

**MINISTERE
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION**

SECRETARIAT GENERAL

**DIRECTION GENERALE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**DIRECTION DES INSTITUTIONS PRIVEES
D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**INSTITUT DE GESTION DES RISQUES
INDUSTRIELS ET DU DEVELOPPEMENT
DURABLE (INGRIDD)**



BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE
**POUR L'OBTENTION DU MASTER EN GESTION DES ASPECTS
ENVIRONNEMENTAUX OPTION QUALITE HYGIENE SANTE SECURITE
ENVIRONNEMENT (QHSSE)**

THEME :

**IMPACT DU CHARBON DE BOIS SUR LA
QUALITE DES EAUX USEES DE LA STEP DE
KOSSODO**

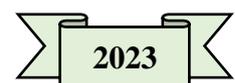
Présenté par : AWLISE Afivi

Membres du jury :

Président du jury : Dr. André KIEMA

Directeur de mémoire : Dr. Aboubakar SAKO

Rapporteur : M. Edmond ZONGO



SOMMAIRE

DEDICACE.....	II
REMERCIEMENTS.....	III
RESUME	IV
ABSTRACT	V
SIGLES ET ABREVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTES DES FIGURES	VIII
LISTE DES PHOTOS.....	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE D’ETUDE	3
CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODE.....	11
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	25
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE.....	41
ANNEXES	X
TABLE DES MATIERES	XVI

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

- Dieu tout puissant, source et origine de toute miséricorde, qui nous a donné les ressources nécessaires pour ce parcours
- Ma famille pour leur soutien et leur encouragement durant ces années de formation.
- Tous ceux qui m'ont soutenu, encouragé, conseillé tout au long de cette formation

REMERCIEMENTS

Arrivé au terme de la rédaction de ce mémoire, il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma gratitude et mes remerciements à tous ceux qui, pour leurs enseignements, leurs soutiens et leurs conseils, m'ont aidé à sa réalisation. Nos remerciements à l'endroit de :

- Notre Directeur de mémoire Docteur Aboubacar SAKO pour son encadrement et ses précieux conseils.
- Mon maître de stage Docteur Augustin NEYA Ingénieur en agroforesterie à l'ONEA pour avoir entrepris toutes les démarches qui ont conduits à nous faire accepter dans ladite direction de notre stage
- Mr le Directeur Général de l'Institut de Gestion des Risques Industriels et du Développement Durable (INGRIDD) pour avoir mis à notre disposition une formation de qualité
- Mr François KABORE Directeur General de l'ONEA pour m'avoir accepté au sein de sa structure
- Mr Olivier YAMEOGO chef de Département Qualité Eau de la Direction de l'Exploitation Eau Potable
- Mr. Robert BOUDA pour son encadrement et sa disponibilité.
- Tout le personnel du Laboratoire de Surveillance Environnemental et Social (LSEO)
- Tous les camarades et amis

RESUME

La Station d'épuration (STEP) de Kossodo a été créée pour apporter une solution à la problématique de la gestion des eaux usées domestiques et industrielles et offrir aussi une possibilité de réutilisation des effluents épurés dans le maraichage. L'atteinte de ces objectifs est conditionnée par son état de fonctionnement. Notre étude effectuée au laboratoire central de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (LCO) sur cinq (5) mois d'août 2020 en janvier 2021 a porté sur l'impact du charbon de bois sur la qualité des eaux de la STEP de Kossodo. Pour la réalisation de cette étude, des échantillons ont été analysés suivant une fréquence hebdomadaire durant cinq (05) mois à l'abattoir, la Brakina, l'entrée de la STEP et à la sortie des bassins précisément le bassin de maturation (Mat 3). Sur ces échantillons les indicateurs de pollutions physico-chimiques tels que : MES, pH, la température, la conductivité, l'ortho-phosphate, l'oxygène dissous, les indicateurs de pollutions organiques, tels que : DBO₅, DCO, et les indicateurs de pollutions bactérienne tels que : les coliformes fécaux et streptocoques fécaux, les parasites ont été évalués. Ces résultats révèlent une insuffisance par rapport à la prévision. Les résultats prévisionnels non atteints ont entraîné la non-conformité de la qualité des eaux usées par rapport aux normes de rejet (normes 2015). Les résultats des analyses effectuées avant l'introduction du charbon de bois ont donné une moyenne en DCO de 740,22 mg/l (eau brute) et 111,21 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 20,65%. Quant à la DBO₅, les valeurs moyennes sont respectivement de 490,54 mg/l (eau brute) et de 212,21 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 74,35% avec au total 16 échantillons. Après l'introduction du charbon de bois, les résultats de la DCO sont passés de 556,12 mg/l (eau brute) à 263,5 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 52,61% et ceux de la DBO₅ de 689,76 mg/l (eau brute) à 209,25 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 69,70% avec au total 8 échantillons. Les rapports DCO/DBO₅ avant et après le charbon de bois sont respectivement de 0,56 et 2,83 (eau brute) et de 2,77 et 2,65 (eau traitée) et le taux de saturation en oxygène dissous est passé de 17% à 41% à ce niveau. L'abattement des coliformes thermotolérants est respectivement de 0,16 ulog et 0,24 ulog avant et après l'introduction du charbon de bois. Concernant les œufs de parasites intestinaux, les valeurs moyennes sont respectivement de 51 œufs/l (eau brute) avant le charbon de bois et de 53 œuf/l (eau traitée), soit -4% d'abattement. Concernant les œufs d'helminthes, les moyennes respectives sont de 44 œufs/l (eau brute) et de 16 œufs/l (eau traitée) après le charbon de bois, soit 70% d'abattement. Au vu de cela le charbon de bois se révèle efficace en contribuant à l'amélioration de la qualité des eaux usées épurées.

Mots clés : charbon de bois, coliformes thermotolérants, DBO₅, DCO, eaux usées, Kossodo

ABSTRACT

The Kossodo wastewater treatment plant (STEP) was created to provide a solution to the problem of managing domestic and industrial wastewater and also offer the possibility of reusing purified effluent in market gardening. The achievement of these objectives is conditioned by its operating state. Our study carried out at the central laboratory of the National Water and Sanitation Office (LCO) over five (5) months from August 2020 to January 2021 focused on the impact of charcoal on the quality of waters from the Kossodo WWTP. To carry out this study, samples were analyzed on a weekly basis for five (05) months at the slaughterhouse, Brakina, the entrance to the WWTP and at the outlet of the basins, precisely the maturation basin (Mat 3). On these samples, indicators of physicochemical pollution such as: MES, pH, temperature, conductivity, ortho-phosphate, dissolved oxygen, indicators of organic pollution, such as: BOD5, COD, and indicators bacterial pollution such as: fecal coliforms and fecal streptococci, parasites were evaluated. These results reveal an insufficiency compared to the prediction. The unachieved forecast results resulted in the non-compliance of wastewater quality with discharge standards (2015 standards). The results of analyzes carried out before the introduction of charcoal gave an average COD of 740.22 mg/l (raw water) and 111.21 mg/l (treated water), i.e. a reduction of 20.65% . As for BOD5, the average values are respectively 490.54 mg/l (raw water) and 212.21 mg/l (treated water), i.e. a reduction of 74.35% with a total of 16 samples. After the introduction of charcoal, the COD results went from 556.12 mg/l (raw water) to 263.5 mg/l (treated water), i.e. a reduction of 52.61% and those of the BOD5 from 689.76 mg/l (raw water) to 209.25 mg/l (treated water), i.e. a reduction of 69.70% with a total of 8 samples. The COD/BOD5 ratios before and after charcoal are respectively 0.56 and 2.83 (raw water) and 2.77 and 2.65 (treated water) and the dissolved oxygen saturation rate increased from 17% to 41% at this level. The reduction of thermotolerant coliforms is respectively 0.16 ulog and 0.24 ulog before and after the introduction of charcoal. Regarding intestinal parasite eggs, the average values are respectively 51 eggs/l (raw water) before charcoal and 53 eggs/l (treated water), i.e. -4% reduction. Concerning helminth eggs, the respective averages are 44 eggs/l (raw water) and 16 eggs/l (treated water) after charcoal, i.e. 70% reduction. In view of this, charcoal proves effective in contributing to improving the quality of treated wastewater.

Keywords: charcoal, thermotolerant coliforms, BOD5, COD, wastewater, Kossodo.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR	: Association Française de Normalisation
CF	: Coliformes Fécaux
UFC	: Unité Formant Colonies
CTT	: Coliformes Thermotolérants
DCO	: Demande Chimique en Oxygène
DBO5	: Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours
E. Coli	: Escherichia Coli
EK	: Entrée Kossodo
EPIC	: Etablissement Public de l'Etat à Caractère Industriel et Commercial
ISO	: Organisation International de Normalisation
LCO	: Laboratoire Central de l'Office National de l'Eau et l'Assainissement
LSEO	: Laboratoire de Surveillance Environnemental et Social
M3	: Bassin de Maturation numéro
MES	: Matières En Suspension
ONEA	: Office National de l'Eau et de l'Assainissement
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
pH	: Potentiel Hydrogène
PSAO	: Plan Stratégique d'Assainissement de la Ville de Ouagadougou
SIG	: Système d'Information Géographique
SNE	: Société National de l'Eau
STEP	: Station d'Epuration
T°	: Température
UV	: Ultra-Violet

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèses, appareils et méthodes utilisées (AWLISE,2020).....	24
Tableau 2: Echantillons brute sans le charbon de bois (AWLISE,2020)	26
Tableau 3: Echantillons traité avec le charbon de bois (AWLISE,2020).....	27
Tableau 4: Rapport entre DBO ₅ et DCO sans et avec le charbon de bois (AWLISE,2020)	33
Tableau 5: Tableau des rendements et des abattements des coliformes thermotolérants.....	35
Tableau 6 : Dimensions des bassins de la STEP.....	XIII
Tableau 7 : Tableau des normes de l’OMS.....	XV

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : variation du pH sans le charbon de bois	28
Figure 2 : variation du pH avec le charbon de bois.....	28
Figure 3 : Variation de la température sans le charbon de bois	29
Figure 4 : Variation de la température avec le charbon de bois.....	29
Figure 5 : Variation de la conductivité sans le charbon de bois	30
Figure 6 : Variation de la conductivité avec le charbon de bois	30
Figure 7 : Variation de l'oxygène dissous sans le charbon de bois.....	31
Figure 8 : Variation de la DCO sans le charbon de bois	32
Figure 9 : Variation de la DCO avec le charbon de bois.....	32
Figure 10 : Variation de la DBO ₅ sans le charbon de bois	33
Figure 11 : Variation de la DBO avec le charbon de bois	33
Figure 12 : Variation de MES sans le charbon de bois	34
Figure 13 : Variation de MES avec le charbon de bois.....	34
Figure 14 : Variation de l'orthophosphate sans le charbon de bois	34
Figure 15 : Variation de l'orthophosphate avec le charbon de bois.....	34

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: carte géographique de la STEP de Kossodo	6
Photo 2: Prélèvement.....	12
Photo 3: pH-mètre	13
Photo 4 : Conductimètre	14
Photo 5: Oxymètre.....	15
Photo 6 : Filtration.....	17
Photo 7 : Primo Star	17
Photo 8: Etuve de séchage	18
Photo 9: Pompe à vide	18
Photo 10 : Minéralisateur.....	20
Photo 11: Spectromètre.....	20
Photo 12: Armoire thermostatique	21
Photo 13: DR 3800	23
Photo 14: Bassin de maturation N°3 (M3).....	24
Photo 15 : Entrée Kossodo (EK).....	24

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, situé dans la région Soudano-Sahélienne à l'instar des autres pays de la sous-région, depuis quelques décennies a amorcé une nouvelle dynamique de développement durable. Cela consiste à prendre en compte les questions sociales, économiques et environnementales pour le bénéfice de générations actuelles et futures. L'analyse de l'état environnementale permet de mettre en relief des problèmes majeurs essentiellement liés à la gestion des eaux usées domestiques, industrielles et pluviales (typologies des eaux usées). Les eaux usées encore appelé effluent liquide, sont des eaux polluées, constituées de toutes les eaux de la nature à contaminer, par des polluants physique, chimiques ou biologiques, des milieux dans la quels elles sont déversé. Cette problématique déjà soulevée par la Direction Générale de l'Assainissement des Eaux Usées et excréta dans son rapport 2013 a conduit à la mise en œuvre du Plan Stratégique de l'Assainissement de la ville de Ouagadougou (PSAO) qui aboutira plus tard à la réalisation du réseau d'égouts et de la Station d'Épuration (STEP) de Kossodo. Ainsi, la station devra contribuer à l'amélioration de la santé publique, la préservation de l'environnement et offrir une possibilité de réutilisation des eaux dans le maraichage. Ayant pour objectif général d'améliorer la qualité des eaux usées de la STEP de Kossodo, plusieurs études ont été menées. Pour répondre à ces interrogations, nous nous sommes proposé de mener une étude sur le thème « impact du charbon de bois sur la qualité des eaux usées de la STEP de Kossodo ».

Le charbon de bois est un combustible solide noir d'origine végétale et contenant une grande quantité de carbone, il est obtenu en carbonisant du bois en atmosphère contrôlée par pyrolyse. Le processus de la production du charbon de bois commence bien évidemment avec la collecte du bois qui est alors haché en pièces. Puis on construit un four de carbonisation en terre, en brique ou en tonneaux en acier. Alors on y empile les bois coupés et on allume le four pour commencer le processus de la carbonisation, le four étant bien fermé avec quelque trou pour permettre l'évacuation de la vapeur et la fumée produite. Le charbon de bois peut être produit de telle manière qu'à partir de n'importe quelle matière organique comme le bois, la paille, les noix de coco, les sons ou des os,(FOLEY 1986). Le charbon concassé fera l'objet de notre étude. Les principales missions assignées consistent à prélever les eaux usées à l'entrée de l'abattoir, la Brakina, Kossodo et sortie du bassin de maturation. Et après l'expérimentation du charbon de bois.

Les hypothèses émises suite à l'objectif général sont :

- les eaux usées rejetées après traitement à la station d'épuration de Kossodo ne sont pas conformes aux textes en vigueur ;
- l'usage du charbon de bois améliorera la qualité des effluents déversés dans le milieu naturel.

Les résultats attendus à l'issue de cette étude sont :

- les paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux de la STEP sont connus ;
- les faiblesses du système de lagunage de la station d'épuration sont mises en exergue ;
- la conformité ou la non-conformité aux normes des eaux rejetées est déterminée ;
- une stratégie d'amélioration et de gestion du traitement des eaux usées rejetées est proposée.

Le présent rapport s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre porte sur les généralités de l'étude, le deuxième présente les matériel et méthodes utilisés pour cette étude et la troisième traite des résultats et leurs interprétations.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE D'ETUDE

I. Présentation de la structure d'accueil

I.1. Historique de l'ONEA

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) a été créé par décret n°85/387/CNR/PRES/EAU du 28 Juillet 1985 sous la forme d'un Etablissement public de l'Etat à Caractère Industriel et Commercial (EPIC). Il sera transformé en société d'Etat le 02 novembre 1994. La Société Nationale des Eaux (SNE), créé le 1^{er} janvier 1970, gérait sept centres (Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Koudougou, Ouahigouya, Kaya, Dori et Banfora). La SNE comprenait quatre services qui sont : l'exploitation de Ouagadougou, les exploitations externes N°1 (Bobo et Banfora), les exploitations externes N°2 (Koudougou, Ouahigouya, Kaya et Dori) et la comptabilité. Le 10 octobre 1984, le ministère de l'eau est réorganisé et les activités de l'ONEA sont étendues à l'assainissement. Cela se justifiait par les problèmes de pollution et d'assainissement liés à l'accroissement de la consommation d'eau dans les villes et au manque d'infrastructures adéquates. L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA), est une Société d'Etat au capital de 3.080 milliards de Francs CFA entièrement détenu par l'Etat.

I.2. Missions de l'ONEA

Le laboratoire central de l'ONEA est certifié ISO 9001 versions 2008. Il est doté d'un personnel formé aux techniques d'analyses de la qualité de l'eau. C'est l'un des maillons forts de l'ONEA.

L'ONEA a pour mission d'assurer d'une part la création, la protection et la gestion des installations de captage, d'adduction, de traitement et de distribution d'eau potable pour les besoins urbains et industriels et d'autre part la création, la promotion de la création, l'amélioration ainsi que la gestion des ouvrages d'assainissement collectifs, individuels ou autonomes pour l'évacuation des eaux usées et excréta en milieu urbain et semi urbain.

I.3. Organisation d l'ONEA

L'ONEA est administré par un conseil d'administration et dirigé par une Direction Générale qui regroupe les Directions Centrales suivantes :

- la Direction Financière,
- la Direction Clientèle,
- la Direction de l'Assainissement.

- la Direction de la Planification et des Investissements,
- Direction des Ressources Humaines,
- la Direction de la Maîtrise d’Ouvrage de Ziga , la Direction de l’Exploitation.

A la Direction de l’Exploitation sont rattachées 04 Directions Régionales à savoir :

- la Direction Régionale de Ouagadougou,
- le Direction Régionale de Bobo,
- la Direction Régionale du Nord/Ouest,
- la Direction Régionale du Nord /Est.

Ces deux (02) dernières Directions Régionales ont été mises en place en 2009.

Notons qu’au niveau de chaque Direction Régionale nous retrouvons les services suivants:

- Réseau/Production,
- Finances/Gestion des Ressources Humaines,
- Système d’Information Géographique (SIG)
- Gestion clientèle (rattaché à la DCL)
- Les centres de Regroupement auxquels sont rattachés des Centres.

Ci-joint en annexe l’organigramme de l’ONEA.

- La Direction de l’Exploitation.

A la Direction de l’Exploitation sont rattachées 04 Directions Régionales à savoir :

- La Direction Régionale de Ouagadougou,
- La Direction Régionale de Bobo,
- La Direction Régionale du Nord/Ouest,
- La Direction Régionale du Nord /Est.

Ces deux (02) dernières Directions Régionales ont été mises en place en 2009.

Notons qu’au niveau de chaque Direction Régionale nous retrouvons les services suivants :

- Réseau/Production,
- Finances/Gestion des Ressources Humaines,
- Système d’Information Géographique (SIG)
- Gestion clientèle (rattaché à la DCL)
- Les centres de Regroupement auxquels sont rattachés des Centres.

I.4. Le laboratoire central de l'ONEA

Le laboratoire central de l'ONEA est situé à Paspanga. Il compte cinq laboratoires d'analyse tels que :

- Le laboratoire de chimie générale ;
- Le laboratoire de microbiologie ;
- Le laboratoire de chimie organique ;
- Le laboratoire des métaux lourds ;
- Le laboratoire des eaux usées.

Le rôle du laboratoire central est de contrôler la qualité des eaux potables et des eaux usées partout au Burkina Faso.

Description de la zone d'étude

II. Présentation et fonctionnement de la station de lagunage de Kossodo

II.1. Situation géographique et fonctionnement de la STEP de Kossodo

La station de traitement des eaux usées de la ville de Ouagadougou est située à Kossodo aux abords de la zone industrielle, est en fonctionnement depuis 2004 avec une superficie totale de 10ha et 11ha aménagés pour une irrigation en aval. Kossodo est au Nord de la ville de Ouagadougou commune de Nongremasson plus précisément au secteur 41.

La STEP de Kossodo est régie par le climat soudano- sahélien marqué par une longue période sèche avec un ensoleillement important en durée de 2500 heures par an. Et en intensité variable. Elle a une capacité de traitement estimée à 140000 équivalents habitants pour un volume total d'environ 180000 m³(ONEA). Les effluents provenant des différentes entités telles que la brasserie (BRAKINA) du Burkina Faso, des hôtels (Silmandé et azalai ou hôtel indépendance), de l'hôpital YALGADO OUEDRAOGO ainsi que l'abattoir frigorifique arrivent à la station par un réseau alternant d'un écoulement gravitaire et par des stations de refoulement. La station est composée des ouvrages suivants :

- Trois bassins anaérobies (BA) en parallèles qui sont construits de manière à recevoir une lame d'eau de 4m et permettent une dégradation de la matière organique par vie anaérobie.

- Deux bassins facultatifs (BF) en parallèle, qui permettent une dégradation de la matière par voie aérobie et anaérobie d'une lame d'eau de 1m80.
- Trois bassins de maturation (BM) en série qui dégrade la matière de façons aérobie.
- Des lits de séchage de boue
- Une canalisation de rejet qui draine l'eau vers les sites maraîchers
- Des installations annexes dont le laboratoire, les bâtiments administratifs et les latrines.

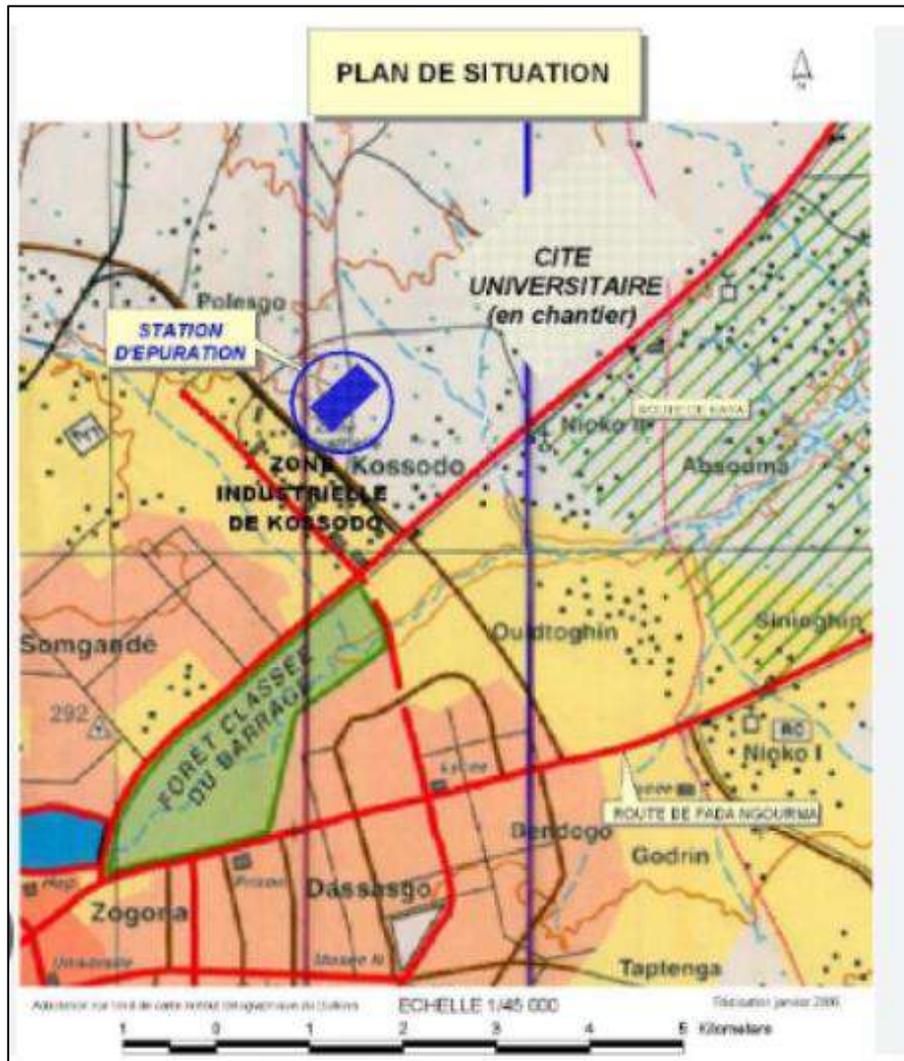


Photo 1: carte géographique de la STEP de Kossodo

III. Synthèse bibliographique

III.1. L'épuration biologique

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Le phénomène d'épuration s'établit dans les milieux

naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérés. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des facteurs biologiques (prédation, antagonisme, compétition, parasitisme...), physique (rayonnement solaire, température, sédimentation ...) et chimique (pH, produits germicides, métaux lourds...). Son principe est de provoquer en présence ou non d'oxygène une prolifération plus ou moins contrôlée de micro-organismes capables de dégrader les matières organiques apportées par l'effluent. C'est à dire le transfert d'une forme non accessible de la pollution (matière colloïdale et dissoute) en une forme manipulable (suspension de micro-organisme).

III.2. Le lagunage naturel

Ce lagunage est d'une profondeur de 1,2 à 1,5 m au maximum et de 0,8 m au minimum afin d'éviter le développement de macrophytes. Il a un temps de séjour d'un mois et ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. On peut obtenir un rendement de 90% dans ce type de procédé. Le dimensionnement de lagunes naturelles est généralement basé pour un climat tempéré, sur une charge journalière de 50 Kg DBO₅ha⁻¹J⁻¹ soit environ de 10 m² par habitant. La teneur en matière en suspension dans l'effluent traité reste élevée c'est-à-dire de 50 à 150mg /l. la DBO₅ en sortie est souvent supérieure à 50 mg /l. Ce procédé est très sensible à la température et est applicable aux régions froides.

III.3. Le lagunage aéré

Ce système est très sensible aux variations climatiques et le taux d'élimination de l'azote et du phosphore reste limité à l'assimilation bactérienne de l'ordre de 25 à 30%. Dans ce système, l'oxygène est apporté mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Les volumes nécessaires sont réduits et on peut accroître la profondeur de la lagune. la concentration en bactéries dans le bassin aéré est plus importante qu'en lagunage naturel. Le niveau de la qualité de l'effluent est bon au niveau de la charge organique avec plus de 80 % d'abattement avec un temps de séjour de l'ordre d'une semaine et d'une profondeur de 1 à 4 m.

III.4. Le lagunage à macrophyte

Le lagunage est une technique naturelle permettant l'épuration des eaux usées pour son recyclage et de multiples valorisations de la biomasse. Ce procédé utilise des végétaux supérieurs, flottants ou fixés. Ces végétaux sont encore appelés macrophytes. Ils servent de supports à d'autres microorganismes intervenant dans l'épuration. Les performances

intrinsèques des bassins à macrophytes en Afrique sont très peu étudiées et la laitue d'eau demeure la plante la plus utilisée dans les bassins d'épuration (Charbonnel et Simo, 1986 ; Koné ,2002). Le bassin à macrophyte est effectué dans des bassins en séries où les plantes cultivées couvrent les bassins et maintiennent les conditions anaérobies de la dégradation de la matière organique.

III.5. Le lagunage à microphyte

Au sein des bassins de lagunage à microphyte encore appelés bassins naturels, l'épuration est assurée par un temps de séjour prolongé dans plusieurs bassins étanches disposés en série. La photosynthèse est l'un des mécanismes sur lequel repose le lagunage à microphytes. Elle permet le développement d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries anaérobies. Ces bactéries permettent à leur tour la dégradation des matières organiques. En plus de cela, ces bactéries ainsi que les sels minéraux produisent du gaz carbonique qui permet aux algues de se multiplier. Il y'a ainsi une prolifération des deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques appelé encore microphytes.

III.6. Le bassin anaérobie

Les bassins anaérobies sont habituellement le premier type de bassin rencontré dans un système de lagunage naturel avec une profondeur de 2 à 5 m. Ces bassins reçoivent les eaux brutes et explique l'absence d'oxygène dissout. Les bassins anaérobies fonctionnent un peu comme les fosses septiques à ciel ouvert et est utilisé comme première opération de traitement pour les eaux fortement chargées. Ils permettent une réduction de près de 60% de la DBO₅ à 20°C. Cette réduction de la DBO₅ est assurée principalement par les bactéries acidogènes et méthanogènes qui favorisent la sédimentation des matières décantables et leur digestion anaérobie par la couche de boue qui en résulte.

L'inconvénient majeur des bassins anaérobies est le dégagement d'une odeur désagréable et cette odeur est due à la réduction bactérienne des sulfates en sulfure d'hydrogène. De nos jours, il a été démontré que si ce type de bassin était bien dimensionner en termes de charge organique et si la concentration en sulfate est inférieure à 500 mg/l, les problèmes d'odeurs disparaissent (mémoire de fin d'étude de master d'ingénierie réalisé et présenté par Cheick Abdoul SALEMBERE)

III.7. Le bassin facultatif

Les bassins facultatifs ont une profondeur de 1,5 m à 2 m généralement. Ils ont une charge organique plus faible que celle des bassins anaérobies. Ces bassins sont souvent de couleur vert foncé à cause de la présence abondante d'algues et sont divisés verticalement en trois zones :

- Une zone aérobie dans laquelle les algues microscopiques se développent et produisent de l'oxygène nécessaire aux bactéries grâce aux sels nutritifs, au soleil et au gaz carbonique pour dégrader les matières organiques ;
- Une zone anaérobie facultative où les bactéries anaérobies facultatives dégradent également les matières organiques ;
- Une zone anaérobie où les matières organiques sont minéralisées en méthane et en hydrogène.
- Un bassin facultatif est donc un réacteur algue-bactérien dans lequel une sorte de symbiose existe pendant la journée entre les algues et les bactéries aérobies et l'oxygène nécessaire à l'oxydation bactérienne aérobie vient d'une part des algues photosynthétiques et d'autre part de l'air au travers de la réoxygénation naturelle de la surface du bassin.

III.8. Le bassin de maturation

Les bassins de maturation reçoivent un effluent très peu chargé provenant des bassins facultatifs voire un bassin de maturation. Les bassins de maturation encore appelés bassins de polissage ou de finition lorsqu'ils sont utilisés en guise de traitement tertiaire. La taille et le nombre de bassins de maturation dépend des normes de rejet ou de la qualité microbiologique souhaitée. Les bassins de maturation ont une profondeur faible de 1 à 1,5 m car cela contribue afin au maintien de bassin en condition d'aérobiose et permet aux rayons de soleil de pénétrer jusqu'au fond des bassins. Le rôle principal de ces bassins est d'affiner l'épuration en éliminant en grande partie la pollution bactérienne notamment les pathogènes à partir de la sédimentation et les rayons solaires d'intérêt sanitaire mais cela n'exclut pas l'élimination de la DBO₅ dans ces bassins. Ainsi, nous avons :

- Les spores, les kystes et les œufs de pathogènes sont éliminés par sédimentation et se retrouvent emprisonnés dans les boues.
- Les bactéries et autres microorganismes pathogènes sont très sensibles aux rayons ultraviolets (UV) provenant du soleil. En plus de fournir ces UV, le soleil accentue la

photosynthèse algale, ce qui a pour effet de consommer rapidement le dioxyde de carbone et d'augmenter le pH du bassin. Les rayons UV combinés à un pH élevé sont donc responsables de l'élimination des pathogènes.

Données techniques de la station d'épuration de Kossodo

Composition du bassin :

- 08 bassins de lagunage :
- 1^{er} étage : 03 bassins anaérobies en parallèles
- 2^e étage : 02 bassins facultatifs en parallèles
- 3^e étage : 03 bassins de maturations en série ;
- 28 lits de 95 m² chacun soit 2660 m²
- 01 laboratoires ;
- 02 bâtiments administratifs ;
- Et des latrines

Dimensions

- 13 hectares de superficies nette
- Volume total : 180 000 m³

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODE

I. Collectes des échantillons

Les travaux menés pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre de ces études nécessitent d'élaborer une méthodologie d'approche simple car le temps imparti est très limité. Par contre les actions doivent être de façon rigoureuse vue l'importance que requiert l'étude.

I.1. Généralités sur l'échantillonnage

I.1.1. Définitions

Toutes les définitions sont tirées du recueil de normes françaises relatives à la « qualité de l'eau » publié par AFNOR en 1997.

- **Echantillonnage** : c'est l'action qui consiste à prélever une partie considérée comme représentative d'une masse d'eau en vue de l'examen de diverses caractéristiques définies.
- **Echantillon** : c'est la partie idéalement représentative prélevé dans une masse d'eau définie, de façon intermittente ou continue afin d'en examiner diverses caractéristiques définies.
- **Echantillonneur** : c'est l'appareil utilisé pour prélever un échantillon d'eau, de façon intermittente ou continue, en vue d'en examiner diverses caractéristiques définies.

I.1.2. Les type d'échantillonnage

Il existe plusieurs types d'échantillonnage :

- Echantillon ponctuel
- Echantillon prélevé de façon discontinu
- Echantillon prélevé sur un intervalle de temps fixe
- Echantillon prélevé a volume écoulé fixe
- Echantillon composite
- Echantillon de grand volume

Dans le cas de notre étude l'échantillonnage ponctuel retient notre attention.

L'échantillonnage ponctuel a été adopté et pratiqué de façon hebdomadaire (chaque Jeudi) durant cinq (05) mois d'Août 2020 à Janvier 2021 à l'abattoir, Brakina, à l'entrée et à la sortie de la STEP (Kossodo), ce qui correspond à quatre (04) points d'échantillonnage. La mesure

des paramètres physico-chimiques et microbiologiques permet d'évaluer les performances épuratoires des eaux de la STEP et de faire une comparaison des résultats de la qualité des eaux rejetées avant et après la mise du charbon de bois.

I.1.3. Technique d'échantillonnage

Pour le prélèvement, des bouteilles en plastiques ont été utilisées dont chacune un litre pour le prélèvement des échantillons. Les échantillons sont prélevés à l'aide d'une canne. Les bouteilles sont rincées avec l'effluent avant chaque remplissage pour éviter d'éventuelle contamination.

I.1.4. Transport et stockage des échantillons

Les récipients contenant les échantillons sont être protégés et bouchés de manières qu'ils ne se détériorent pas et qu'ils ne perdent aucune partie de leur contenu durant le transport. Il convient que l'emballage protège les récipients des contaminations extérieurs possibles, notamment au voisinage de l'ouverture et ne soit pas lui-même une source de contamination. Les échantillons doivent être préservés après collection (Alpha 1985.). Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques, microbiologiques sont stockés dans une glacière. Une fois arrivé au laboratoire, les échantillons sont immédiatement rangés au réfrigérateur (4°C) jusqu'au moment de leur analyse.



Photo 2: Prélèvement

II. Quelques paramètres essentielles de la qualité des eaux usées

II.1. Paramètres physico-chimiques

En ce qui concerne les paramètres physico chimique, à savoir le pH, la température, l'oxygène dissous, la conductivité, il est à noter que les différents eaux de la STEP, de Kossodo sont l'ensemble des eaux provenant de l'abattoir de l'hôpital yagaldo, la Brakina .ces différents points d'évacuations des eaux s'accumule à l'entrée de l'entrée de Kossodo, passe dans les bassins de anaérobies, ensuite dans le bassins facultatifs puis dans les bassins de maturations et sort pour être réutilisé pour d'autre fins.

➤ pH

Le pH est l'un des paramètres de la qualité de l'eau. Il mesure la concentration des ions hydrogènes H_3O^+ de l'eau et traduit la balance entre acide et base sur une échelle de 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimiques et dépend des facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le pH est mesuré après le prélèvement au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre de marque WTW équipé d'une électrode combinée SenTix 41 avec compensation automatique de température. Le pH est mesuré à partir d'une électrode de verre et d'une électrode de référence et la lecture est directe. Le principe est mentionné dans la norme française NF T 90-008, la présente méthode est conforme à la norme française NF T 90-008. Illustration a la photo 2.



Photo 3: pH-mètre

➤ **La température**

La température influence sur la cinétique des réactions. L'activité biologique du milieu est autant plus élevée que la température augmente. Une température trop élevée conduit à l'épuisement de l'oxygène dissous par abaissement de la valeur de saturation tout en modifiant l'équilibre biologique du système. Pour la bonne maintenance de l'activité épuratoire, les limites inférieure et supérieure sont respectivement 10 ° à 30° (GUERRIN 1981).

➤ **La conductivité**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (exemple : Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺), en anions SO₄²⁻, Cl⁻. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est exprimée en microsiemens par centimètre (µS/cm). L'instrument de mesure de la conductivité est le conductimètre CDM 83 de marque Radiomètre. Il est équipé d'une cellule de mesure de type à immersion CDC 304, comportant une électrode. La valeur de la conductivité est lue directement sur l'écran de l'appareil et est donnée en micro-siemens par centimètre. Le principe est mentionné dans la norme française NF EN 27888 – ISO 7888 (NF T 90-0310), et la présente méthode est conforme à la norme française NF EN 27888 (NF T 90-008).



Photo 4 : Conductimètre

➤ **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous était mesuré directement sur le terrain c'est-à-dire mesure in situ à l'aide d'une sonde à oxygène de type cello X325 WTW du multimètre, avec compensation automatique de température. la lecture est directe et est donnée en mg/O₂/L.

L'eau absorbe autant d'oxygène pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la minéralisation de l'eau. La variation de la teneur en oxygène peut être fonction de la présence des végétaux, des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface air- eau.

La concentration en oxygène dissous est un phénomène essentiel dans le maintien de la vie et des phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.



Photo 5: Oxymètre

II.2. Les paramètres microbiologiques et parasitologique

➤ **Les coliformes**

La mesure utilisée pour la recherche des coliformes et les streptocoques à consister à faire un étalement en surface suivie d'une incubation à 36 ° C pendant une période de 24 h pour les

coliformes et 48h pour les streptocoques. Les résultats sont exprimés en nombre unité forma (UFC /100 ml).

Nous avons d'abord préparé les milieux de cultures en utilisant le Chromocult Agar pour les coliformes thermo-tolérants et le M-Enterococcus-Agar pour les streptocoques puis coulé dans les boites de Pétri, qui sont laissées à température ambiante pour le refroidissement et la prise du milieu. Ensuite, nous avons conservé les boites au réfrigérateur, pour être ressorties au moins 30 minutes avant les ensemencements.

Pour l'ensemencement :

- Pour tous les échantillons, nous avons fait des dilutions en cascades allant jusqu'à 10^{-2} , préparer les boites à essaie qui sont étiquetés
- Nous avons inscrit sur toutes les boites a pétri les références nécessaires au revers de la boite (nom de l'échantillon, dilution, volume de prise d'essai, date)
- Procéder à l'ensemencement des boîtes et les mettre immédiatement en incubation à 36° C.
- Pour le dénombrement, il a lieu exactement 24 heures après l'ensemencement pour les coliformes thermotolérants et 48 heures pour les streptocoques. Le dénombrement se fait sur le revers de la boite et les coliformes sont différenciés par leur couleur respective.
- Chaque colonie est supposée provenir d'un seul microorganisme. Le résultat est exprimé par le nombre d'unité génératrice de colonies dans la quantité de référence spécifié d'échantillon selon la formule :

$$N = \frac{\sum N}{(n1 * v1 * d1) + (n2 * v2 * d3) + (ni * vi * di) + \dots} * V_s$$
 avec N le nombre d'unités génératrices de colonies dans le volume de référence V_s ; V_s la quantité de référence choisie pour exprimer la concentration de l'échantillon en micro-organismes ; $\sum N$ la somme de toutes les colonies comptées dans les boites provenant des dilutions $d1, d2, d3, \dots, di$; $v1, v2, vi$ les volumes des prises d'essai des dilutions $d1, d2, d3, \dots, di$.

- Les œufs d'helminthe

Pour la détermination des œufs d'helminthes nous avons procédé comme suit :

- Nous avons nettoyé le matériel de prélèvement et les mains avec l'eau distillée.
- A l'aide d'un bocal de 1 litre, nous avons prélevé à 20 cm, 1 litre de solution de chaque échantillon.

- Cette solution a ensuite été filtrée à l'aide d'un tamis à plancton de 25µm vide de maille, pour retenir les algues.
- Avec la pissette contenant l'eau distillée, nous avons décollé les algues par jet d'eau de la pissette et recueillir la solution dans un flacon contenant 5 ml de formol afin de fixer les algues pour post-analyse. Le remplissage des flacons s'est fait à 40 ml dans des tubes de 50 ml contenant chacun 5 ml de formol.
- Ensuite nous avons utilisé le Primo Star CP-04402 pour dénombrer les œufs que nous capturons à l'ordinateur.



Photo 6 : Filtration



Photo 7 : Primo Star

II.3. Paramètres de pollution carbonée

➤ Matières en suspension

Ce sont les matières solides contenus dans les eaux usées et qui sont séparables par filtration ou par centrifugation. Elles sont exprimées en poids de matières sèches. Les MES comportent des matières organiques minérales. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent. Elles sont exprimées en mg/l de matières organiques. Leur détermination est essentielle pour évaluer la répartition entre la pollution dissoute et la pollution

sédimentable dont le devenir est différent que ce soit dans un système naturel ou dans un système d'épuration.

La mesure de la MES repose sur le principe suivant la méthode de pesée différentielle par filtration. Le dosage des matières en suspension des eaux usées a été réalisé par un séchage à 150°C et pesée conformément à la norme Française NF 90-105-2. (1997).

➤ **Mode opératoire**

- Nous avons d'abord placé des membranes à vide dans une étuve à 105°C pendant 2 heures de temps puis retiré nos membranes et peser la masse à vide
- Nous avons prélevé 10 ml de chaque échantillon pour la filtration sur les membranes à vide à l'aide d'un équipement de filtration sous pression (pompe à vidé). Ces membranes pesées sont replacées à nouveau dans l'étuve pour le séchage pendant deux heures de temps à une température de 105°C. La masse de résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée : c'est la différence entre la masse à vide du filtre et sa masse après le séchage.

Les teneurs en MES sont variables et caractéristiques suivant le type de pollution. Soit Mo, la masse (g) du filtre à vide, M1 la masse (g) du filtre chargé et V le volume en (ml) d'échantillon filtré. La valeur des MES est en (mg/l) est donnée par la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (M1 - M0) \times 1000$$



Photo 8: Etuve de séchage



Photo 9: Pompe à vide

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

La DCO exprime la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour oxyder par voie chimique sans intervention d'êtres vivants, toutes les substances oxydables contenues dans un effluent. Elle est exprimée en ml/l d'oxygène. C'est un critère de pollution organique. La mesure de la DCO est obtenue par oxydation chimique en milieu acide, acide sulfurique H_2SO_4 et le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ sont utilisés comme oxydant. Ce dernier a la possibilité de passer de jaune à l'état oxydé et le vert à l'état réduit. Pour la mesure de la demande chimique en oxygène nous avons procédé comme suit :

- D'abord, nous avons effectué des dilutions des échantillons en prélevant 25 ml des échantillons de la BRAKINA et de l'abattoir et 50 ml des échantillons à l'entrée de la station c'est-à-dire l'eau brute qu'on a complété avec de l'eau distillé dans une fiole de 100 ml jusqu'au trait de jauge ;
- En plus, utiliser une solution contrôle de 1000 mg/L et préparer des solutions contrôles de 100, 200,500, 1000 mg/l ;
- Ensuite, nous avons prélevé 2,5 ml de chaque échantillon dilué, puis celle des solutions contrôles (1000, 100, 200,500) et enfin prélevé directement sans dilution 2,5ml d'eau distillé et les échantillons du dernier bassin de maturation (eau après traitement) qu'on introduit dans des tubes et ajoute de l'acide sulfurique (H_2SO_4) et le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$ qui a la propriété de passer du jaune à l'état oxydé au vert à l'état réduit) comme des oxydants. La réaction durera pendant deux heures dans un appareil appelé thermo-réacteur à 150°C.
- Enfin, après les deux heures les échantillons sont retirés du thermo-réacteur et ensuite laisser refroidir à la température ambiante (celle du laboratoire).le spectrophotomètre de type DR3800 avec une longueur d'onde de 600 nm a permis de faire une lecture directe de l'absorbance des échantillons minéralisés en suivant les prescriptions selon le protocole(appuyer entrée pour lancer l'autotest, appuyer la touche Mode et saisir 51 et appuyer la touche entrée et saisir 600 ensuite mettre le blanc et appuyer la touche Zéro et lire les concentrations des DCO en appuyant la touche Test). La DCO est calculée à partir de la courbe d'étalonnage.



Photo 10 : Minéralisateur



Photo 11: Spectromètre

➤ **Demande biochimique en oxygène (DBO)**

Méthode : la détermination de la DBO₅ est effectuée par la méthode d'OxyTop

Principe

L'échantillon d'eau est introduit dans une enceinte thermostatée et mis sous incubation. La lecture de la masse d'oxygène dissous est faite qui est nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq jours. La mesure est faite à l'aide d'une sonde de pression électronique piezo-résistante.

Mode opératoire

La DBO₅ qui est un facteur qui exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie biologique les matières organiques de l'eau, mesure aussi la consommation d'oxygène par les bactéries d'une masse d'eau conservée dans l'obscurité en tube Emeri fermé, à 20°C pendant 5 jours.

- Nous avons d'abord prélevé 43,5 ml pour les échantillons de la BRAKINA, de l'abattoir et de l'entrée de la station, prélevé 164 ml pour les échantillons du dernier bassin de

maturation et 250 ml d'eau distillé comme contrôle avant de les répartir dans les flacons de DBO contenant des barreaux magnétiques chacun (flacons ombreux).

- On ajoute ensuite 1 ml de la solution d'allyl-2 thio-urée (ATU) et 5 ml d'un échantillon prélevé à la station de pompage n°1 (SP1) dans chaque flacon contenant déjà les échantillons. Ces flacons possèdent des godets en caoutchoucs dans laquelle nous avons placé 2 pastilles de soude.
- Enfin les flacons ont été chacun vissé par une tête d'oxyTop, lancé par la commande d'oxyTop et placés sur l'agitateur dans une armoire thermostatique à 20°C pendant 5 jours.



Photo 12: Armoire thermostatique

Les relations entre DBO_5 et DCO

Le rapport DCO/DOB_5 renseigne la biodégradabilité de la matière organique, la possibilité d'adaptation des populations microbiennes et de traitement de l'eau par voie biologique (lagunage, boue activées, lits bactérien). Il permet de faire une classification sommaire des eaux :

- $DCO/DBO_5=1,5$ (eaux vannes)
- $DCO/DBO_5= 2,5$ (eaux urbaines)
- $DCO/DBO_5 > 2-3$ (eaux industrielles)
- $DCO/DBO_5 > 3-5$ (eaux issues de station d'épuration)

Les eaux résiduaires ayant un rapport DCO/DBO_5 égale à :

- 1,66 sont facilement traitables biologiquement
- 2,5 sont traitables biologiquement
- 5 sont susceptibles de subir un traitement biologique après adaptation
- > 5 sont toxiques et non traitables biologiquement et de ce fait il faut associer les procédés d'oxydation avancés dont la particularité est de générer des radicaux hydroxyles (-OH), de puissants oxydants capables de dégrader la plupart des molécules organiques.

II.4. Pollution phosphorée

Le phosphore est mesuré soit sous la forme de phosphore total (Pt), soit sous la forme de phosphate (P-PO₄³⁻). Le phosphore est fréquemment un facteur limitant pour le développement algal ou un élément déterminant dans l'eutrophisation d'un plan d'eau.

➤ Principe

Le dosage des orthophosphates (o-P) par spectrophotométrie d'absorption moléculaire est fondé sur la formation, en milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, d'un complexe phosphomolybdique qui développe une coloration bleue lorsqu'il est réduit par l'acide ascorbique

➤ Mode opératoire

Pour les pollutions phosphorées nous avons fait les analyses sur l'orthophosphate qui est le phosphore réactif. Nous avons procédé comme suit :

- Nous avons d'abord remplir une cuve carrée de 10 ml de chaque échantillon, transférer le contenu d'une pochette de réactif de phosphate PhosVer 3 dans la cuve et boucher immédiatement et agiter vigoureusement pendant 30 secondes pour l'homogénéiser.
- Nous avons ensuite utilisé l'appareil DR 3800 pour avoir les résultats de l'orthophosphate en renseignant d'abord le blanc.



Photo 13: DR 3800

III. Expérimentation du charbon de bois

Le charbon de bois est un matériau constitué essentiellement de matière carbonée à structure poreuse. Le charbon de bois est un combustible solide noir d'origine végétale et contenant une grande quantité de carbone, il est obtenu en carbonisant du bois en atmosphère contrôlée par pyrolyse. Il est reconnu par ces propriétés absorbantes sur des éléments organiques et minéraux.

Environ la moitié du bois extrait des forêts à l'échelle mondiale sert à produire de l'énergie, surtout pour la cuisson des aliments et le chauffage. Sur la quantité totale de bois utilisée comme combustible dans le monde, une proportion approximative de 17% est transformée en charbon de bois. La production de charbon de bois devrait continuer à augmenter dans les décennies à venir. Le charbon de bois en grande partie informel, constitue une source de revenu pour plus de 40 millions de personnes, mais l'absence de réglementation se traduit à la fois par une exploitation inefficace des ressources et par un manque à gagner de plusieurs milliards de dollars pour le gouvernement. Selon les estimations la production et l'utilisation du bois de feu et du charbon de bois génèrent chaque année 1 à 2,4 gigatonnes (Gt).

Il englobe la collecte ou la coupe de bois à la source qu'il soit issu, par exemple de forêts denses ou claires, de systèmes agroforestières et de parcelles boisées. Le charbon de bois favorise le bien être humain et l'équité social en réduisant les risques environnementaux et les pénuries des ressources. Il est à noter que le charbon de bois est de plus en plus utilisé par les ménages et les petites entreprises qui se servent de la cuisson au four, la transformation du thé....

Dans le cas de notre expérimentation, nous avons installé des disques entourés de filet en mail de 5 mm à l'entrée et dans le bassin de maturation de la STEP. Ensuite nous avons introduit des sacs de charbon dans chaque section. Nous signalons que notre expérience concerne seulement l'entrée et le bassin de maturation de la STEP de Kossodo.



Photo 14: Bassin de maturation N°3 (M3)



Photo 15 : Entrée Kossodo (EK)

Tableau 1 : Synthèses, appareils et méthodes utilisées (AWLISE,2020)

Paramètres	Reference méthode	Technique	Appareil
pH	NFT 90008	Electrochimie	pH-mètre WTW
Conductivité	NF EN 27888-ISO 788(NF T 90031)	Electrochimie	Conductimètre WTW
Température	NF EN 27888-ISO 788(NF T 90031)		pH-mètre WTW
DCO	Standard method for examination of water and waste water method 5220D	Digestion et distillation	Minéralisateur et spectromètre
MES	NF 90-105-2	Technique de pesée différentiel par filtration	Etuve de sechage
Oxygène dissous O ₂	Cello X325 WTW	spectrophotométrie	Oxymètre

Orthophosphate	DR 3800	Spectrophotometrie	
DBO ₅		OXITOP	Armoire thermostatique
Coliformes fécaux et E. Coli	NF-ISO 19485 NF EN ISO 9308-A(2000)	Technique de méthode par étalement	Incubateur BENDER
Les œufs d'helminthes	Primo Star CP -04402	Méthode par filtration	Microscope AxioCmERc5s

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans ce chapitre nous présenterons les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et microbiologiques analysés avant et après la mise du charbon de bois pendant la période d'étude. Ces résultats feront l'objet d'une discussion dans la suite de notre travail. Les résultats obtenus des paramètres analysés avant et après la mise du charbon de bois sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

I. Les différents traitements des eaux

I.1. Echantillons brute sans le charbon de bois

Tableau 2: Echantillons brute sans le charbon de bois (AWLISE,2020)

Paramètres	Moyenne	Intervalle	Ecart type	Nombre d'échantillon	Normes au BF	Normes de l'OMS
pH	8,28	7,19; 11,06	0,95	16	6,5-10,5	6 - 9
Température °C	29,36	21,1; 33,6	2,77	16	18-40	-
Conductivité μ S/cm	2403	1066 ;4460	1283,63	16	1000	-
Oxygène dissous mg/l	0,29	0,25 ;0,54	0,07	16	-	-
DCO mg/l	740,22	98 ;2372	24,58	16	150	-
DBO ₅ mg/l	490,54	113 ;1455	45,83	16	50	50
MES mg/l	400,62	10 ;1930	46,05	16	200	-
PO ₄ ³⁻ mg/l	43,5	8,5 ;105,5	24,49	16	5	-
E .Coli ufc /100 ml	4,52 E6	0 ;863636	0,30 E6	16	2000	-
CTT ufc /100 ml	14,58 E5	0 ;568231	0,83 E5	16	2000	-
Œufs d'helminthes	213,5	4 ;830	8	16	≤ 1	-

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessus montrent les valeurs de pH variant de 7,19 à 11,06 avec une moyenne de 8,28. La température exprimée en degré Celsius (°C) est comprise entre 21,1et 33,6 avec une moyenne de 29,36. La conductivité exprimée en microsiemens par centimètre (μ S/cm) varie entre 1066 et 4460 avec une moyenne de 2403. L'oxygène dissous exprimé en milligramme par litre (mg /l) varie entre 0,25 et 0,54 est mesuré sur le terrain à la température ambiante avec une moyenne de 0,29. Les matières en suspensions (MES) sont

exprimées en milligramme par litre (mg/l), varie entre 10 et 1930. Sa moyenne est de 400,62. Selon (Metcalf et Eddy, 1991) le rapport DBO/DCO compris entre 1,25 et 2,25 correspond à des eaux usées domestiques. Le rapport DBO/DCO de la Brakina étant inférieur à 2,25 correspond à des eaux biodégradables.

I.2. Echantillons traité avec le charbon de bois

Tableau 3: Echantillons traité avec le charbon de bois (AWLISE,2020)

Paramètres	Moyenne	Intervalle	Ecart type	Nombre d'échantillon	Normes au BF	Normes de l'OMS
pH	5,88	6,70; 8,17	0,28	8	6,5-10,5	6- 9
Température °C	23,26	20,1; 25,6	1 ,77	8	18-40	-
Conductivité µS/cm	1989	98 ;2999	700,24	8	1000	-
Oxygène dissous mg /l	1,01	0,16 ;1,43	1	8	-	-
DCO mg /l	111,21	90 ;1348	2,58	8	150	
DBO ₅ mg/l	212,21	70 ;1300	4,83	8	50	50
MES mg /l	233,75	90 ;300	7,89	8	200	-
PO ₄ ³⁻ mg/l	11,62	5,5 ; 90	2,82	8	5	-
E .Coli ufc /100 ml	2,5 E6	7 ;16	0,01 E6	8	2000	-
CTT ufc /100 ml	4,58 E5	0 ;7,27 E4	0,19 E5	8	2000	-
Œufs d'helminthes	16	1 ;50	4,5	8	≤ 1	-

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessus montrent les valeurs de pH variant de 6,70 et 8,17 avec une moyenne de 5,88. La température exprimée en degré Celsius (°C) est comprise entre 20,1 et 25,62 avec une moyenne de 23,26. La conductivité exprimée en microsiemens par centimètre (µS/cm) varie entre 98 et 2999 avec une moyenne de 1989. L'oxygène dissous exprimé en milligramme par litre (mg /l) varie entre 0,16 et 1,43 est mesuré sur le terrain à la température ambiante avec une moyenne de 1,01. Les matières en suspensions (MES) sont exprimées en milligramme par litre (mg/l), varie entre 90 et 300. Sa moyenne est de 233,75.

II. Les paramètres physico-chimiques

II.1. Le pH

Le pH est compris entre 7,19 et 11,06 avant l'ajout du charbon de bois et de 6,70 et 8,17 avec une moyenne de 5,88 après l'ajout du charbon de bois. En effet, le pH est notamment fonction de la proportion des espèces du système carbonate (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}) présente en solution. La variation du pH après le charbon de bois pourrait s'expliquer par la présence d'hydrogencarbonate provenant du charbon de bois car le pH trouvé nous montre que c'est l'espèce HCO_3^- qui est la plus dominante. A la fin du traitement, le pH de l'eau sans le charbon de bois varie entre 7,19 et 11,06 avec une moyenne de 8,28. En effet, Cette variation signifie que la méthanogenèse prédomine sur la phase d'acidification et s'explique également par l'activité photosynthétique des algues et des bactéries autotrophes. Ces valeurs respectent les normes de rejets des eaux usées en vigueur au Burkina Faso compris entre 6,5 et 10,5 (voir annexe 1).

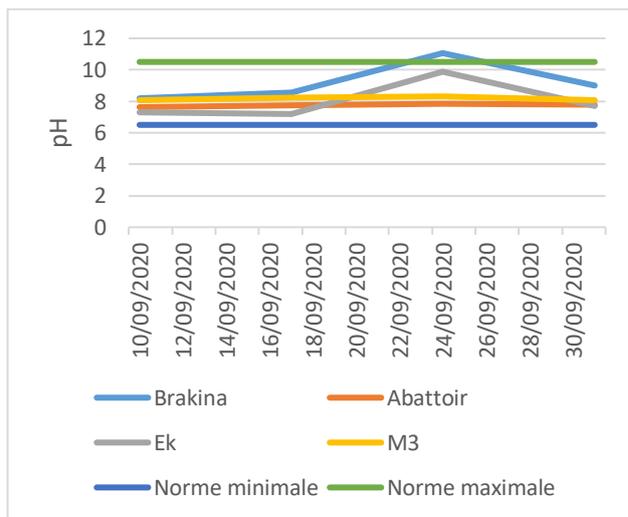


Figure 1 : variation du pH sans le charbon de bois

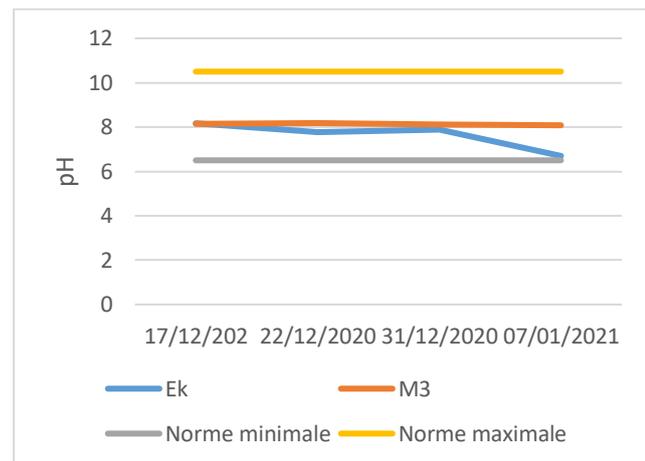


Figure 2 : variation du pH avec le charbon de bois

II.2. La température

Dans le canal de répartition de la STEP de Kossodo, la température varie de 21,1°C à 33,6°C avant la mise du charbon de bois avec une moyenne de 29,36°C et de 20,1°C à 25,6°C après la mise du charbon avec une moyenne de 23,26°C.

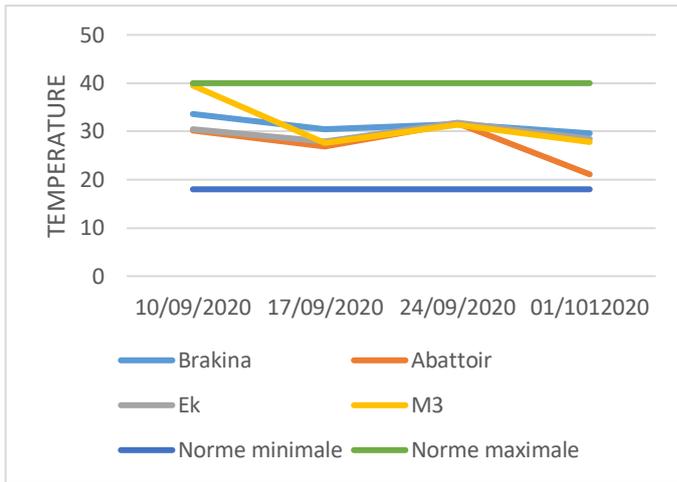


Figure 3 : Variation de la température sans le charbon de bois

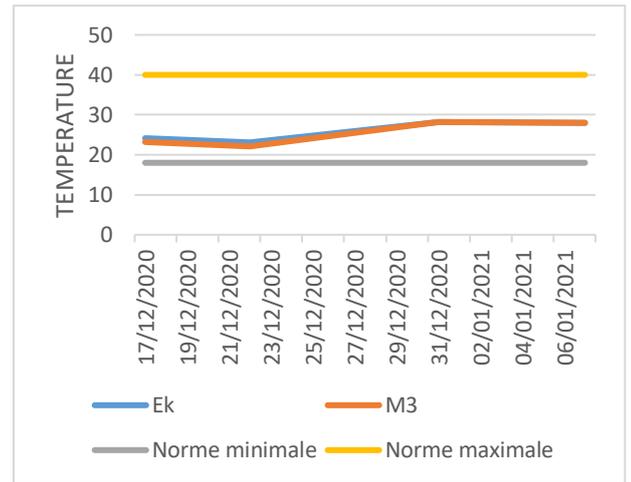


Figure 4 : Variation de la température avec le charbon de bois

II.3. La conductivité

La conductivité dans le canal de répartition varie entre 1066 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 4460 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une moyenne de 2403 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Après l'introduction du charbon de bois la conductivité varie entre 98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 1989 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A la sortie, nous avons une variation de 1772 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 2050 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une moyenne de 2050,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et après introduction du charbon de bois, nous avons une conductivité qui varie entre 2580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 3840 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une moyenne de 3167,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ces différentes variations de la conductivité pourraient s'expliquer par la présence de fortes teneurs d'éléments minéraux majeurs dans l'eau due à l'introduction du charbon de bois, ceci pourrait expliquer la très forte minéralisation de l'eau. Ces eaux conduisent facilement le courant électrique.

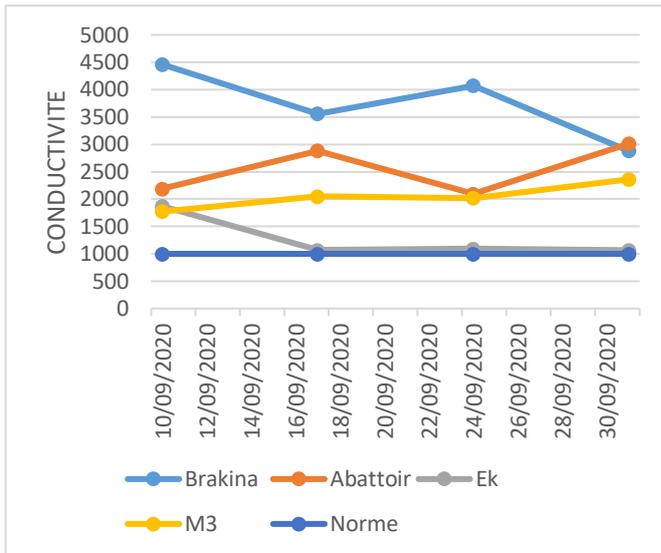


Figure 5 : Variation de la conductivité sans le charbon de bois

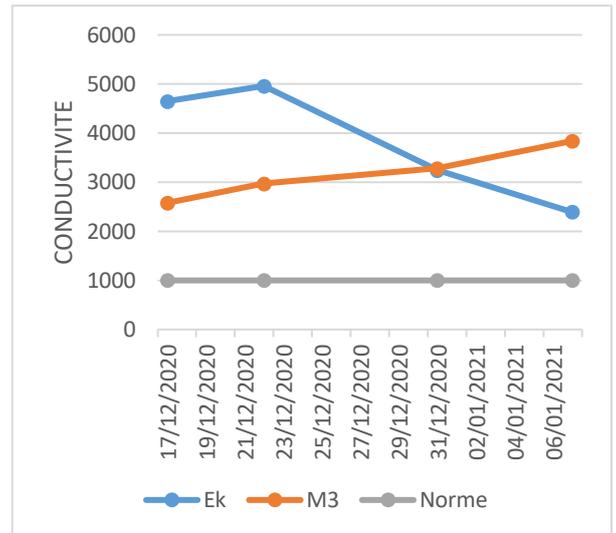


Figure 6 : Variation de la conductivité avec le charbon de bois

II.4. L'oxygène dissous

La concentration de l'oxygène dissous varie entre 0,25 mg/l et 0,54 mg/l dans le bassin de répartition avant le charbon de bois avec une moyenne de 0,29 mg/l et de 0,16 mg/l à 1,43 mg/l après le charbon de bois avec une moyenne de 1,01 mg/l. L'oxygène dissous au niveau du regard avant le charbon de bois varie entre 0,25 mg/l et 1,25 mg/l avec une moyenne de 0,57 mg/l et de 0,25 mg/l à 3,16mg/l après le charbon de bois avec une moyenne de 1,27 mg/l. Au terme des analyses, il a été constaté un taux de saturation de l'oxygène dissous variant de 17% à 41%.

D'une manière générale, les teneurs en oxygène dissous sont fonction de la température et évoluent de façon croissante à la sortie au niveau du regard. Ce qui permet de dire que les effluents de la STEP de Kossodo sont oxygénés au niveau du regard après la mise du charbon de bois parce qu'on a une baisse de matières organiques après le traitement.

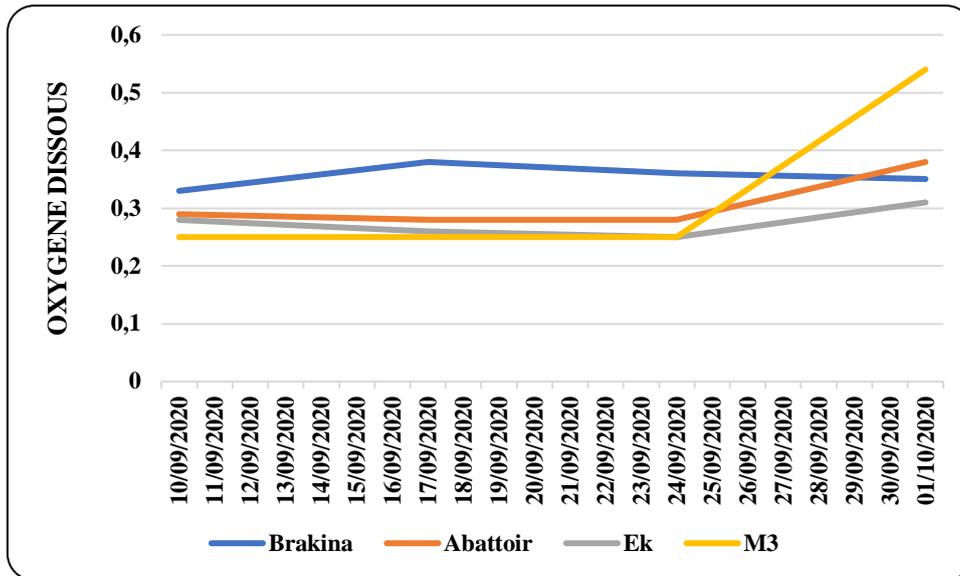


Figure 7 : Variation de l'oxygène dissous sans le charbon de bois

III. Variation de la pollution carbonée à travers les bassins

III.1 Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)

La DCO dans le canal récepteur avant la mise du charbon de bois varie entre 98 mg/l et 2372 mg/l avec une moyenne de 740,22 mg/l, et de 90 mg/l et 1348 mg/l avec une moyenne de 111,21 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 20,65%. La valeur moyenne trouvée de l'eau brute après l'ajout du charbon de bois est supérieure à celle trouvée à Dar el Gueddari au Maroc (822,9 mg/l) par AYYACH A et al, 2016 et inférieure à celle trouvée à Sanaa au Yémen (1888 mg/l) par S. RAWEH, D et al, 2011.

Après introduction du charbon de bois, la DCO varie entre 614 mg/l à 1850 mg/l avec une moyenne de 556,12 mg/l (eau brute) et de 333,5 mg/l à 689 mg/l avec une moyenne de 263,5 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 52,61%. Ces valeurs moyennes trouvées à la sortie sont assez supérieures à celles à obtenues par AYYACH A et al en 2016 (328 mg/l). La diminution des concentrations de la DCO à la sortie avant et après l'introduction du charbon de bois s'interprète par la décantation de la matière organique et l'enrichissement des bassins facultatifs en oxygène.

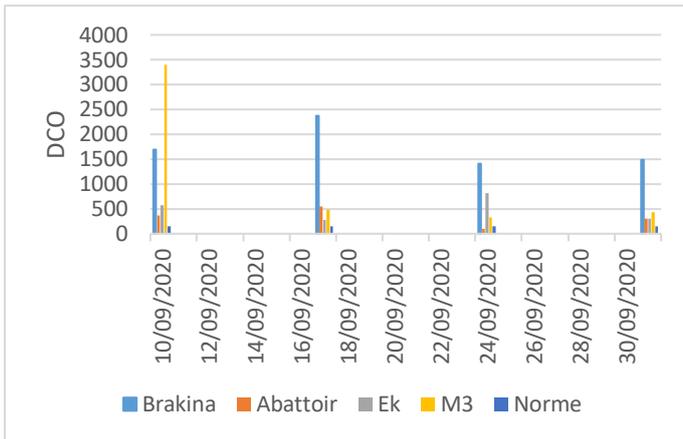


Figure 8 : Variation de la DCO sans le charbon de bois

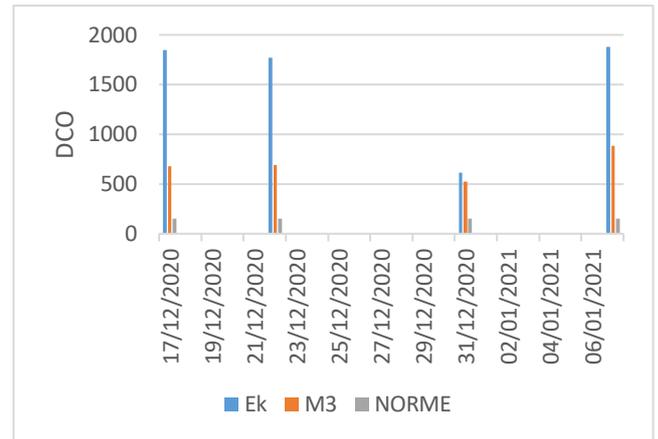


Figure 9 : Variation de la DCO avec le charbon de bois

La DBO₅ dans le canal de répartition varie entre 113 mg/l et 1455 mg/l avant la mise du charbon de bois avec une moyenne de 490,54 mg/l et de 70 mg/l à 1300 mg/l avec une moyenne de 212,21mg/l (eau traitée), soit un abattement de 74,35%. Les valeurs moyennes trouvées au niveau du canal récepteur sont nettement supérieures à celles obtenues par Mohammed BOUTAYEB et al. (2012) (367 mg/l) dans la région de la Chaouia-Ouardigha (Maroc) et sont comparables à celles trouvées par ZONGO V. (2013).

Après l'introduction du charbon de bois, nous avons une DBO₅ qui varie entre 138 mg/l et 1370 mg/l avec une moyenne de 689,75 mg/l (eau brute) et de 113 mg/l à 343 mg/l avec une moyenne de 209,25 mg/l (eau traitée), soit un abattement de 69,70%. Les concentrations moyennes trouvées au niveau de l'eau traitée sont supérieures à celles trouvées par AYYACH A et al en 2016 (116 mg/l). Cela peut s'expliquer par une réduction de la matière organique après traitement par l'activité des micro-organismes et bactéries présents dans les eaux usées.

Ces concentrations trouvées à partir de l'analyse des eaux de la STEP de Kossodo sont élevées aussi bien en DCO qu'en DBO₅. Ces valeurs ne respectent pas les normes de rejet au Burkina Faso qui est de 150 mg/l pour la DCO et de 50 mg/l pour la DBO₅ (Annexe 1).

Néanmoins, nous remarquons une diminution de la teneur en DCO et DBO₅ au niveau du regard après l'introduction du charbon de bois. Cela pourrait s'expliquer par le fait que Le charbon de bois a joué un rôle d'adsorption de la matière organique.

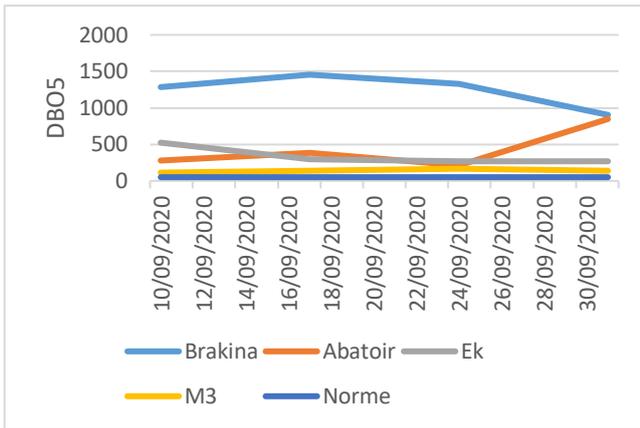


Figure 10 : Variation de la DBO₅ sans le charbon de bois

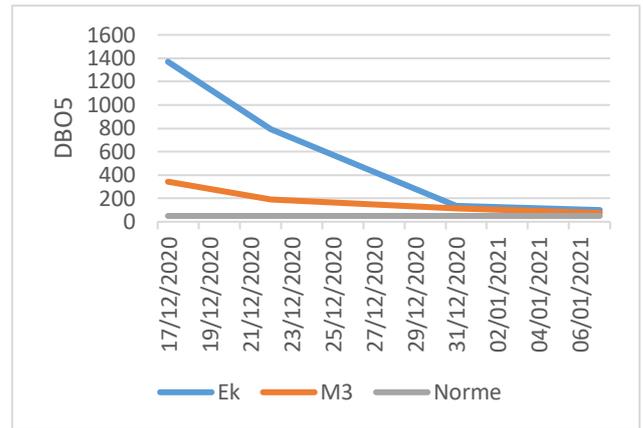


Figure 11 : Variation de la DBO avec le charbon de bois

➤ **Relation entre la DBO₅ et la DCO sans et avec le charbon de bois**

Tableau 4: Rapport entre DBO₅ et DCO sans et avec le charbon de bois (AWLISE,2020)

	1		2		3		4	
	Sans le charbon	Avec le charbon						
Brakina	1	0	1	0	1	0	1	0
Abattoir	1	0	1	0	0,5	0	2	0
Ek	1	0,5	1	1	3	1	1	1
M3	1	0,5	2	1	2	1	2	1

III.2 Matières en suspension (MES)

Les analyses effectuées dans le bassin de répartition donnent des concentrations en MES relativement entre 10 mg/l et 1930 mg/l avant le charbon de bois et de 90 mg/l et 300 mg/l après le charbon de bois avec des moyennes de 462 mg/l avant le charbon de bois et de

233,75mg/l après le charbon de bois. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par AYYACH et al ,2016 (325 mg/l) et inférieures à celles trouvées à Sanaa au Yémen (813 mg/l) par S. RAWEH, D et al, 2011.

A la sortie, nous avons des concentrations de MES qui varient entre 200 mg/l et 400 mg/l avant le charbon de bois et de 190mg/l à 350 mg/l après le charbon de bois avec des moyennes respectives de 377,5mg/l avant le charbon de bois et de 272,5mg/l après le charbon de bois. Nous remarquons une augmentation en MES après l'introduction du charbon de bois.

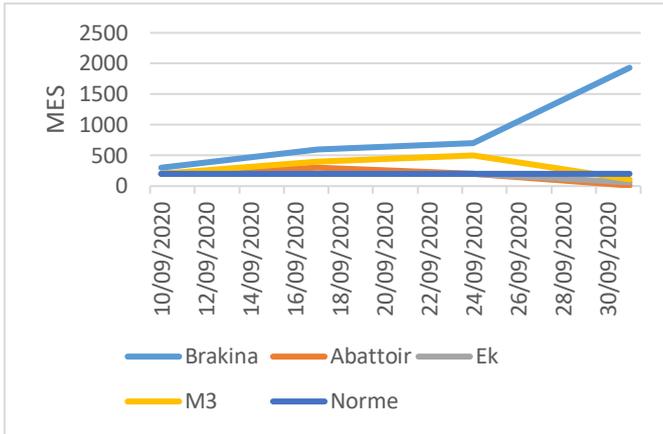


Figure 12 : Variation de MES sans le charbon de bois

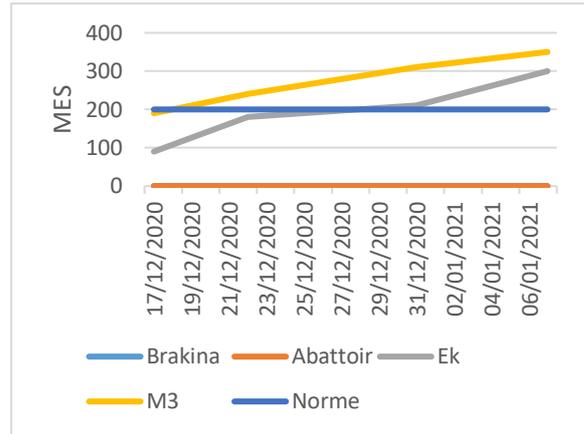


Figure 13 : Variation de MES avec le charbon de bois

Ces valeurs trouvées après peuvent s'expliquer d'abord par un dysfonctionnement au niveau du prétraitement réalisé à l'amont car ce système ne permet pas de réduire considérablement les concentrations en MES de l'eau brute et ensuite, par le fait que le charbon de bois a probablement augmenté ces matières en suspension par un apport de particules sous forme colloïdale.

III. 3 Orthophosphate (PO_4^{3-})

La concentration de l'orthophosphate avant le charbon de bois varie entre 8,5 mg/l et 105,5 mg/l dans le bassin de répartition avec une moyenne de 43,5mg/l et de 5,5 mg/l à 90 mg/l avec une moyenne de 11,62 mg/l au niveau du regard, soit 19% d'abattement.

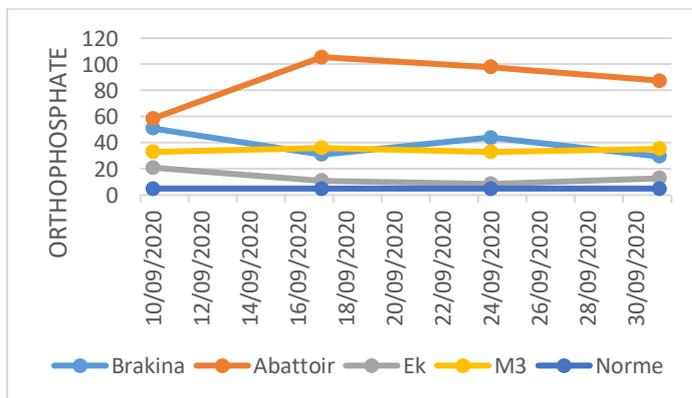


Figure 14 : Variation de l'orthophosphate sans le charbon de bois

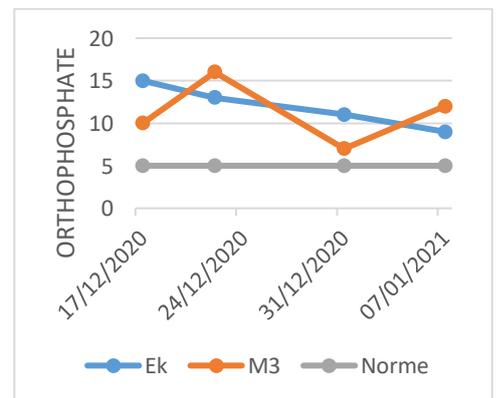


Figure 15 : Variation de l'orthophosphate avec le charbon de bois

IV. Les paramètres microbiologiques et parasitologiques

IV.1. Les paramètres microbiologiques

Pour le calcul de l'abattement des coliformes thermotolérants (cf) avant et après le charbon de bois, nous avons procédé comme suit :

- **Calcul du rendement (R) des coliformes thermotolérants :**

$$\text{Rendement} = [(Cf \text{ eau brute} - Cf \text{ de la sortie}) / Cf \text{ eau brute}] * 100$$

- **Calcul de l'abattement en u.log**

$$\text{Abattement en u.log} = - \log (1 - (R/100))$$

Tableau 5: Tableau des rendements et des abattements des coliformes thermotolérants

Coliformes thermotolérants	Rendement %	Abattement
Avant le charbon de bois	32,27	0,16
Après le charbon de bois	42,54	0,24

Les rendements et abattements calculés nous montrent que le rendement avant le charbon de bois qui est de 32,37% est inférieur à celui après le charbon de bois qui est de 42,54% d'où des abattements de 0,16 u.log avant le charbon de bois et de 0,24 u.log après le charbon de bois. Ces valeurs nous montrent que la station a un faible abattement des coliformes thermotolérants. Après introduction du charbon de bois, nous observons une amélioration du rendement et de l'abattement des coliformes thermotolérants et ceci nous permet de déduire que le charbon de bois a créé un milieu défavorable aux coliformes pour leur développement.

IV.2. Paramètres parasitologies (œufs d'helminthes)

Nous avons des valeurs comprises entre 75 œufs/litre et 11 œufs/litre avant le charbon de bois pour les eaux du canal de répartition et de 134 œufs/litre et 18 œufs /litre pour l'eau traitée. Avec des moyennes respectives de 51œufs/litre et 53 œufs/litre avant le charbon de bois, soit un abattement de -4%. Après l'introduction du charbon de bois, les valeurs comprises entre 60 œufs/litre et 19 œufs/litre avec une moyenne de 44 œufs/litre (eau brute) et de 50 œufs/litre à 1 œufs/litre (eau traitée) avec une moyenne de 16 œufs/litre avec un abattement de 70%. Ces valeurs ne respectent pas les normes de rejet établies au Burkina Faso qui est d'avoir au moins 1 œuf/l à la sortie. Néanmoins, après la mise du charbon de bois nous constatons une baisse

considérable des œufs d'helminthes à la sortie et cela s'explique par le fait que le charbon de bois par son pouvoir d'adsorption a favorisé la réduction des œufs d'helminthes.

L'introduction du charbon de bois a permis d'observer une diminution des risques de contamination fécale, voire une amélioration des eaux usées qui peuvent connaître une réutilisation. Selon les normes de l'OMS, (annexe 5) les eaux rejetées peuvent faire cas de réutilisation en irrigation restrictive que pour des charges en coliformes fécaux < 1000 ufc/10 ml d'où l'eau du m³ peut être classé en catégories B (recommandation de l'OMS pour la réutilisation agricole des eaux usées, 1989) (réutilisation des eaux usées, David ECOSSE

L'expérimentation du charbon de bois à la STEP de Kossodo durant notre étude a permis d'observer plusieurs points d'amélioration de l'eau. On note l'amélioration de la qualité de l'eau, d'où une diminution des odeurs qui se dégage par les eaux, un changement de la couleur de l'eau à l'entrée et dans le bassin de maturation, la diminution de la population algale présente dans l'eau, la diminution des œufs d'helminthes. Le charbon a alors joué un rôle d'adsorbant. L'eau du bassin de maturation a servi dans l'arrosage des cultures et plantes d'où sa valorisation et l'arrosage des cultures

V. Identification des risques sanitaires environnementaux

Les analyses réalisées au niveau des eaux usées traitées à la STEP de Kossodo permettent de voir que de nombreux paramètres ne respectent pas les normes. Ces eaux qui sont rejeté dans la nature présentent des risques sur la santé humaine et sur l'environnement. Ces risques sont liés à la présence de nombreux germes pathologiques mais aussi à la pollution chimique, physique et susceptible d'affecter la santé humaine, la dégradation de l'écosystème environnant. Le risque sanitaire lié à la réutilisation des eaux épurés dépend à la fois de la méthode d'usage. L'inhalation de la micro-gouttelette d'eau contaminé est également possible dans le cas d'irrigation sans une protection utilisée lors de l'arrosage des cultures. Les micro-organismes sont souvent absorbés à la surface des légumes et sont ainsi transporté par les MES.

Comme impact négatif nous pouvons citer :

- Sur les cultures retard de maturation
- Sur la santé humaine on peut parler des risques du cancer. (Topan Bruno)

Dans le cas de la réutilisation des eaux usées traitées à l'aide du charbon de bois, il est a noté que les micropollutions s'accumulent dans les tissus des êtres vivants et dans les plantes cultivées.

VI. Risques sur l'environnement

Risques sanitaires

- Sol
 - Imperméabilité (MES)
 - Impact sur la microbiologie
 - Eau
 - Perte de la biodiversité
 - Dégradation de la qualité de l'eau souterraine par l'infiltration des micropolluants
 - Sur les plantes
 - Contamination des végétaux
 - Bioaccumulation des polluants par les plantes
 - Air
 - Contamination de l'air
 - Nuisance olfactive
 - Producteur et consommateur
 - Infection parasitaire
 - Infection cutané
 - Maladie de l'inhalation des éléments métalliques et chimiques
 - Maladies hydriques
- (OUATTARA, 2010)

VII. Réutilisation des eaux usées traités au charbon de bois

Dans sa finalité, l'utilisation des eaux usées permettent à la fois de recourir le cycle par une remobilisation rapide de la ressource d'une eau mobilisé dans le milieu par des activités :

- Valorisation directes : l'eau traité passe directement en statut d'eau usée au statut de nouvelle ressource après avoir transité par des mécanismes d'épuration
- Valorisation agricoles et forestière : c'est la plus rependu à travers le monde. Il existe des périmètres irrigués, des périmètres mixtes.
- Usage urbain

Il s'agit : Irrigation d'espace verte, alimentation des plans d'eau créatif, lavage des rues et marchés.

❖ **Suggestions**

Afin de résoudre les dysfonctionnements de la station, l'amélioration de la qualité des effluents à la sortie et d'atténuer les effets sanitaires et environnementaux néfastes de la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

Au niveau de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement Suite aux résultats obtenus et d'après les perspectives de l'ONEA parmi lesquelles il y a l'exploitation du barrage de Bagré pour la production en eau potable et étant donné que les effluents rejetés de la station d'épuration de Kossodo se déversent dans le Massili (rivière située à l'aval de la station) et rejoint le barrage de Bagré, nous recommandons à l'ONEA de :

- Revoir tout le fonctionnement de la station d'épuration pour augmenter les performances épuratoires de la station en exigeant par exemple le curage des bassins chaque deux ans et ramener le percolât rejeté dans le bassin de maturation n°2, dans le bassin anaérobie n°1 pour suivre le circuit ;
- Mettre en place un bassin spécifique de charbon de bois à l'amont du regard de la station pour amplifier le traitement ;

Il est à noter aussi que bien d'autres analyses n'ont pas été réalisées dans le présent travail par manque de réactifs. Pour cette raison et pour l'amélioration de la performance épuratoire de la station de Kossodo, nous proposons à l'ONEA de :

- Mettre à la disposition des laboratoires d'eau usées, des réactifs nécessaires pour l'analyse des paramètres physico-chimique, biologique et métaux lourds afin qu'ils puissent fournir une interprétation plus large et mieux identifier les dangers en amont ;
- Durant notre période d'étude nous avons été confrontés à des difficultés pour déterminer les charges réelles entrantes et sortantes du système et les variations réelles de débit par jour donc de savoir si la station fonctionne en sous charge ou en surcharge. En plus, nous n'avons pas pu calculer les temps de séjours réels de l'eau dans les bassins. Nous préconisons l'installation d'un débit mètre à l'entrée de la station.

CONCLUSION

Notre étude a porté sur l'analyse des eaux usées de la station d'épuration de Kossodo et de l'amélioration de la qualité des rejets grâce au charbon de bois. L'objectif principal de cette étude est d'améliorer la qualité des rejets de la station d'épuration grâce au charbon de bois. La méthodologie du travail a consisté à effectuer des prélèvements et à analyser des échantillons sur certains paramètres physico-chimiques (pH, O₂, T, C), microbiologiques (coliformes thermotolérants), ainsi que les indicateurs de la pollution organique (DCO, DBO₅, MES, PO₄³⁻) dans le but de comparer les résultats d'analyses avant et après l'introduction du charbon de bois. L'oxygène dissous a été mesuré in situ à l'aide d'une sonde électrochimique. Le pH et la conductivité ont été mesurés à l'aide d'une électrode de verre au laboratoire. La DCO a été mesurée par la méthode d'ébullition et la DBO₅ à l'aide d'une sonde de pression électronique piezo-résistante. Quant à la MES, la filtration sur filtre de verre a été la méthode utilisée pour la mesure. L'orthophosphate a été mesuré à l'aide d'un spectromètre 3800 et les coliformes thermotolérants par la méthode d'étalement. De ces analyses, il ressort qu'au niveau de l'élimination de la pollution carbonée, les concentrations moyennes de la DCO (596,63 mg/l et 494,5 mg/l avec des abattements de 20,65 % et 52,61%) et de la DBO₅ (689,76 mg/l et 209,25 mg/l avec des abattements de 74,35 % et 69,70%) qui sont trouvées au niveau du regard avant et après l'introduction du charbon de bois ne respectent pas les normes de rejetées (50 mg/l pour la DBO₅ et 150 pour la DCO). La concentration moyenne en MES qui sont de 377,5mg/l avant le charbon de bois et de 272,5mg/l après le charbon de bois au niveau du regard est largement au-dessus de la norme de rejet (150mg/l). Au niveau épuratoire naturel, il a été constaté après l'utilisation du charbon, une amélioration du pouvoir épuratoire naturel de la STEP à travers le taux de saturation de l'oxygène dissous qui a évolué de 17% à 41%. Cette évolution a amélioré le rapport de la DCO et de la DBO₅ de 2,771 à 2,658 au niveau de l'eau traitée répondant ainsi aux normes édictées de rejet pour ce paramètre. Nous notons également une faible élimination bactérienne avant le charbon de bois de 0,16 ulog et de 0,24 ulog après le charbon de bois. Quant à l'élimination parasitologie, nous avons constaté une réduction des œufs d'helminthes après l'ajout du charbon de bois. Ces différents résultats obtenus ne respectent pas les normes établies pour les eaux usées au Burkina Faso mais nous avons constaté une amélioration de ces résultats après l'introduction du charbon de bois.

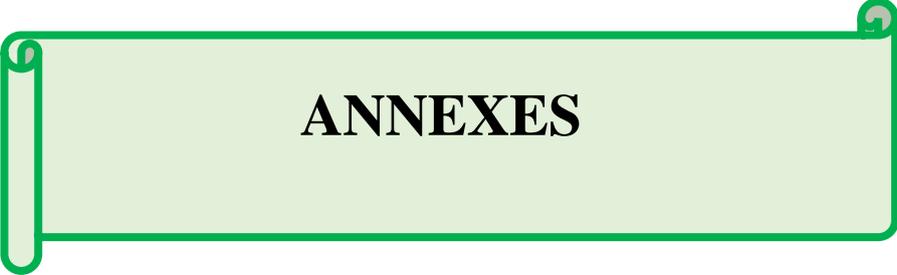
En somme la mise en place de la STEP de Kossodo a permis à la population de Ouagadougou, l'évacuation des eaux usées. La STEP de Kossodo est l'ensemble des eaux de la Brakina, l'Abattoir, l'hôpital et certaines eaux de ruissellement. Notre étude avec le charbon de bois a

permis l'amélioration de la qualité des eaux usées. Les eaux usées d'une part présentent des œufs d'helminthes abondante ont vu leur diminution avec l'expérimentation du charbon de bois.

Dans le bassin de maturation on note une absence totale des algues même voire des œufs. Le charbon de bois a alors joué un rôle de purificateur à l'eau. Cette eau connaît donc une revalorisation d'où sa réutilisation pour d'autre fins : le maraichage, l'agriculture...

BIBLIOGRAPHIE

- ABDELMALEK B et AL.** (2012), Science Journal, vol.15, No.2, Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'OUED BENI AZA, 43-47p.
- ALLADAKAN O S,** (2004), mémoire de fin d'études, Comparaison de filières intensives et extensives d'épuration des eaux usées à Ouagadougou (Burkina Faso) : cas de l'EIER et du centre de formation de l'ONEA. 17- 22p.
- AYYACH A. et AL.** (2016), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°28 Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de DAR EL GUEDDARI (Maroc) ,69-83p.
- SALEMBERE A C,** (2009), mémoire pour l'obtention du master d'ingénierie en Eau et Environnement, Epuration des eaux usées de Kossodo : Analyse des performances épuratoires de la STEP de Kossodo et analyse des impacts socio-économiques et sanitaires des maraichers ; 42-50p. + **ZONGO R Y N V,** (2013), mémoire de fin d'études, Evaluation des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées de Kossodo après 9 ans de fonctionnement. 5-56p.
- CEMAGREF,** (2004 ONEA), rapport du Département Milieux Aquatiques, Qualité et Rejets Assistance à la mise en place de l'exploitation du lagunage de la ville de Ouagadougou (44-45p)
- KABORE /DEMBELE B,** (2006) Contribution à l'étude des impacts socio-économiques, sanitaires et environnementaux de la réutilisation des eaux usées : cas de Kossodo dans la ville de Ouagadougou.85 p.
- David ECOSSE,** (1989) réutilisations des eaux usées, 10 p
- ZONGO R Y N V,** (2013), mémoire de fin d'études, Evaluation des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées de Kossodo après 9 ans de fonctionnement. 5-56p.
- KHAMIS A D,** (2015), mémoire pour l'obtention du master en Science d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux usées de la station de pompage n° 4 du réseau d'égout de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) ,56p.
- TOGOLA L.,** (2004) étude comparée des performances épuratoires de deux filières de traitement biologique des eaux domestiques par lagunage. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur de l'équipement rural, GROUPE EIER -ETSHER, 88p



ANNEXES

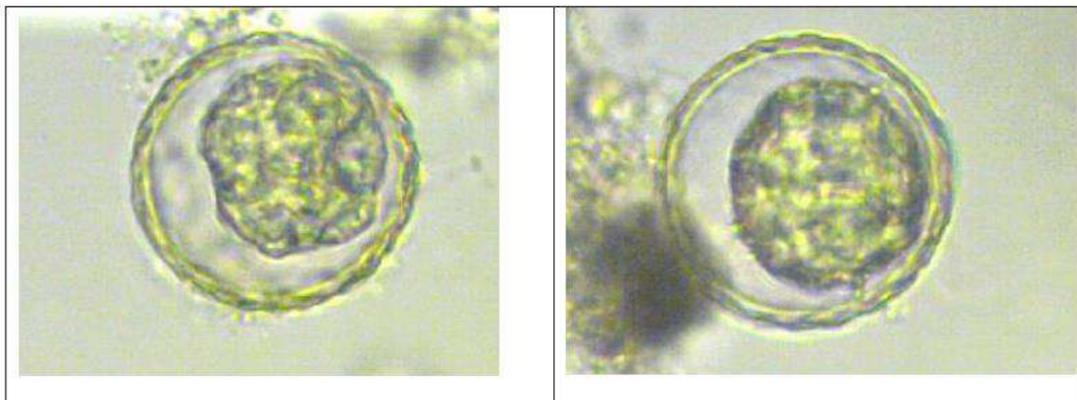
ANNEXES

Annexe 1 : Normes de rejet des eaux usées dans les eaux de surface au Burkina Faso

Paramètres	Valeurs limites	Unités
Température (°C)	18- 40°C	°C
Ph	6,4-10,5	-
Conductivité	-	µS/cm
MES	150	mg/l
DBO ₅	50	mgO ₂ /L
DCO	150	mgO ₂ /L
E. coli	2000	UFC/100 ml
Les œufs d'helminthes	≤ 1	Nombre d'œufs/L
L'orthophosphate	5	mg/l
Oxygène dissous	-	mg/l

Source : ONEA

Annexe 2 : photos illustratives des œufs d'helminthes obtenus



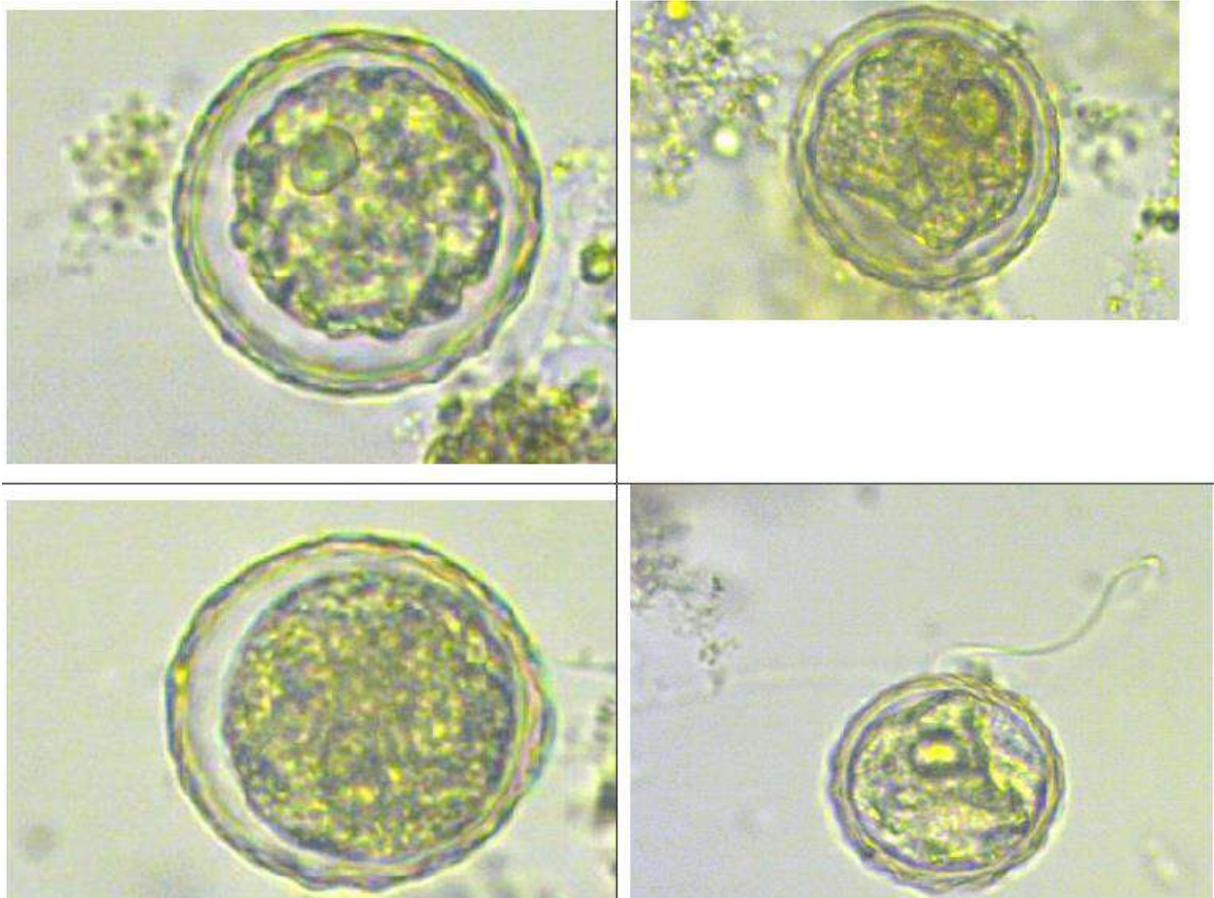


Tableau 7 : Les dimensions des bassins de la STEP de Kossodo

Désignations	Dimensions (Lxl)		Profondeur		V(m ³)	
	Fond	Crête	Bassin	Eau	Bassin	Eau
Bassins anaérobies	88,50m x19m	108x37,80m	4,70m	4,00m		18600
Bassins facultatifs	287,50mx94m	298,50mx107m	2,50m	1,80m		103000
Bassin de maturation N°1	202 m x 62 m	217 m x 74,5 m	2,7 m	1,20 m		27 000
Bassin de maturation N°2	142 m x 54,5 m	156,5 m x 54, 5 m	2,7 m	1,20m		6 850
Bassin de maturation N°3	142 m x 54,5 m	155 m x 54 m		1,20 m		6 850
Lits de séchage	3,80 m x 25 m	0, 70 m	0,40		66,50	38,00

1- Paramètres de dimensionnement des bassins

- 5400m³/jour (phase I) et 11600m³/jour (phase II),

- 140 000 équivalent /habitants,
- Temps de rétention des charges polluantes :30 jours
- Coliformes fécaux :100/100 ml
- Charges surfaciques inferieures à 100-140 kg/ha/jour à la sortie des bassins

Tableau 6 : Dimensions des bassins de la STEP

Désignations	Charges surfaciques (kg/ha/jr)	DBO à la sortie (mg/l)	Ts jours	T°	CF	Abattement
Bassin anaérobies	5 000	290	3	20	-	60%
Bassins facultatifs	280	29	15	20	-	90%
Bassin de maturation N°1	71		15	20	-	
Bassin de maturation N°2	<71		3	20	-	
Bassin de maturation N°3	<71		3	20	-	

2- Qualité de l'eau épurée

- Qualité de traitement :>90%

Annexe 4 : mode opératoire des différents paramètres

Paramètres	Mode opératoire
DBO	Pour l'analyse, on procède tout d'abord à l'homogénéisation de l'échantillon avant le prélèvement qui correspond à 43,5ml pour les eaux usées brutes et 164ml pour les eaux usées traitées. On prélève également 250ml d'eau distillée pour la DBO témoin. Ensuite, on transvase les volumes prélevés dans des flacons en verre actinique où on ajoute 2,5 ml de l'échantillon utilisé pour ensemencher (eau résiduaire) et 1ml de solution ATU utilisé pour inhiber la nitrification. Deux pastilles de soude sont placées dans des godets en caoutchouc qui sont par la suite déposés dans les goulots des flacons. Cela permettra de piéger le CO2 qui se dégage et visser avec l'OxyTop directement sur le flacon de manière étanche. On lance enfin la mesure en utilisant la commande. Cela se fera en définissant d'abord certains paramètres comme le volume de prélèvement. Après ces étapes, les flacons sont placés en agitation dans l'armoire thermostatique à 20°C. On lit la DBO1 au premier jour puis la DBO2 au deuxième jour, ainsi de suite jusqu'au cinquième jour en utilisant toujours la commande de mesure.

DBO	<p>Pour analyser la DCO, on procède par une homogénéisation de l'échantillon avant le prélèvement. 2,5ml de l'échantillon sont introduits dans des tubes DCO respectifs ainsi que 2,5ml des solutions contrôle et le blanc (eau distillée). Ensuite on ajoute dans chacun des tubes 1.5ml du réactif A (K₂&2O₇ +H₂SO₄+HgSO₄) et 3,5ml du réactif C (H₂SO₄+Ag₂SO₄). L'ensemble est chauffé au minéralisateur pendant 2 heures à 150°C. Les 2 heures écoulées, les tubes sont ramenés à température ambiante pour permettre la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre direct. Une fois les absorbances déterminées, les résultats de la DCO s'obtiennent à partir d'une lecture sur la courbe d'étalonnage préétablie.</p> <p>Elle s'exprime en mg/l.</p>
MES	<p>Pour notre analyse, nous avons utilisé la méthode par filtration. Le principe est basé sur la rétention des matières insolubles par des membranes constituées de micros fibres de verre (wattman GF/C) de porosité 1,02um. Chaque membrane est déposée dans une capsule en aluminium nettoyée et l'ensemble séché à l'étuve pendant 2h. On procède ensuite à une pesée de l'ensemble pour obtenir la masse avant filtration (M₀). Puis on filtre un certain volume des échantillons (v) à travers les membranes qu'on replace à nouveau dans l'étuve pour 2h. A l'issus de ce temps les membranes sont pesées afin d'obtenir la masse après filtration (M₁).</p> <p>Ainsi, la masse volumique des matières en suspension est exprimée en mg/l et est donnée par l'expression suivante :</p> $MES = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{v}$
Coliformes	<p>Pour l'analyse, nous avons d'abord procédé par une série de dilution avant de passer à l'étalement sur la gélose qui a été au préalable préparée et coulée dans les boîtes de pétrie. Pour l'étalement, nous avons prélevé 100 ul pour les échantillons dilués et 200ul pour ceux non dilués. Les milieux de cultureensemencés ont ensuite été mis à l'incubateur pendant 24h à 37,5 °C. Enfin, nous avons dénombré les colonies d' <i>E. coli</i>, de couleur bleu foncé.</p> <p>Le calcul se fait de la façon suivante :</p> $Cs = \frac{(v_1 * d_1)H}{v_2 * d_2}$ <p>Cs= nombre d'unité génératrice de colonies dans le volume de référence V_s</p>

	<p>Zs= nombre total de colonies dénombrées sur les boîtes de pétrie des dilutions d1 à di.</p> <p>Vs= volume de référence choisi pour exprimer la concentration de l'échantillon en microorganismes. d1 ; di= taux de dilution. v1 ; vi = volumeensemencé pour chaque boîte de pétrie.</p>
--	--

Annexe 5

Tableau 7 : Tableau des normes de l'OMS

Catégorie	Condition d'utilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs /l en moyenne arithmétique)	Coliformes intestinaux (nombre /100 ml en moyenne géométrique)
A	Irrigation de culture destinés à être consommé crues, des terrains de sport des jardins publics	Ouvriers agricoles, consommateurs, publics	< 1	< 1000
B	Irrigation des cultures céréalières, industriels et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles, consommateurs,	< 1	Aucune norme n'est recommandée

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	II
REMERCIEMENTS	III
RESUME	IV
ABSTRACT.....	V
SIGLES ET ABREVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTES DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES PHOTOS	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE D’ETUDE	3
I. Présentation de la structure d’accueil	3
I.1. Historique de l’ONEA	3
I.2. Missions de l’ONEA.....	3
I.3. Organisation d l’ONEA	3
I.4. Le laboratoire central de l’ONEA	5
II. Présentation et fonctionnement de la station de lagunage de Kossodo	5
II.1. Situation géographique et fonctionnement de la STEP de Kossodo ...	5
III. Synthèse bibliographique	6
III.1. L’épuration biologique	6
III.2. Le lagunage naturel	7
III.3. Le lagunage aéré	7
III.4. Le lagunage à macrophyte	7
III.5. Le lagunage à microphyte	8
III.6. Le bassin anaérobie	8
III.7. Le bassin facultatif	9
III.8. Le bassin de maturation.....	9
CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODE	11

I. Collectes des échantillons	11
I.1. Généralités sur l'échantillonnage	11
I.1.1. Définitions	11
I.1.2. Les type d'échantillonnage	11
I.1.3. Technique d'échantillonnage	12
I.1.4. Transport et stockage des échantillons	12
II. Quelques paramètres essentielles de la qualité des eaux usées	13
II.1. Paramètres physico-chimiques.....	13
<input type="checkbox"/> pH.....	13
<input type="checkbox"/> La température	14
<input type="checkbox"/> La conductivité	14
<input type="checkbox"/> Oxygène dissous	15
II.2. Les paramètres microbiologiques et parasitologique.....	15
<input type="checkbox"/> Les coliformes	15
II.3. Paramètres de pollution carbonée	17
<input type="checkbox"/> Matières en suspension	17
<input type="checkbox"/> Mode opératoire.....	18
<input type="checkbox"/> Demande chimique en oxygène (DCO).....	19
<input type="checkbox"/> Demande biochimique en oxygène (DBO).....	20
II.4. Pollution phosphorée	22
III. Expérimentation du charbon de bois.....	23
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS	25
I. Les différents traitements des eaux	26
I.1. Echantillons brute sans le charbon de bois	26
I.2. Echantillons traité avec le charbon de bois.....	27
II. Les paramètres physico-chimiques	28
II.1. Le pH	28
II.2. La température.....	28
II.3. La conductivité	29
II.4. L'oxygène dissous	30

III. Variation de la pollution carbonée à travers les bassins	31
III.1 Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biochimique en Oxygène (DBO ₅)	31
III.2 Matières en suspension (MES)	33
III. 3 Orthophosphate (PO ₄ ³⁻)	34
IV. Les paramètres microbiologiques et parasitologiques.....	35
IV.1. Les paramètres microbiologiques	35
IV.2. Paramètres parasitologies (œufs d'helminthes)	35
V. Identification des risques sanitaires environnementaux	36
VI. Risques sur l'environnement	37
VII. Réutilisation des eaux usées traités au charbon de bois	37
CONCLUSION.....	39
BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXES.....	X
TABLE DES MATIERES.....	XVI