

En effet, il serait souhaitable d'informer les populations sur les risques qu'elles courent en utilisant cette eau et leurs suggérer des mesures de traitement ; au Centre de Traitements de déchets d'améliorer leur système de traitement des lixiviats.

Pour améliorer la qualité de ce travail, nous envisageons de:

- ❖ Déterminer les teneurs en anions (NO_3^- , NO_2^- , F^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) et cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , K^+ , Na^+) présents dans l'eau de la rivière Foulou.
- ❖ Faire un balayage des métaux lourds (Cd, Fe, Cr, As, Pd, Mn, Ni, Hg, Cu, Zn) dans les boues des différents bassins et dans les eaux environnantes de la décharge.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abuhngiendo R.M., (2004)** Maîtrise des entrées et sorties d'un centre de stockage d'ordures ménagères : Cas de la décharge de Nkolfofoulou à Yaoundé. Rapport de fin d'étude. Yaoundé : ENSP de Yaoundé,
- Ademe., (2000)** Déchets municipaux. ADEME (Ed), 2ème édition, Paris, p 11.
- Aguilar A., Aran J.C., Haoui D. (1999)** Effects of landfill operations on temperature rise, Proceeding Sardenia, Seventh International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy.
- AFNOR (1996)** EN ISO 9963-1:1995 F Qualité de l'eau: détermination de l'alcalinité
- Amokrane A., Comel C., Veron J. (1997)** Landfill leachates pretreatment by coagulation flocculation, Water Res. 31 2775-2782.
- Amokrane A., Comel C. Veron J. (2009)** Anoxic and aerobic Biological treatment of landfill leachate, Desalination. 248 185-192.
- Amokrane A., Comel C., Veron J., (2001)** Attached-growth biomass for sanitary landfill leachate treatment, Environ. Pollut 111, 273–281.
- Bessala., Ngoma., (2003)** Cameroun collectivités locales et gestion déléguée des déchets : cas de Yaoundé au Cameroun (2 – 6 décembre Yaoundé - Cameroun) à la Société Hygiène et Salubrité du Cameroun (HYSACAM)
- Christensen J.B., Jensen D.L., Christensen T.H.** Effect of dissolved organic carbon on the mobility of cadmium, nickel and zinc in leachate polluted groundwater, Water Res. 30
- Christensen T.H., Kjeldsen P., Bjerg P.L., Jensen D.L., Christensen J.B., Baun A., Colin F. (1984)** Étude des mécanismes de la genèse des lixiviats. Inventaire et examen critique des tests de laboratoire, Nancy- Rapport RH 84-136.
- Christensen T.H., Kjeldsen P., (1989)** Basic biochemical process in landfills, sanitary landfilling: Process, Technology and environmental impact. Academic press, New York, 29- 49.
- Collignon M., (2005)** Jebel Chakir landfill leachate, Workshop on Landfill Leachate: State of the Art and New Opportunities INRST, Borj Cedria, Tunis, Tunisia.

- Djeutcheu B., juillet(2005)** Contribution à l'expertise d'une décharge dans un PED : cas de la Décharge Contrôlée de NKOLFOULOU. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur. ENSP.
- Djombé., (2013)** Incidences de la décharge de Nkolfoulou à Yaoundé sur son écosystème et la santé humaine Conférence internationale Africa 2013 sur l'Ecosanté, Université de Yaoundé I, PP. 12 -13.
- El Kharmourz M., SBAA M., CHAFI A., SAADI S., (2013).** L'étude de l'impact des lixiviats de l'ancienne décharge publique de la ville d'Oujda (Maroc oriental) sur la qualité physicochimique des eaux souterraines et superficielles. ISSN 1112-3680, n°16, pp. 105-119.
- El-Fadel M.,Bou-Zeid E., ChahineW., Alayli B., (2010).**Temporal variation of leachate quality Massoud M. Methane emissions from landfills: a methodology comparative assessment, Environ Technol. 21 (2000) 965-975. Environ. Manage. 91 1209-1217.
- EPA (United States Environmental protection Agency), (2009).** National Secondary Drinking Water Regulations. EPA 816-F-09-004. 6 pages.
- Ferchichi M., (2005).** Solid waste management in Tunisia, Workshop on Landfill Leachate: State of the Art and New Opportunities INRST, BorjCedria, Tunis, Tunisia
- Foo K.Y., Hameed B.H., (2009).** An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process, J. Hazard.Mater. 171 54-60.
- Fouad., (2006)** Contribution à l'élaboration et validation d'un protocole d'audit destiné à comprendre les dysfonctionnements des centres de stockages des déchets dans les pays en développement 2006 thèse de doctorat ISAL 0075 .
- Fraquar G.J., Rovers S.A., (1973).** Gaz production during refuse composition. Water, Air and Soil Pollute from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content 83-95.
- Gálvez A., Giusti L., Zamorano M., Ramos-Ridao A.F., (1996).** Stability and efficiency of Gettinby J.H., Sarsby R.W., Nedwell J., The composition of leachate from landfilled refuse, Proc. Inst. Civ. Eng. Mun. Eng. 115 47–59.
- Gonzalez-Vila F. J., Saiz-Jimenez C. Martin F. (1982)** .Identification of free organic chemicals found in composted municipal refuse, J. Environ. Qual. 11 251– 254.

- Gounaris V., Anderson P.R., Holsen T.M., (1993).** Characteristics and environmental significance of colloids in landfill leachate, Environ. Sci. Technol. 27, 1381–1387.
- Graindorge P. (1997).** Contribution à l'étude du traitement des déchets urbains par fermentation méthanique. Thèse de Doctorat, Université de Sciences et techniques du Languedoc,
- Grandou P., Pastour P.,** Peintures et vernis, Edition Hermann. Paris 710-713.
- Hoilijoki T.H., Kettunen R.H., Rintala J.A., (2000).** Nitrification of anaerobically pretreated municipal landfill leachate at low temperature, Water Res. 34, 1435-1446.
- Institut de Veille Sanitaire, (2004).** Stockage des Déchets et santé publique. Synthèse et recommandation. Rapport rédigé à la demande des ministères respectivement chargés de l'environnement et de la santé Françaises.
- Institut National de Météorologie (2008).** : Pluviométrie annuelle par principales stations de la météorologie.
- Jensen D.L., Ledin A., Christensen T.H., (1999).** Speciation of heavy metals in landfill-leachate polluted groundwater, Water Res. 33, 2642-2650.
- Junestedt C., (2008).** Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compound, Waste. Manage. 28 , 1876-1891.
- K.Saa Duclair, (2009).** Contribution à la dégradation du milieu aqueux des composés organiques polluants par plasma d'arc électrique rampant d'air humide : Application au cas de la 2,4-DINITROPHENYLHYDRAZINE. Mémoire de master Université de Yaoundé 1
- Kehila Y., Aina M., Mezouari F., Matejka G., Mamma D., (2007).** Quelles perspectives pour l'enfouissement technique et le stockage éco-compatible des résidus solides vis-à-vis des impacts sur l'hydrosphère urbaine ?
- Kemkigne J.J., (2008).** Décontamination des eaux usées industrielles par plasma d'air humide : cas du rouge de crésol. Mémoire de DIPES II, Université de Yaoundé I
- Kengne N., Ives M. (2008)** Potentials of sludge drying beds vegetated with *Cyperus papyrus* L. and *Echinochloa pyramidalis* (Lam.) Hitchc. & Chase for faecal sludge treatment in tropical regions, Ph.D THESIS/Doctorat Degree in Plant Biology Speciality: Phytoremediation , University of Yaoundé 1.

- Kulikowska D., Klimiuk E., (2008).** The effect of landfill age on municipal leachate composition, *Bioresource. Technol.* 99 , 5981-5985.
- Lagier, (2000).** Étude des macros molécules de lixiviat : Caractérisation et comportement vis-à-vis des métaux. Thèse de Doctorat. Université de Limoges.
- Lambert et collaborateurs, (1995)** Manuel environnemental à l'usage des industries, AFNOR, CNPP P, 145
- Lema J.M., Mendez R., Blazquez R., (1988).** Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review, *Water. Air. Soil. Pollut.* 40, 223-250.
- Leroy J.B.,** La pollution des eaux, 4^e édition, Paris, pp 61-95.
- Mansouri L, (2006).** Caractérisation et dégradation des contaminants organiques dans les lixiviats par photolyse, Laboratoire de traitement et recyclage des eaux usées, Tunisie.
- MDDEF (Ministère du Développement durable, de l'environnement de la Faune et des Parcs) (2013).** Critères de qualité de l'eau de surface, 3^e édition, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement. Pp.173-360.
- (MINEP) Ministère de l'Environnement et la Protection de la Nature, Cameroun Normes environnementales et procédures d'inspection des installations industrielles et commerciales au Cameroun,)** République du Cameroun, (2009), (116 p). (<http://www.minep.gov.cm>).
- MINEPDED (2012).** Étude en vue de l'élaboration des normes d'aménagement et de gestion de décharges contrôlées au profit du ministère de l'environnement, de la protection de la nature et du développement durable ,103-1041
- Ngaleu.Y., (2008)** Application des plasmas d'arc électriques glissant a la décoloration et à la dégradation des colorants : cas du carmin d'indigo. Mémoire de DEA Université de Yaoundé I.
- Njapoum., (2008).** Contribution à l'épuration des eaux polluées par des colorants organiques par plasma froid d'air humide et coagulation : cas du jaune tartrazine, Mémoire de DEA Université de Yaoundé I.
- Rodier. J., (1996)** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^e édition Dunod, Paris, P 30

- Ross W. R., (1990)** Factor influencing the chemical characteristics of landfill leachate, *Water SA*. 16 275-280.
- Sillet A.A., Royer S., Coque Y., Thomas O., (2001).** Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères : genèse, composition et traitement, *Déchets Sciences & Techniques*. 22 ,7-11.
- Souhaila trabelsi, (2012)** Étude de traitement de lixiviats par le procédé d'oxydation avancé photochimiques et électrochimique. Application aux lixiviats de la décharge tunisienne JebelChakir thèse.
- Tartat M.H** et collaborateurs, *Chimie des eaux*, 2^e édition
- WHO (1993)** Guidelines for Drinking Water Quality- Second Edition- Volume1 – Recommendations World Health Organization Geneva, Switzerland 150 p.
- WHO (World Health Organization) (2002)** Guideline for drinking water quality health criteria and other supporting information. World Health Organization Geneva, pp 940-949.
- Woese C.R., (1987).** Bacterial evolution, *Microbiol. Rev.* 51, 221-271.
- Yahmed., SaidiN.,Trabelsi I., Murano F., Dhaifallah T., Bousselmi L., Ghrabi A., Bae B.U., Jung E.S., Kim W.R., ShinH.S. (1999).** Treatment of landfill leachate using activated sludge process and electron-beam radiation, *Water Res.* 33, 2669-2673.
- Younsi abdelkader et al., (2005),** au Kenya autour de la décharge de Dandora (PNUE), au Nicaragua ...
- Youbi.Y.G.,(2008)** propriétés relatives en post décharges temporelle des décharges électriques glissantes dans l'air humide : Application a la dégradation de colorant azoïque et a la décontamination microbienne. Thèse de doctorat Université de Rouen.

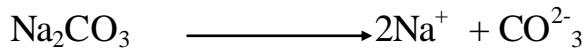


ANNEXES

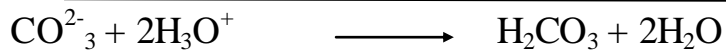
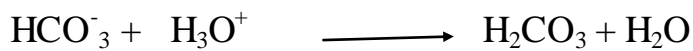
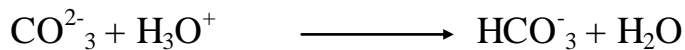
Méthode de calcul de l'alcalinité

1- Première étape : Etalonnage de la solution de HCL

La solution étalon est une solution de Carbonate de sodium , $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ a



Les CO_3^{2-} vont réagir avec la solution de HCL

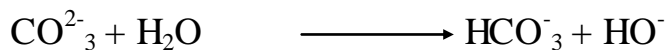


$$n_e = \text{CO}_3^{2-} n_A = 2\text{H}_3\text{O}^+$$

$$n_e = C_e V_e$$

$$n_A = C_A (V_A - V'_A)$$

ou V'_A est le volume utilisé pour doser les ions HO^- provenant de la dissolution dans l'eau du carbonate de sodium



Et V_A est le volume d'acide versé à l'équivalence

$$C_e V_e = \frac{C_A (V_A - V'_A)}{2} \quad C_A = \frac{2(C_e V_e)}{V_A - V'_A}$$

$$\text{Or } C_e = \frac{ne}{Vt} = \frac{me}{MVt} = \frac{2,65 \text{ g}}{106 \cdot 1l}$$

$$C_A = \frac{2(me V_e)}{MVt (V_A - V'_A)} \quad \text{or } Vt = 1l$$

$$\text{Or } M = M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 106 \text{ g/mol}$$

$$m = 2.65 \text{ g}$$

$$C_A = \frac{2(me V_e)}{106 (V_A - V'_A)} = C_A = \frac{(me V_e)}{53 (V_A - V'_A)}$$

Nous avons prélevé 25ml de carbonate de sodium qu'on verse dans une burette

-on y ajoute 75ml d'eau distillée et 2 gouttes de vert de bromocrésol rouge de méthyle la solution vire au bleue

- on fait un dosage avec de l'acide chlorhydrique à l'aide d'un agitateur magnétique et d'un barreau aimantée on obtient un couleur incolore et on note le volume équivalent $V_A = 13,9$ ml

2eme étape : Titrage à blanc

On prélève 100 ml d'eau distillée qu'on verse dans une burette on y ajoute 2 gouttes de vert de bromocrésol rouge de méthyle la solution devient bleue on procède au dosage à l'aide de l'acide chlorhydrique, elle vire au bleue verdâtre et note le volume de HCL $V'_A = 0,1$ ml

$$AN: C_A = \frac{(2.65 \cdot 25)}{53 (13,9 - 0,1)} = 0,0985 \text{ mol/l}$$

$$C_A = 0,0985 \text{ mol/l d'HCL}$$

3eme étape : Traitement de l'échantillon

On prélève 100ml de l'échantillon qu'on verse dans une burette on y ajoute 1 goutte (0,1 ml) d'une solution de thiosulfate de sodium + 6 gouttes de phénolphtaléine la solution reste incolore ceci veut dire que l'alcalinité composite est titrable a pH=8,3 est nul

Puis on y ajoute 4 gouttes de vert de bromocrésol rouge de méthyle a la solution obtenue dans l'erenmeyer la solution vire au bleue puis on procède au dosage avec l'acide chlorhydrique jusqu'au changement de la couleur bleue au gris et on note le volume $V_{HCL} = 1.7$ ml

Calcul de l'alcalinité

$$A_T = \frac{C(HCl) \times V_{HCl} \times 1000}{V_a} = \frac{0,098 \times 1.7 \times 1000}{100} = 1,666 \text{ mlo/l}$$

$A_T = 1,666 \text{ mlo/l}$



Figure 10 : Appareil de mesure utilisé.



Figure 11 : Décharge d'ordures aux alentours de Nkolfoulou.



Figure 12 : rivière dérivant du Foulou.

