

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

**FACULTE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES**

**ECOLE INTER-ETATS DES
SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE DAKAR**



Année 2006



N° : 1

**EVALUATION DE LA POLLUTION DES EAUX USEES
DOMESTIQUES COLLECTEES ET TRAITEES A LA
STATION D'EPURATION DE CAMBERENE (DAKAR)**

**MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDES
APPROFONDIES DE PRODUCTIONS ANIMALES**

**Présenté et soutenu publiquement le 27 Février 2006 à 10 heures à
l'EISMV**

Par

Yao AKPO

Né le 24 Mai 1973 à OUESSE (République du Bénin)

MEMBRES DU JURY

PRESIDENT :

M. Louis Joseph PANGUI
Professeur à l'EISMV de Dakar

MEMBRES :

M. Ngor FAYE
Professeur à la FST (UCAD)

M. Malang SEYDI
Professeur à l'EISMV de Dakar

M. Germain Jérôme SAWADOGO
Professeur à l'EISMV de Dakar

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A DIEU le tout puissant ;

A mon père, Agognonvi AKPO « in memorium »

Tu resteras toujours un modèle pour moi ;

A ma mère, Monyidé AKPO

Ce travail est le résultat d'une affection maternelle sans faille ;

A mes frères et sœurs

Ce travail est aussi le votre, soyez-en fiers ;

Au Professeur François Adébayo ABIOLA

Sans vous nous n'aurions pu suivre cette formation, votre part dans l'aboutissement de ce travail est énorme, nous vous en sommes entièrement reconnaissant ;

A Hortense MANSALY ;

A tous les camarades de promotion.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements :

Au Professeur ABIOLA, pour nous avoir permis de faire ce DEA ;

Au Professeur SAWADOGO, pour votre simplicité et votre entière disponibilité lors de la réalisation de ce travail ;

A l'Agence Universitaire de la Francophonie, pour nous avoir donné l'occasion de faire un stage pratique sur les eaux usées au Maroc ;

Au Professeur KHALLAAYOUNE, qui nous a accueilli, orienté et dirigé notre stage au Maroc ;

Au Professeur AKPO, pour vos sages conseils ;

Au Docteur TEKO-AGBO, pour vos conseils de tous les jours ;

Au Docteur NIANG ;

Au Docteur YAMEOGO ;

Au Docteur GBATI ;

A Monsieur NACRO ;

A Monsieur Ibrahima DIONE ;

A Mademoiselle Aïssatou NDOYE ;

A tous les Enseignants du DEA-PA ;

A tout le personnel du laboratoire de la station d'épuration de Cambérène ;

A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

HOMMAGES A NOS MAITRES ET JUGES

Au Professeur Louis Joseph PANGUI

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider notre jury de mémoire. Veuillez trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

Professeur Germain Jérôme SAWADOGO

Vous avez suivi et encadré ce travail malgré vos multiples occupations. Votre rigueur scientifique et votre amour du travail bien fait ont forcé notre admiration. Aussi vos immenses qualités humaines et votre abord facile sont des souvenirs que nous garderons de vous.

Professeur Malang SEYDI

Vous nous faites l'insigne honneur de siéger dans notre jury de mémoire. Vos qualités scientifiques et d'éducateur averti nous ont profondément marqué. Soyez assuré de notre sincère reconnaissance.

Professeur Ngor FAYE

Nous sommes très sensible à l'honneur que vous nous faites en acceptant de siéger dans ce jury. Vos énormes qualités d'homme de science suscitent respect et admiration. Veuillez trouver ici, l'assurance de notre sincère gratitude.

LISTE DES ABREVIATIONS

E-H : Equivalent-Habitant

J : Jour

H : Habitant

AFNOR : Association Française de Normalisation

ONAS : Office National de l'assainissement du Sénégal

°C : Degré Celsius

g/l : Gramme par litre

mS/cm : MilliSiemens par centimètre

mV : MilliVolt

pH : Potentiel d'Hydrogène

mg : Milligramme

nb : Nombre

l : Litre

mn : Minute

h : Heure

m³ : Mètre cube

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

NO : Monoxyde d'azote

SO₂ : Dioxyde de soufre

CF : Coliformes thermotolérants

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Statistique mondiale sur l'emploi des eaux résiduaires pour l'irrigation.....	3
Tableau II : Stations de traitement des eaux usées au Sénégal	7
Tableau III : Valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés	17
Tableau V : Valeurs des paramètres physico-chimiques	19
Tableau IV : Efficacité épuratoire de la boue activée de la station de Cambérène.....	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Fréquence des genres identifiés	18
Figure 2 : Evolution journalière de la concentration des œufs d'helminthes	18
Figure 3 : Evolution de la concentration des œufs d'helminthes au cours de la semaine	19

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	2
CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE DES EAUX USEES.....	2
1.1- Définition des eaux usées.....	2
1.2- Evolution des quantités d'eaux usées produites	2
1.2.1- Origine des eaux usées.....	3
1.2.1.1- Eaux usées domestiques.....	4
1.2.1.2- Eaux usées industrielles	4
1.2.1.3- Eaux usées agricoles	4
1.2.1.4- Eaux de pluie et de ruissellement	5
1.2.2- Procédés d'épuration des eaux usées	5
1.2.2.1- Procédés physico-chimiques	5
1.2.2.2- Procédés biologiques	5
1.2.3- Systèmes rencontrés au Sénégal	7
CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES.....	8
2.1- Paramètres physiques.....	8
2.1.1- Matières en suspension	8
2.1.2- Conductivité.....	8
2.1.3- Température et PH.....	8
2.2- Paramètres chimiques organiques.....	8
2.2.1- Demande Chimique en Oxygène	9
2.2.2- Demande Biochimique en Oxygène	9
2.3- Paramètres chimiques minéraux	9
2.4- Paramètres biologiques	10
2.4.1- Bactéries	10
2.4.2- Virus.....	10

2.4.3- Champignons	10
2.4.4- Protozoaires.....	10
2.4.5- Helminthes	10
2.5- Risques attribuables à la réutilisation des eaux usées.....	11
2.5.1- Risques environnementaux	11
2.5.2- Risques sanitaires.....	11

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE 12

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES 12

1.1- Cadre d'étude..	12
1.2- Matériel	12
1.3- Méthodes de travail.....	12
1.3.1- Echantillonnage des eaux usées	12
1.3.1.1- Echantillonnage ponctuel.....	12
1.3.1.1- Echantillon séquentiel	13
1.3.2- Analyses de laboratoire.....	13
1.3.2.1- Analyses physico-chimiques.....	13
1.3.2.2- Analyses bactériologiques	14
1.3.2.3- Analyses parasitologiques.....	15
1.4- Traitement des données.....	16
1.5- Période des activités.....	16

CHAPITRE II : RESULTATS..... 17

2.1- Eaux brutes.....	17
2.1.1- Détermination des paramètres physico-chimiques	17
2.1.2- Analyse bactériologique.....	17
2.1.3- Analyse parasitologique.....	17
2.2- Eaux épurées	19
2.2.1- Mesure des paramètres physico-chimiques	19
2.2.2- Analyse bactériologique.....	20

2.3- Performances épuratoires de la station à boue activée de Cambérène 20

CHAPITRE III : DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS..... 21

3.1- Discussion 21

3.1.1- Aspects physico-chimiques..... 21

3.1.2- Aspect bactériologique..... 22

3.2.3- Aspects parasitologiques..... 22

3.2- Recommandations..... 24

3.2.1- Recommandations aux maraîchers 24

3.2.2- Recommandations aux consommateurs..... 25

3.2.3- Recommandations à l'Etat 25

3.2.4- Recommandations aux institutions de recherche..... 25

CONCLUSION..... 26

BIBLIOGRAPHIE 27

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, parmi les problèmes d'environnement les plus préoccupants, figure en bonne place le problème de l'assainissement. En effet, l'activité humaine entraîne la production d'eaux usées déversées dans la nature. Ce rejet d'eaux usées brutes dans les milieux naturels est une pratique courante dans la plupart des pays en développement. Cette situation est accentuée dans les centres urbains à cause de la démographie galopante qui les caractérise. C'est le cas de Dakar, la capitale du Sénégal qui, en raison de l'exode rural et de la croissance naturelle rejette environ 200 000 m³ d'eaux usées par jour, soit le double de la quantité déversée il y a moins de 15 ans [27].

Ces eaux usées pour l'essentiel sont déversées par les populations sur les terrains vagues ou tout simplement dans les milieux aquatiques (lacs, rivières, mers etc..) utilisés comme exutoires naturels. Mises en contact direct avec le milieu récepteur, les eaux usées brutes engendrent des effets néfastes notamment : une nuisance liée à la stagnation de ces eaux (aspect esthétique) et au dégagement d'odeurs nauséabondes ; une perturbation de l'équilibre écologique du milieu naturel, surtout par la pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques et un risque sanitaire par contamination microbiologique ou parasitaire [11, 16, 24].

Pour atténuer ces impacts négatifs des eaux usées brutes sur l'environnement et la santé, il s'avère nécessaire de mettre en place des méthodes d'épuration des eaux résiduaires avant leur rejet ou leur réutilisation éventuelle à des fins agricoles. De tels traitements ne peuvent se faire sans des connaissances précises sur les caractéristiques de ces eaux usées.

C'est dans ce but que cette étude a été initiée. L'objectif général de ce travail est d'évaluer le niveau de la pollution physico-chimique et de la contamination biologique des eaux usées domestiques collectées au niveau de la station d'épuration de Cambérène. Pour y parvenir nous nous sommes fixés comme objectifs spécifiques :

- de déterminer les paramètres physico-chimiques tels que : la température, le pH, la salinité, la conductivité, le potentiel redox, la Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO₅), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES) ;
- de procéder au dénombrement des coliformes thermotolérants ;
- d'identifier les œufs d'helminthes présents dans ces eaux et ;
- de décrire la variation de la concentration temporelle de la charge parasitaire dans ces eaux usées.

Ce travail est présenté en deux parties :

- la première partie donne la synthèse bibliographique sur les eaux usées ;
- la deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE DES EAUX USEES

1.1- Définition des eaux usées

Les eaux usées selon NSOM ZAMO [20], sont des eaux résiduaires (eaux usées domestiques et les effluents municipaux) émanant d'une collectivité donnée et qui ont été préalablement utilisées pour des usages multiples : domestiques, agricoles, industriels...etc.

1.2- Evolution des quantités d'eaux usées produites

L'eau, source de vie, est indispensable pour tout être vivant. L'importance de cette richesse naturelle est d'autant plus remarquable dans les pays à climat aride ou semi-aride qui souffrent d'un déficit hydrique et d'une irrégularité des apports d'eau dans le temps et dans l'espace.

Parallèlement, les besoins en eau de la population ne cessent de croître en raison de l'urbanisation galopante, du développement industriel et de l'extension de l'agriculture urbaine. Cet accroissement des besoins en eau potable se traduit naturellement par une augmentation du volume des rejets d'eaux usées.

Au Maroc par exemple, les volumes d'eaux usées rejetées sont en constante progression. Ainsi, ces volumes sont passés de 48 millions de m³ en 1960 à 129 millions en 1970, puis à 500 millions de m³ en 2000. Ces volumes atteindront respectivement 670 et 900 millions de m³ pour les années 2010 et 2020 [22].

Au Sénégal, la ville de Dakar et sa banlieue rejettent aujourd'hui près de 200 000 m³ d'eaux usées par jour.

Ces quantités importantes d'eaux résiduaires rejetées en dépit des problèmes de pénurie d'eau potable des populations offrent une bonne alternative dans la gestion des ressources en eau.

L'épuration et la réutilisation contrôlées des eaux usées pourraient constituer des approches crédibles pour une meilleure gestion de l'eau.

En effet, au cours des dernières décennies, l'utilisation des eaux résiduaires pour l'irrigation s'est beaucoup répandue aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement. De grandes superficies sont ainsi irriguées avec les eaux usées comme l'indique le tableau I.

Tableau I : Statistique mondiale sur l'emploi des eaux résiduaires pour l'irrigation

Pays	Superficie irriguée (ha)
Allemagne	28 000
Australie	10 000
Chine	1 330 333
Etats-Unis	26 000
Inde	73 000
Koweït	90 000
Mexique	250 000
Tunisie	7 000
Maroc	7 235

Source : [7]

Les eaux usées représentent ainsi un potentiel non négligeable. Elles renferment une grande quantité de fertilisants solubles (N, P) pouvant servir aux plantes cultivées. Depuis une vingtaine d'années, dans la région de Dakar, les eaux usées urbaines par leurs volumes de plus en plus importants, se sont présentées comme une alternative assez intéressante pouvant combler le déficit en eau des exploitations. Dans certaines zones, elles constituent l'unique source d'approvisionnement [19] ; ainsi l'eau de robinet étant chère, certains maraîchers arrosent leurs cultures avec les eaux usées, plus à portée de main et ne nécessitant aucune dépense [26].

Les eaux usées constituent ainsi une manne liquide qui peut être mise en valeur en agriculture. Cependant, toute réutilisation en agriculture des eaux résiduaires nécessite une maîtrise des risques sanitaires et environnementaux liés aux agents pathogènes véhiculés par ces eaux.

Une bonne connaissance des techniques de traitement des eaux usées s'avère indispensable pour éliminer la plupart de ces germes pathogènes et réduire la pollution du sol, des eaux de surface et souterraines engendrée par ces rejets. Pour une bonne épuration des eaux usées, il est nécessaire de connaître leurs origines, leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques.

1.2.1- Origines des eaux usées

Selon leurs origines, on distingue quatre principaux types d'eaux usées :

- les eaux usées domestiques ;
- les eaux usées industrielles ;
- les eaux usées agricoles ;
- les eaux de pluie et de ruissellement.

1.2.1.1- Eaux usées domestiques

Le volume de ces eaux usées représente environ 80% de la consommation journalière de chaque habitant. Dans les pays développés, cette consommation tourne autour de 150 litres /j / H contre 50 litres /j / H en périphérie des grandes métropoles dans les pays en développement.

Les eaux usées domestiques sont constituées par les eaux ménagères et les eaux vannes.

Les eaux vannes représentent environ le tiers des eaux usées domestiques. Issues des toilettes, elles sont constituées par les matières fécales et les urines et contiennent notamment des matières minérales, de la cellulose, des glucides...etc. Elles sont riches en germes microbiens.

Les eaux ménagères quant à elles, regroupent l'ensemble des autres rejets : eaux de cuisine, de bain, eaux de lessive. Elles contiennent des matières en suspension, des matières dissoutes organiques ou minérales, des graisses et des savons et divers détergents [21].

Les eaux usées domestiques gardent une composition relativement stable et prévisible, il n'en est pas de même pour les eaux usées industrielles.

1.2.1.2- Eaux usées industrielles

Elles sont caractérisées par leur grande diversité et comprennent :

- les eaux à charge minérale dominante représentées par les rejets des industries minières, carrières...etc. Ces eaux sont très chargées en matières en suspension ;
- les eaux à charge organique dominante issues des industries agro-alimentaires (abattoirs, tanneries, laiteries, brasseries). Elles sont chargées en matières organiques biodégradables ;
- les eaux à caractère toxique rejetées par l'industrie chimique. Leur composition peut inhiber les processus d'épuration biologique en station intensive (boue activée, disques biologiques) ou extensive (lagunage) [14, 21].

1.2.1.3. Eaux usées agricoles

Elles renferment d'une part les effluents zootechniques (purin, lisier) et d'autre part, les eaux de ruissellement qui peuvent véhiculer des résidus de pesticides et de fertilisants.

L'élevage prend une part importante dans cette pollution. A titre d'exemple, la charge polluante potentielle représentée par l'élevage est de :

- 10- 15 E-H / vache ;
- 6 E-H / veau ;
- 2- 2,5 E-H / porc;
- 0,1- 0,2 E-H / volaille.

Une exploitation de 500 vaches représente une charge polluante égale à 5000 ou 7000 habitants [21].

1.2.1.4- Eaux de pluie et de ruissellement

Les eaux pluviales et de ruissellement sont prises en compte dans le cas où le système de collecte des eaux usées est unitaire, ceci lors du traitement en station d'épuration. Les eaux de pluie sont susceptibles d'entraîner les polluants atmosphériques et de contaminer par infiltration et ruissellement les eaux superficielles et souterraines. Les principaux polluants en cause sont le SO₂, le NO et ses dérivés, les poussières [21].

1.2.2- Procédés d'épuration des eaux usées

Il existe plusieurs procédés de traitement des eaux résiduaires.

1.2.2.1- Procédés physico-chimiques

Ils consistent à alourdir les particules colloïdales en suspension par des techniques de floculation (injection massive de charbon actif ou en poudre), afin de former des floccs qui se décantent rapidement. Ces procédés permettent l'élimination de 70 à 80 % de matières en suspension et une réduction de la charge organique. Ses performances restent inférieures à celles du traitement biologique [14].

1.2.2.2.- Procédés biologiques

Ils visent à réduire la teneur en matières organiques des eaux usées par leur dégradation biologique. On distingue des systèmes intensifs et des systèmes extensifs.

➤ **Systemes intensifs**

On y retrouve les systemes à cultures fixes et ceux à cultures libres.

a- Systemes à cultures fixes

Le principe consiste à faire ruisseler les eaux usées décantées sur des matériaux poreux recouverts d'un biofilm sur lequel se développe des cultures bactériennes. Ces cultures se nourrissent de la matière organique, permettant ainsi l'élimination d'une fraction importante de la pollution.

A partir de ce principe, plusieurs variantes ont été développées, parmi lesquelles :

- les lits bactériens où le milieu support peut être une roche fragmentée en petits blocs ;
- les disques biologiques ayant pour support des disques parallèles tournant à faible vitesse et qui sont immergés sur la moitié de leur hauteur [23].

b- Systemes à cultures libres

Encore appelés systemes des boues activées, l'effluent biodégradable est mis en contact avec des amas biologiques floculés et maintenus en surface grâce à une agitation, lesquels amas assurent la dégradation de la matière organique dans des conditions d'aérobie. L'effluent passe ensuite dans un bassin de décantation secondaire où se séparent les boues [6].

➤ **Systemes extensifs**

Ils correspondent aux techniques de lagunage permettant d'atteindre un degré d'épuration qui s'avère intéressant pour une réutilisation agricole.

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries.

Le procédé consiste à faire séjourner des eaux résiduaires dans des bassins de stabilisation. En fonction de la profondeur, on distingue :

- les bassins de maturation dont la phase aqueuse est oxygénée (profondeur \leq 1,50m) ;
- les bassins de stabilisation facultatifs de profondeur variant entre 1,50 m et 2,50 m. Ils associent les conditions d'aérobie et d'anaérobie ;
- les bassins de stabilisation anaérobies dont la profondeur est supérieure à 3 m, leur fonction principale est de réduire la DBO [23].

Le fonctionnement des bassins facultatifs et anaérobies est basé sur la symbiose entre les algues productrices d'oxygène en présence de lumière et les bactéries aérobies dégradant les molécules organiques complexes ; dans la phase aqueuse anoxique par contre, les bactéries anaérobies sont responsables de la fermentation.

On distingue d'autres variantes du lagunage qui sont :

- le lagunage à macrophytes avec une profondeur plus faible : 0 à 0,50 m. Les macrophytes présentent l'avantage de jouer le rôle de support pour d'autres micro-organismes et leur récolte contribue à l'exploitation d'une fraction des éléments fertilisants.
- le lagunage à microphytes de profondeur variable et basé sur l'activité algale.
- le Chenal Algal à Haut Rendement (CAHR), qui a été mis au point suite aux travaux d'OSWALD et *al.*, cités par EL HAFIANE [8]. C'est un système apparenté au lagunage mais ses critères de dimensionnement (faible profondeur, agitation) ont fait de lui un outil orienté vers une activité photosynthétique optimisée. Il s'agit en effet d'un réacteur poussé au maximum vers la production de la biomasse algale, et basé sur une association symbiotique entre les algues et les bactéries. Le CAHR se présente sur le terrain sous la forme de piste de course ayant une profondeur ne dépassant pas 45 cm où l'eau circule avec une vitesse suffisante assurée par une roue à palettes. Le lagunage à haut rendement est obtenu par association des bassins anaérobies, du CAHR et des bassins de maturation [8].

1.2.3- Systèmes rencontrés au Sénégal

Depuis 1970, le Sénégal a fait des efforts permanents dans le traitement des eaux usées urbaines. La structure chargée d'assurer la collecte, le traitement et la valorisation des eaux usées est l'O.N.A.S. L'ensemble du réseau d'évacuation s'étend sur 630 km [25]. Différentes stations d'épuration ont été mises en place pour le traitement des eaux usées comme le montre le tableau II.

Tableau II : Stations de traitement des eaux usées au Sénégal

Localisation	Type de traitement
Cambérène	Boue activée

Patte d'Oie I	Lit bactérien
Patte d'Oie II	Boue activée
Mbao Z,I	Boue activée
Cité SHS	Boue activée
Dakar Niayes	Lagunage à microphytes
Saint- Louis	Lagunage à microphytes
Louga	Lagunage à microphytes
Saly- Portudal	Lagunage à microphytes
Kaolack	Lagunage à microphytes

Source : [11]

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES

Les diverses origines des eaux usées leur confèrent des caractéristiques variées. Des paramètres physiques, chimiques, et biologiques permettent de mesurer la pollution de ces eaux.

2.1- Paramètres physiques

Les paramètres physiques sont responsables de la pollution primaire des eaux et regroupent essentiellement les matières en suspension, la conductivité, le pH et la température.

2.1.1- Matières en suspension (M.E.S.)

Les matières en suspension associées aux substances dissoutes sont à l'origine de la turbidité des eaux usées. La détermination des M.E.S. est essentielle pour évaluer la répartition entre la pollution dissoute et la pollution sédimentable dont le devenir est pris en compte dans un système d'épuration. La méthode de référence pour déterminer les M.E.S est la méthode AFNOR n° 90-105, par filtration sur disque de verre. Elles sont exprimées en mg/ l de matière sèche insoluble [21].

2.1.2- Conductivité

Elle permet de connaître la quantité globale de sels dissous (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{2-}) et traduit la facilité avec laquelle l'eau conduit un courant électrique. La conductivité augmente avec la quantité de sels dissous et est fonction de la température. Elle est exprimée en Siemens / cm [14].

2.1.3- Température et pH

La température des eaux usées varie généralement entre 10 et 25 °C. Les processus épuratoires se réalisant en anaérobie sont plus fortement influencés par les variations de température que les processus se réalisant en aérobie.

Quant au pH des eaux usées domestiques, il est compris entre 6,5 et 8,0. Il joue un rôle capital dans la croissance des micro-organismes qui ont un pH optimum variant entre 6,5 et 7,5. Les valeurs inférieures à 5 ou supérieures à 9 affectent la viabilité et la croissance des micro-organismes. Les substances qui modifient le pH peuvent rendre inefficace le traitement des eaux usées [21].

2.2- Paramètres chimiques organiques

Dans les eaux usées, des matières organiques comme les protéines, les lipides et les glucides sont susceptibles d'être mises en évidence [14]. Ces substances en grande partie biodégradables sont témoins de la pollution secondaire des eaux usées. L'évaluation de la charge organique repose sur la détermination de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique. Cette quantification se fait de deux manières par la détermination de :

- la demande chimique en oxygène (DCO) ;
- la demande biochimique en oxygène (DBO).

2.2.1- Demande Chimique en Oxygène

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique, sans intervention d'êtres vivants, toutes les substances oxydables (sels minéraux oxydables, composés organiques biodégradables ou non). La mesure de la DCO se fait par oxydation au dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$). Elle est exprimée en mg / l d'oxygène [5].

2.2.2- Demande Biochimique en Oxygène

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie biologique (par les bactéries normalement présentes dans les eaux) les matières organiques de l'eau.

L'oxydation complète des matières organiques nécessite de 21 à 28 jours, mais la mesure de la DBO est limitée à 5 jours (DBO_5), car au-delà, débute le processus aérobie de nitrification (oxydation des matières azotées). La DBO_5 est également exprimée en mg / l d'oxygène.

Il est à remarquer que le rapport DCO/DBO_5 renseigne sur la biodégradabilité de la matière organique. Il est très variable mais permet d'adapter le traitement de l'eau par voie biologique (lagunage, boue activée, lit bactérien...). Ainsi, les eaux résiduaires ayant un rapport DCO/DBO_5 égal à :

- * 1,66 sont facilement traitables biologiquement ;
- * 2,5 sont traitables biologiquement ;
- * 5 sont susceptibles de subir un traitement biologique après adaptation.

Un rapport DCO/DBO_5 supérieur à 5 indique des eaux toxiques et non traitables biologiquement [21].

2.3- Paramètres chimiques minéraux

Il s'agit de nutriments représentés par l'azote et le phosphore. Ces éléments sont responsables de la pollution tertiaire des eaux. L'azote dans les

eaux usées se retrouve sous forme ammoniacale (NH_4^+ , NH_3), de nitrite (NO_2^-) ou de nitrate (NO_3^-). Les orthophosphates et les phosphates constituent les principales formes de phosphore rencontrées dans les eaux usées.

L'excès de ces nutriments dans les eaux résiduaires déversées à l'état brut dans un environnement peut être à l'origine de l'eutrophisation du milieu récepteur [13, 19, 24].

2.4- Paramètres biologiques

Divers micro-organismes pathogènes provenant essentiellement des matières fécales peuvent être rencontrés dans les eaux usées brutes. Ils sont à l'origine de la pollution quaternaire des eaux. Parmi eux, nous pouvons citer les bactéries, les virus, les champignons, les protozoaires et les helminthes.

2.4.1- Bactéries

Des bactéries commensales et pathogènes sont rencontrées dans les eaux usées. Les principales espèces bactériennes pathogènes fréquemment rencontrées sont : *Salmonella Typhi*, *Salmonella Parathyphi*, *Vibrio cholerae*, *Shigella sp*, *Escherichia coli*, *Campylobacter sp*, *Yersinia enterocolitica*, *Leptospira sp*. [2].

2.4.2- Virus

Dans les eaux usées, les virus rencontrés appartiennent à différents groupes. Il s'agit : des adénovirus, des coronavirus, des poliovirus, des virus des hépatites A et E etc. [1].

2.4.3- Champignons

Généralement, les espèces isolées à partir des eaux usées sont très variables et certaines seulement sont pathogènes telles que : *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Cryptococcus neoformans*, *Epidermophyton sp*, *Trychophyton sp* etc.[7].

2.4.4- Protozoaires

Les espèces de protozoaires intestinaux humains qui sont considérés comme pathogènes et fréquemment rencontrés dans les eaux usées sont : *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Giardia intestinalis*, *Cryptosporidium parvum* [1].

2.4.5- Helminthes

La contamination parasitaire des eaux usées résulte du rejet des œufs d'helminthes avec les matières fécales de l'homme ou des animaux. Les œufs d'helminthes pathogènes pour l'homme et mis en évidence dans les eaux usées appartiennent à différents groupes taxonomiques dont :

- les nématodes : *Ascaris sp*, *Toxocara sp*, *Trichuris sp*, *Ankylostoma duodenale*.... ;
- les cestodes : *Taenia saginata*, *Taenia solium*, *Hymenolepis sp*.... ;
- les trématodes : *Fasciola sp*, *Schistosoma sp*... [2, 6].

2.5- Risques attribuables à la réutilisation des eaux usées

Les eaux usées brutes peuvent être chargées en micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, champignons, œufs d'helminthes) et en substances polluantes (plomb, cuivre, cadmium...). Leur réutilisation en agriculture, en aquaculture ou pour des usages récréatifs et municipaux nécessite une bonne connaissance des risques encourus. Ils peuvent être d'ordre sanitaires ou environnementaux.

2.5.1- Risques environnementaux

Il s'agit surtout des risques de pollution de la nappe phréatique par les nitrates et de la salinisation du sol liée aux ions Na^+ et Cl^- [11, 21].

2.5.2- Risques sanitaires

Les risques sanitaires (pour l'homme et le cheptel) associés à une réutilisation des eaux usées comprennent une exposition aux maladies infectieuses, parasitaires, aux composés organiques en trace et aux métaux lourds.

Dans les pays en développement, ces risques revêtent une importance particulière en raison de la concentration élevée de ces eaux en agents pathogènes [20]. Ces derniers peuvent se retrouver sur des cultures irriguées et être à l'origine d'infections.

Parmi les agents pathogènes rencontrés, les œufs d'helminthes sont considérés comme la principale contrainte pour la réutilisation des eaux usées en agriculture. En effet, ces œufs sont doués d'une extrême résistance liée généralement à la présence d'une coque externe protectrice. De plus ces œufs ont une dose minimale infectante (DMI) faible mais aussi peuvent survivre pendant des mois sur les cultures et dans les sols [15, 17].

Une réutilisation des eaux usées en agriculture nécessite donc la mise en place d'unités de traitements efficaces de ces eaux.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

1.1- Cadre d'étude

L'étude s'est déroulée dans la région de Dakar, à la station d'épuration de Cambérène. Cette région urbanisée à 97 % est la plus développée du pays. Elle concentre l'essentiel des activités industrielles et commerciales du pays. La région de Dakar héberge 54 % de la population urbaine, ce qui fait d'elle une grande productrice d'eaux usées. L'implantation de la station à boue activée de Cambérène permet de traiter près de 10.000 m³ d'eaux usées par jour.

Les eaux résiduaires qui alimentent cette station proviennent surtout des quartiers : Parcelles assainies, Patte d'Oie, Pikine, Almadies, Maristes, Yoff, Grand Yoff, nord et ouest Foire, Liberté VI et Guédiawaye. Le drainage de ces eaux se fait par gravitation ou par pompage à travers des canalisations. Nos prélèvements d'eaux usées sont effectués juste à l'entrée de la station au niveau du bassin de convergence des différentes canalisations. Les eaux prélevées sont conservées par ajout du formol (2 ml/l) et acheminées au laboratoire.

1.2- Matériel

Le matériel utilisé pour la réalisation de ce travail est composé de :

- ◆ flacons et éprouvettes de 2 litres ;
- ◆ réactifs (saccharose , phénol, formol , sodium dodécyl sulfate 10 % ; hydroxyde de potassium) ;
- ◆ milieu de culture (Violet Red Bile Lactose) ;
- ◆ pH-mètre, spectrophotomètre ; microscope photonique ; DBO-mètre ; tubes et four à DCO, boîtes de Pétri, filtres sans cendre, eaux usées ; eau distillée.

1.3- Méthodes de travail

1.3.1- Echantillonnage des eaux usées

Des prélèvements d'eaux usées ont été faits à la station d'épuration de Cambérène avec des échantillonnages séquentiel et ponctuel.

1.3.1.1- Echantillonnage ponctuel

Trois prélèvements de 2 litres chacun sont effectués au cours de la journée à 10 h ; 14 h ; et 20 h. Ces trois prélèvements de la journée sont ensuite mélangés. De ce mélange, un échantillon composite de 2 litres est prélevé pour

analyse. Ceci permet de définir avec précision la concentration en œufs de parasites des eaux usées. Ces prélèvements sont répétés 3 fois à raison d'un prélèvement par mois.

1.3.1.2- Echantillonnage séquentiel

Il permet d'apprécier les variations journalières et au cours de la semaine.

▪ Variation journalière

Douze prélèvements de 2 litres chacun à 2 h d'intervalle en 24 h sont faits pour apprécier la variation temporelle journalière. Ces prélèvements sont répétés 3 fois à raison d'un prélèvement tous les 15 jours.

▪ Variation au cours de la semaine

Sept prélèvements de 2 litres chacun sont effectués à 11 h du lundi au dimanche afin d'apprécier la variation temporelle au cours de la semaine, les prélèvements ainsi réalisés sont répétés 3 fois à raison d'un prélèvement par mois.

1.3.2- Analyses de laboratoire

Les analyses se sont déroulées au laboratoire de Cambérène. Elles sont physico-chimiques, bactériologiques, parasitologiques et ont porté aussi bien sur les eaux usées brutes que sur les eaux usées épurées.

1.3.2.1- Analyses physico-chimiques

Différentes méthodes d'analyses ont permis de déterminer les divers paramètres physico-chimiques.

➤ Température, pH, conductivité, salinité et potentiel redox

La mesure de ces paramètres est faite selon la méthode électrochimique. Un pH-mètre multifonctions (Multiline P4) est préalablement étalonné, puis ses deux électrodes sont plongées dans l'échantillon à analyser.

L'appareil affiche directement le pH de la solution, sa température (en °C), son potentiel redox (en mV), sa conductivité (en mS/cm) et sa salinité (en g/l).

➤ Matières en suspension (MES) : méthode par pesée différentielle

(NF T 90-105)

Un papier filtre sans cendre est d'abord imbibé d'eau distillée puis séché à l'étuve à 105 °C pendant deux heures, refroidi pendant 15 minutes dans un dessiccateur et pesé (P_0). On procède ensuite à la filtration d'un volume V connu d'un échantillon (100 ml). Une fois la filtration terminée, le filtre est remis à l'étuve à 105 °C pendant trois heures, refroidi ensuite dans un dessiccateur pendant 15 minutes et pesé à nouveau (P_1), la teneur en MES de l'échantillon exprimée en mg/l est donnée par la relation : $((P_1 - P_0)/V) \times 1000$.

➤ **Demande Chimique en Oxygène (DCO) : méthode HACH** (NF T 90-101)

Nous introduisons 2 ml d'échantillon dans un tube contenant le réactif approprié (solution commerciale composée de $HgSO_4$, H_2SO_4 , Ag_2SO_4). L'ensemble est chauffé dans un four à DCO à 150°C pendant deux heures, après refroidissement la lecture est faite au spectrophotomètre DR2000 HACH à 620 nm. La DCO est donnée en mg O_2 /l.

➤ **Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours (DBO_5) : méthode manométrique (NF T 90-103)**

Encore appelée méthode instrumentale du système de Warburg, la méthode manométrique utilisée consiste à introduire un volume connu d'échantillon (43,5 ml d'eau usée brute ou 250 ml d'eau clarifiée) dans une bouteille à DBO contenant un agitateur magnétique.

On verse 0,5 à 1 ml d'hydroxyde de potassium (KOH) 20 à 40 % dans le capuchon bouchant la bouteille pour absorber le CO_2 provenant de la respiration. La fermeture du flacon ainsi préparé permet d'établir le raccordement avec le tube manométrique gradué contenant du mercure. On dépose ensuite le flacon dans le DBO-mètre puis au bout de 30 mn, durée nécessaire pour stabiliser la température de l'ensemble à 20°C ; on serre le bouchon, support du manomètre et on ajuste au zéro. La dépression causée par la consommation d'oxygène est mesurée à l'aide du déplacement du mercure. Les lectures sont faites tous les jours jusqu'au cinquième jour, on obtient alors la DBO_5 . Les résultats sont exprimés en mg O_2 /l.

1.3.2.2- Analyses bactériologiques

La méthode utilisée est celle décrite dans le manuel de l'OMS [3] sur l'analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Ainsi, après prélèvement dans un flacon stérile, 1 ml d'échantillon est dilué dans 9 ml

de solution physiologique (NaCl 0,9 %). A partir de cette solution diluée au 1/10, des dilutions successives sont réalisées ; ainsi, 1 ml de la solution (10^{-1}) est prélevé dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique, on obtient la dilution 10^{-2} .

L'opération se poursuit jusqu'à l'obtention des dilutions 10^{-3} et 10^{-4} . A l'aide d'une micropipette stérile, 1 ml de chaque dilution est déposé dans une boîte de Pétri. On coule ensuite une solution de gélose au Violet Red Bile Lactose (VRBL) initialement préparée, puis les boîtes de Pétri sont mises à l'étuve à 44°C pendant 24 heures. La concentration de l'échantillon en coliformes thermotolérants (CF/100 ml) est donnée par la relation : CF/100 ml = (nombre de colonies)/(volume de l'échantillon) x 100.

1.3.2.3- Analyses parasitologiques

La méthode utilisée pour ces analyses est celle dite d'ARTHER-FITZGERALD-FOX, décrite dans le manuel de l'OMS [3] sur l'analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Il s'agit d'une technique de purification fondée sur la différence de densité entre le liquide de dilution et les éléments parasitaires. Cette différence de densité permet aux œufs et ookystes de flotter à la surface de la solution. En effet, les œufs d'helminthes étant dispersés dans les eaux usées, il devient nécessaire de passer par une phase de concentration, ce qui justifie l'utilisation de cette méthode de flottaison.

Ainsi, chaque échantillon de deux litres est placé dans une éprouvette en verre de 2 litres pendant toute une nuit. Le lendemain, à l'aide d'une trompe à eau, nous éliminons soigneusement le surnageant. Le dépôt obtenu est centrifugé à 3000 t/mn pendant 15 mn. Le culot de centrifugation est utilisé pour l'analyse qui se déroule comme suit : le culot obtenu est mixé avec un même volume d'une solution de détergent anionique (SDS à 10 %), après agitation pendant 5 mn, la suspension obtenue est centrifugée à 1200 t/mn pendant 3 mn. Le surnageant est éliminé par aspiration. De l'eau distillée est ajoutée au culot et l'ensemble est centrifugé à 1200 t/ mn pendant 3 mn ; le culot est repris dans un volume égal d'eau distillée puis agité pendant 5 mn. Au mélange obtenu, on ajoute une solution diluée de SCHEATER (v/v). L'ensemble est ensuite centrifugé à 4200 t/mn pendant 15mn. Le culot obtenu est repris dans une solution concentrée de SCHEATER, puis centrifugé à 1200 t/mn pendant 5 mn. La couche supérieure (ménisque) est prélevée et examinée au microscope.

- Composition de la solution concentrée de SCHEATER

- * Saccharose.....500 g
- * Phénol.....6,5 g

* Eau distillée.....320 ml

- Composition de la solution diluée de SCHEATER

* Solution concentrée de SCHEATER.....12 ml

* Eau distillée.....8 ml

❖ Identification des œufs

Elle a été faite grâce au manuel de diagnostic de verminose par examen coprologique de THIENPONT et *al.*, [28]. Les critères utilisés pour l'identification des œufs d'helminthes sont essentiellement : la taille, la forme, l'épaisseur de la coque, l'existence d'embryophore hexacanthé, la présence ou non de bouchons polaires et d'une larve à l'intérieur de l'œuf.

❖ Dénombrement des œufs

- Cellule de comptage

La cellule de MAC MASTER est utilisée pour la quantification des œufs. C'est une lame constituée de deux chambres ; chacune d'elles porte un réseau carré de 10 mm de côté et une profondeur de 1,5 mm ; chaque réseau est divisé en 6 rectangles égaux pour faciliter la lecture. Le volume de lecture est de 0,15 ml et le comptage se fait au grossissement x 100.

- Formule de quantification des œufs

La quantification est effectuée par numération des œufs présents dans le ménisque. La formule utilisée est :

$$N = X/P * V/S$$

Avec :

N : nombre d'œufs par litre d'échantillon

X : nombre d'œufs dans la cellule de MAC MASTER

P : volume de la cellule = 0,30 ml

V : volume total du produit examiné en ml ($v \leq 5$ ml)

S : volume de l'échantillon d'eau usée (litre).

1.4- Traitement des données

Les résultats des analyses de laboratoire nous ont permis de procéder à des calculs de moyennes.

1.5- Période des activités

Les activités se sont déroulées de septembre à décembre 2005.

CHAPITRE II : RESULTATS

Ils concernent les aspects physico-chimique, bactériologique et parasitologique. Les données obtenues sur les eaux usées brutes et les eaux usées épurées se présentent comme suit :

2.1- Eaux brutes

2.1.1- Détermination des paramètres physico-chimiques

Les différents paramètres mesurés de même que leurs valeurs figurent dans le tableau III.

Tableau III : Valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés

Paramètres	Valeurs limites	Valeurs moyennes
Température °C	28,1-31,6	29,2
pH	7,43-8,14	7,7
Conductivité mS/cm	1,90-2,36	2,17
Salinité g/l	0,8-1,1	0,9
Potentiel redox mV	-87 à -31	-51
MES mg/l	572-880	699
DCO mg/l	1410-1984	1688
DBO ₅ mg/l	800-1050	950
DCO/DBO ₅	1,76-1,89	1,77

2.1.2- Analyse bactériologique

La recherche a concerné les coliformes thermotolérants (CF) qui sont de bons indicateurs de pollution fécale. Le nombre de CF par 100 ml est de 10⁸.

2.1.3- Analyse parasitologique

L'analyse effectuée nous a permis d'identifier différents types d'œufs d'helminthes. Ces œufs appartiennent à deux classes: la classe des nématodes et celle des cestodes. Les genres identifiés sont: *Ascaris sp*, *Trichuris sp*, *Strongyloides sp*, *Enterobius sp*, *Ankylostoma sp*, et *Hymenolepis sp*.

Dans l'échantillon, les œufs sont rencontrés dans des proportions variables comme l'indique la figure 1.

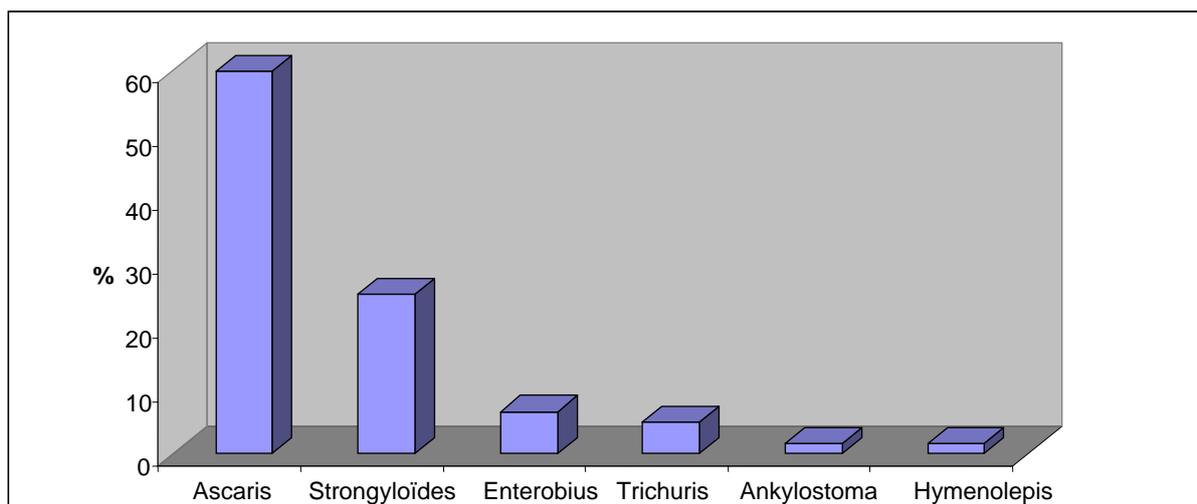


Figure 1 : Fréquence des genres identifiés

L'étude de la variation journalière des œufs d'helminthes donne les résultats consignés dans la figure 2.

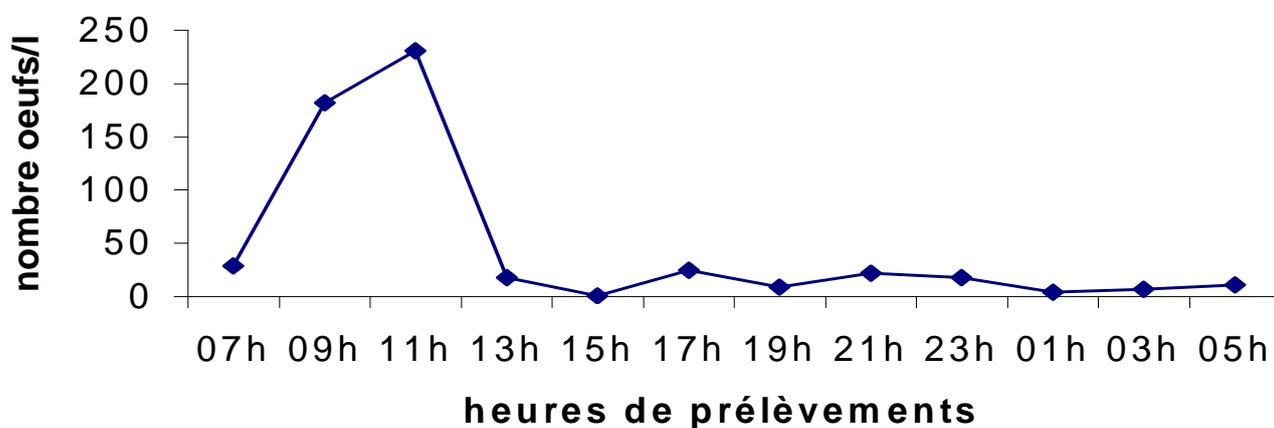


Figure 2 : Evolution journalière de la concentration des œufs d'helminthes

Quant à la variation de la charge parasitaire au cours de la semaine, les résultats obtenus sont indiqués dans la figure 3.

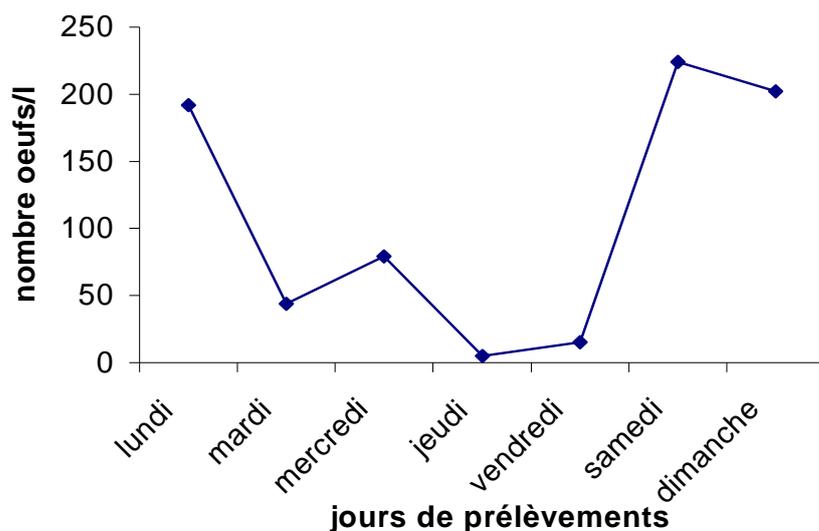


Figure 3 : Evolution de la concentration des œufs d’helminthes au cours de la semaine

2.2- Eaux épurées

Encore appelées eaux clarifiées, les résultats des analyses effectuées sur celles-ci sont essentiellement physico-chimiques et bactériologiques, l’analyse parasitologique ayant révélé l’absence d’œuf d’helminthes.

2.2.1- Mesure des paramètres physico-chimiques

Les différents paramètres mesurés et leurs valeurs figurent dans le tableau IV.

Tableau IV: Valeurs des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Valeurs limites	Valeurs moyennes
Température °C	27,7-29,5	28,2
pH	7,51-7,97	7,69
Conductivité mS/cm	1,45-169	1,59
Salinité g/l	0,5-0,7	0,6
Potentiel redox mV	-77 à -30	-50
MES mg/l	9-27	16
DCO mg/l	75-118	90
DBO ₅ mg/l	20-75	47
DCO/DBO ₅	1,57-3,75	1,91

2.2.2- Analyse bactériologique

Le nombre de coliformes thermotolérants par 100 ml est de 10^3 .

2.3- Performances épuratoires de la station à boue activée de Cambérène

Les performances épuratoires de la station de Cambérène sont rapportées dans le tableau V.

Tableau V : Efficacité épuratoire de la méthode par boue activée de la station de Cambérène

	MES mg/l	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	CF/100 ml	nb Œufs /l
Entrée	699	1688	950	10^8	180
Sortie	16	90	47	10^3	0
Abattement	98%	94,6%	95%	99%	100%

CHAPITRE III : DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

3.1- Discussion

Elle abordera les aspects physico-chimique, bactériologique et

parasitologique.

3.1.1- Aspect physico-chimique

Les principaux paramètres d'intérêt dans le bon fonctionnement d'une station d'épuration biologique sont : la température, le pH, les MES, la DCO et la DBO₅. La température et le pH influencent la multiplication des bactéries. Un excès de matières en suspension peut être à l'origine du colmatage du système de prétraitement. Aussi, des eaux résiduaires trop chargées en matières organiques seront incomplètement épurées, car nécessitant une activité microbienne plus intense.

De nos résultats, il ressort que les valeurs moyennes de la température, du pH, des MES, de la DCO et de la DBO₅ des eaux usées brutes sont respectivement de 29,2°C ; 7,7 ; 699 mg/l ; 1688 mg/l et 950 mg/l. Les valeurs de la température, du pH et de la DCO sont conformes aux normes sénégalaises sur les rejets d'eaux usées, lesquelles normes préconisent une température de 30°C, un pH compris entre 6 et 9 puis une DCO de 2000 mg/l. Par contre les matières en suspension et la DBO₅ présentent des valeurs supérieures à celles recommandées par les mêmes normes (respectivement de 600 mg/l et 800 mg/l). Ces valeurs de la DCO, de la DBO₅ et des matières en suspension obtenues lors de nos travaux sont nettement supérieures à celles rapportées par DIALLO [9] sur des effluents urbains à Niamey, indiquant des valeurs de 26,8 mg/l ; 630 mg/l et 205 mg/l respectivement pour les MES, la DCO et la DBO₅. Il est à signaler par contre que le pH de 11,7 mentionné par l'auteur sur les mêmes effluents à Niamey est très élevé par rapport à celui que nous avons trouvé. Ces différences pourraient trouver leur justification dans le fait que la pollution physico-chimique est liée essentiellement à l'usage qui est fait de l'eau, donc de son origine. Le rapport DCO/DBO₅ (1,77) indique que les matières organiques contenues dans les eaux usées brutes sont en grande partie biodégradables. Ce rapport montre également que ces eaux résiduaires sont facilement traitables biologiquement. L'oxygène nécessaire à un bon abattement de la pollution biodégradable étant fourni par les aérateurs de surface, on pourrait dire que les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes traitées à la station de Cambérène ne compromettent pas le bon fonctionnement de la boue activée.

Les valeurs moyennes des MES, DCO et DBO₅ enregistrées au niveau des eaux épurées permettent d'apprécier les performances épuratoires de la boue activée. En effet, des abattements de 98%, 94,6% et 95% sont respectivement observés pour les MES, la DCO et la DBO₅. Ceci traduit le bon fonctionnement d'une part du système de prétraitement (dessablage, dégrillage, dégraissage) et du bassin d'aération d'autre part. Toutefois, il est à remarquer que l'élimination de la pollution carbonée reste incomplète. Ceci peut être lié à la présence de matières organiques non biodégradables ou à un défaut d'oxygénation des aérateurs. Néanmoins, dans les eaux épurées les valeurs de DCO et DBO₅ restent conformes aux normes sénégalaises sur les rejets en milieux naturels qui indiquent des valeurs respectives de 200 mg/l et 50 mg/l. Cette conformité est aussi observée pour les MES dont les valeurs recommandées sont de 40 mg/l.

Nous constatons que les eaux épurées présentent des caractéristiques physico-chimiques satisfaisantes et peuvent être rejetées dans le milieu naturel sans une grande nuisance environnementale. Cependant, un effort supplémentaire reste encore nécessaire au niveau de la filière biologique pour un abattement plus poussé de la pollution carbonée, ceci en réglant régulièrement les aérateurs par exemple.

3.1.2- Aspect bactériologique

Les eaux usées brutes analysées sont fortement chargées en coliformes avec une concentration de 10⁸ CF/100 ml. Cette charge bactérienne est proche de celle rapportée par AYRES et *al.*, [3] qui est de 10⁷ à 10⁹ CF/100 ml.

Toutefois, les performances épuratoires de la boue activée conduisent à des concentrations bactériennes plus faibles dans les eaux clarifiées. Ainsi, la charge des eaux épurées en coliformes fécaux est conforme aux normes sénégalaises sur les rejets en milieux naturels (2000 CF/ 100 ml).

3.1.3- Aspect parasitologique

De nos résultats, il ressort que la concentration moyenne en œufs d'helminthes est de 180 œufs/l. Ceci révèle que les eaux usées brutes sont très chargées. Ces œufs proviennent essentiellement des matières fécales de l'homme et des animaux. Ainsi, cette forte concentration en œufs traduit le taux d'infestation de la population humaine et animale des quartiers desservis par le réseau d'égout. Cette charge en œufs d'helminthes est supérieure à celles rapportées par ASMAMA [2] et KARAMOKO [15] sur les eaux usées au Maroc qui sont respectivement de 7,56 et 14,4 œufs /l. Cette valeur est par contre proche des concentrations trouvées par AYRES et *al.*, cités par ASMAMA [2] dans les eaux usées au Kenya et au Brésil qui sont

respectivement de 158 et 184 œufs/l. Il faut cependant signaler que la concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est très variable et subordonnée aux conditions sociales, économiques, sanitaires et climatiques.

Les différents genres rencontrés dans les eaux usées pourraient traduire le polyparasitisme qui sévit dans la zone concernée. 100% des échantillons composites sont positifs. Le genre *Ascaris* est le plus rencontré avec une fréquence de 60%, ensuite vient le genre *Strongyloides* (25%). Les genres *Enterobius* et *Trichuris* sont observés dans des proportions plus faibles. L'observation des genres *Ankylostoma* et *Hymenolepis* s'est faite seulement dans 1,7% pour chaque cas. Cette répartition montre une prédominance des œufs de nématodes (98,3%), preuve de leur transmission facile et de leur pouvoir de contamination élevé. Cette prédominance des œufs de nématodes a été également signalée par DSSOULI et al., [12] d'une part et KHALLAAYOUNE [17] d'autre part. Les œufs de cestodes par contre ne représentent que 1,7 %. Quant aux trématodes, leurs œufs ne sont pas rencontrés. L'absence des œufs de trématodes serait liée à la densité de ces œufs, ce qui traduit les performances modestes de la méthode d'ARTHER et al., pour les œufs de cette classe.

L'analyse des variations de la charge parasitaire des eaux résiduaires au cours de la journée révèle une étroite corrélation entre la concentration des œufs d'helminthes et le degré des activités humaines. Ainsi, les faibles concentrations coïncident avec les moments de repos pendant la nuit (1h à 5h) avec une concentration moyenne de 7 œufs/l. Cette charge parasitaire est en moyenne de 60 œufs/l pendant les périodes d'activités (7h à 23h). Il est à remarquer aussi que dans la journée, les plus importantes charges parasitaires sont observées aux moments des toilettes corporelles à domicile, le matin de 7h à 11h et le soir entre 17h et 21h. Cette variation de la concentration des œufs d'helminthes pendant la journée permet de déterminer le moment pendant lequel la charge parasitaire atteint son pic (11h). Ce moment a été pris comme repère pour les autres prélèvements effectués afin d'étudier les variations dans la semaine des charges parasitaires. Il faut signaler que le drainage des eaux usées de leur site de production à la station d'épuration dure en moyenne 3 h. le taux d'échantillons positifs (83%) traduit la quasi-présence d'œufs d'helminthes dans les eaux usées quelle que soit l'heure de la journée.

Au cours de la semaine, 81% des échantillons analysés se sont révélés positifs indiquant une richesse des eaux usées en œufs d'helminthes tout au long de la semaine. En fonction des charges parasitaires obtenues, nous pouvons distinguer deux périodes dans la semaine, la première période allant du mardi au vendredi avec une concentration en œufs relativement faible (35 œufs/l) et la seconde période du samedi au lundi où des concentrations élevées (206 œufs/l) sont enregistrées.

Au regard de ces données, il ressort que les charges parasitaires les plus importantes sont observées en fin de semaine. Ceci est lié à la présence des familles à leur domicile en cette période et aux intenses activités ménagères.

Ces observations sur la variation journalière et au cours de la semaine sont semblables à celles faites au Maroc par BELGUYTI et *al.*, [4] qui signalent que le pic de la concentration en œufs au cours de la journée est atteint à 11h, et les fortes charges parasitaires dans la semaine sont enregistrées en fin de semaine.

L'absence d'œuf d'helminthes dans les eaux épurées indique qu'elles peuvent être réutilisées en agriculture, car conformes aux normes de l'O.M.S. [3] qui préconisent une concentration d'au plus 1 œuf / l. Actuellement, ces eaux épurées sont en partie utilisées pour irriguer l'espace vert du Technopôle de Dakar, le reste étant déversé dans la mer au niveau de Cambérène.

Parallèlement, les eaux usées brutes d'après les travaux de NIANG [19] sont utilisées par les maraîchers pour l'irrigation de leurs cultures. En effet, dans certains quartiers (Ouakam, Pikine) les maraîchers détournent une partie des eaux usées brutes vers leurs champs en greffant au collecteur principal des collecteurs secondaires.

Aussi, il est à signaler que le volume moyen des eaux usées drainées quotidiennement vers la station d'épuration de Cambérène (15 000 m³) représente environ le dixième de la production totale d'eaux usées par jour à Dakar. Ceci montre le volume limité des eaux usées sur lequel notre travail a porté. En effet, la principale station d'épuration de l'ONAS à Dakar est constituée par celle de Cambérène, traduisant une insuffisance de l'assainissement liquide.

Cette situation nous amène à faire quelques recommandations en vue d'une meilleure couverture du réseau d'assainissement, d'un respect des règles d'hygiène et d'une valorisation des eaux épurées.

3.2- Recommandations

A l'issue de ce travail, nous formulons quelques recommandations à l'endroit des entités capables d'agir de manière efficace pour étendre le réseau d'assainissement, réduire les risques liés au contact et à la réutilisation des eaux usées.

Ainsi, des actions sont à entreprendre à différents niveaux pour limiter les risques attribuables aux eaux usées brutes.

3.2.1- Recommandations aux maraîchers

Les maraîchers jouent un rôle important dans la transmission des parasites gastro-intestinaux par l'usage des eaux usées brutes en agriculture. En raison de la charge très élevée de ces eaux en œufs d'helminthes parasites et en coliformes, leur réutilisation sans restriction en agriculture doit être proscrite. Ces eaux usées brutes doivent être abandonnées au profit de l'eau de robinet ou de l'eau épurée.

3.2.2- Recommandations aux consommateurs

L'emploi en agriculture urbaine d'eaux usées est un problème de santé publique. Ainsi, pour réduire les risques de maladies parasitaires (ascaridiose, oxyurose) et infectieuses (fièvre typhoïde, choléra), les consommateurs doivent nettoyer et bien désinfecter les produits maraîchers consommés crus.

3.2.3- Recommandations à l'Etat

L'Etat a une part importante dans la gestion des eaux usées urbaines. En effet, l'Etat devra sensibiliser davantage les maraîchers, créer des infrastructures facilitant l'accès de ces maraîchers aux eaux épurées, réprimer l'utilisation frauduleuse d'eaux usées brutes en maraîchage. L'Etat devra également installer d'autres stations d'épuration, notamment des lagunages qui sont moins onéreux pour les pays en développement.

3.2.4- Recommandations aux institutions de recherche

Afin d'approfondir les connaissances sur les eaux usées urbaines à Dakar, nous suggérons la poursuite de ces travaux afin :

- de déterminer la viabilité des œufs d'helminthes rencontrés d'une part dans les eaux usées brutes et d'autre part dans les boues digérées;
- de rechercher dans les eaux usées brutes d'autres bactéries comme les genres : *Salmonella* et *Vibrio* ;
- de contrôler la qualité parasitologique et microbiologique des cultures maraîchères (tomate, laitue, carotte...) irriguées par les eaux usées brutes ;
- d'estimer le risque d'infestation parasitaire du personnel chargé de l'entretien de la station d'épuration de Cambérène.

CONCLUSION

L'eau source de vie peut devenir source de maladie lorsque sa qualité se dégrade. En effet, après son utilisation l'eau se charge en divers éléments modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Ainsi, l'eau initialement claire et potable se transforme en une eau grisâtre et usée. Les volumes d'eaux usées sont essentiellement importants dans les zones urbaines en raison de la croissance démographique. Celle-ci engendre des besoins sans cesse croissants en eau potable (ménage, toilettes).

La caractérisation de ces eaux usées passe par la détermination des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et parasitologiques. Les analyses effectuées sur les eaux usées domestiques collectées à la station d'épuration de Cambérène montrent qu'elles sont aussi bien polluées sur le plan physico-chimique que sur le plan biologique. En effet, elles sont très chargées en matières organiques, en coliformes thermotolérants et en œufs d'helminthes. Ces derniers présentent une concentration moyenne de 180 œufs par litre, ce qui témoigne d'une forte infestation de la population humaine et animale de la zone concernée. Les charges parasitaires enregistrées sont étroitement liées aux périodes d'activités humaines. Ainsi au cours de la journée, la concentration la plus importante est observée autour de 11h du matin, tandis que les charges les plus élevées au cours de la semaine sont enregistrées en fin de semaine. Les œufs d'helminthes sont quasi-présents dans les eaux usées brutes avec une prédominance des œufs de nématodes.

Malgré cette forte contamination, les eaux usées brutes continuent d'être réutilisées en maraîchage dans la région de Dakar. La limitation des risques attribuables aux eaux usées passe non seulement par l'abandon des pratiques actuelles de réutilisation de ces eaux, mais aussi par le respect des règles d'hygiène en ce qui concerne les produits maraîchers consommés à l'état cru.

BIBLIOGRAPHIE

1- AMAHMID O., 1997

Impact de la réutilisation des eaux usées en agriculture sur la distribution des protozooses intestinales et sur la contamination des cultures dans la zone d'épandage de Marrakech.

Mémoire de DESA Parasitologie : Marrakech; 129.

2- ASMAMA S., 1996

Traitement et réutilisation des eaux usées en agriculture (Marrakech) : aspect parasitologique.

Thèse de DES de 3^{ème} cycle : Marrakech ; 122.

3- AYRES R.M. ; MARA D.D., 1997

Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture.

Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie.

Genève : OMS.- 30 p.

4- BELGHYTI D., EL KHARRIM K., BACHIKH J., GABRION C., 2003

Caractérisation parasitologique des eaux usées du Lac Fouarat (Kénitra-Maroc) et évaluation du niveau épidémiologique dans une population rurale en contact avec ces eaux.

Actes Inst. Agron. Vet., **21** (4) : 155-177.

5- BONFOH A., 2000

Dynamique des polluants issus des établissements classés industriels et impact environnemental sur l'écosystème littoral et côtier : cas des abattoirs de Dakar (SOGAS EX. SERAS).

Mémoire de DEA Environnement, ISE : Dakar ; 587.

6- BOUHOUM K., 1987

Devenir des œufs d'helminthes au cours d'un traitement expérimental d'épuration par bassin de stabilisation – MARRAKECH.

Thèse 3^{ème} cycle en Sciences de la vie : Marrakech ; 159.

7- BOUHOUM K., 1996

Etude épidémiologique des helminthiases intestinales chez l'enfant de la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech : devenir des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans différents systèmes extensifs de traitements des eaux usées (lagunage, sur-irrigation drainage, lits à roseaux).

Thèse d'Etat en Sciences de la vie : Marrakech ; 227.

8- EL HAFIANE F., 2005

Combinaison de deux systèmes d'épuration à haut rendement anaérobie/aérobie pour le traitement des eaux usées (12) *in* compte rendu Atelier-séminaire sur traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé et l'environnement du 3- 6 mars.

Rabat : IAV.- 14 p.

9- DIALLO A. A. S., 2005

Caractérisation des rejets des eaux usées dans la communauté urbaine de Niamey : Impacts environnementaux sur le fleuve Niger.

Mémoire de DESS : Niamey ; 15.

10- DIGALI L., 2003

Détermination de l'équivalent habitant dans le contexte de l'assainissement de Dakar.

Mémoire de DEA Environnement, ISE : Dakar ; 683.

11- DIOP B.S., 1994

Traitement des eaux usées domestiques par voie naturelle, sous climat tropical.

Mémoire de DEA Environnement, ISE : Dakar ; 322.

12- DSSOULI K., KHARBOUA M., KHALLAAYOUNE K., HALOUI B., EI HALOUANI H., 2001

Etude de la contamination parasitologique des cultures irriguées par les eaux usées dans le Maroc Oriental.

Actes Inst. Agron. Vet., **21** (4) : 215-225.

13- GAYE M. ; NIANG S. 2002

Epuration des eaux usées et l'agriculture urbaine.

Dakar : Enda-tiers monde.- 354 p.

14- GOMELLA C. ; GUERREE H., 1983

Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales : le traitement.- 2^e édition.- Paris : EYROLLES.- 260 p.

15- KARAMOKO Y., 2000

Caractérisation parasitologique de deux rejets d'eaux usées dans l'Oued Martil (Tétouan).

Mémoire de DESA Biotechnologies Toxico-génétique et santé, FST : Tétouan ; 57.

16- KHALLAAYOUNE K., 1996

Réutilisation des eaux usées en agriculture : risque de transmission de parasites à l'homme et à l'animal.

Homme, Terre et Eaux, **26** (103) : 14-19.

17- KHALLAAYOUNE K., 2005

Epidémiologie des maladies parasitaires liées aux eaux usées : situation au Maroc et stratégies de prévention (4) *in* compte rendu Atelier-séminaire sur traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé et l'environnement du 3- 6 mars.

Rabat : IAV.- 14 p.

18- NAOUR N., 1996

Impact de la réutilisation des eaux usées en agriculture sur la contamination des cultures par les oeufs d'helminthes. Thèse d'Etudes Supérieures de 3^{ème} cycle : Marrakech ; 462.

19- NIANG S., 1995

Evacuation et traitement des eaux usées urbaines de Dakar : bilan de la situation, comportements des populations et perspectives d'avenir : premières contributions pour le choix d'un système de traitement des eaux usées urbaines de Dakar par Mosaiques Hiérarchisées d'Ecosystèmes Artificiels.

Thèse de 3^{ème} cycle en Sciences de l'Environnement : Dakar ; 90.

20- NSOM ZAMO A. C., 2003

Pollution par les eaux usées : Analyse parasitologique des eaux usées brutes et des cultures maraîchères, étude de la viabilité des helminthes et évaluation du risque sanitaire humain dans la région du Gharb (Kénitra).

Thèse de Doctorat de Parasitologie : Kénitra ; 152.

21- RADOUX M., 1995

Qualité et traitement des eaux.

Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Station expérimentale de Viville.

Bruxelles: FUL.- 153 p.

22- ROYAUME DU MAROC, 1993

Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat
Réutilisation des eaux usées en agriculture.

Rabat : CSE.- 54 p.

23- ROYAUME DU MAROC, 2002

Traitement et réutilisation des eaux usées urbaines.

Marrakech : CNRST.- 82 p.

24- SAWADOGO G.J. ; TEK0-AGBO A. ; AKPO Y., 2005

Réutilisation des eaux usées en agriculture au Sénégal : impact sur la santé et l'environnement *in* compte rendu Atelier-séminaire sur traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé et l'environnement du 3-6 mars.
Rabat : IAV.- 14 p.

25- SENEGAL, 2003

Ministère de l'Economie et des Finances
Direction de la Prévision et de la Statistique.
Dakar : DSP.- 175 p.

26- SENEGAL, 2004

Ministère de l'Economie et des Finances
Direction de la Prévision et de la Statistique.
Dakar : DSP.- 197 p.

27- SYLLA C., 2004

Epuration des eaux usées des villes pour soutenir l'agriculture : une manne liquide : [Ressource électronique]- accès internet. URL.
http://www.idrc.ca/fr/ev-63846-201-1-DO_TOPIC.html

28- THIENPONT D. ; ROCHETTE F. ; VANPARIJS O.F.J., 2003

Le diagnostic de verminose par examen coprologique.- 3^{ème} édition.- Bruxelles : JANSSEN.- 215 p.

MEMOIRE DE DEA DE PRODUCTIONS ANIMALES RESUME

Titre : Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Cambérène (Dakar)

L'étude entreprise afin d'évaluer le niveau de la pollution des eaux usées domestiques collectées et épurées à la station à boue activée de Cambérène nous a permis de caractériser aussi bien les eaux usées brutes que celles épurées.

Les différentes analyses effectuées au laboratoire de la station d'épuration de Cambérène sur des échantillons ponctuels et séquentiels d'eaux usées montrent sur le plan physico-chimique que les eaux usées brutes sont facilement traitables biologiquement. Aussi, le rapport DCO/DBO₅ (1,77) indique une biodégradabilité favorable pour ces effluents essentiellement organiques. Le nombre de coliformes thermotolérants par 100 ml est de 10⁸. La concentration moyenne en œufs d'helminthes est de 180 œufs/l. L'évolution de la charge parasitaire au cours du temps montre la quasi-présence des œufs d'helminthes dans les eaux usées brutes à des concentrations variables.

Dans les eaux clarifiées, aucun œuf d'helminthe n'a été observé. Les valeurs moyennes enregistrées sur les plans physico-chimique et bactériologique restent conformes aux normes sénégalaises sur les rejets d'eaux usées en milieux naturels.

Les performances épuratoires de cette station à boue activée sont de 98%, 94,6% et 95% respectivement pour les MES, la DCO et la DBO₅.

La charge élevée de ces eaux usées brutes en agents pathogènes interdit leur usage en agriculture contrairement aux pratiques observées sur le terrain.

Mots clés : eaux usées, pollution, physico-chimie, parasitologie, boue activée, Dakar, Sénégal.

SUMMARY

The study undertaken so as to assess the level of pollution of waste waters collected and purified at the station with activated mud in Camberene has enabled us to characterize as well the brute waste waters as the purified ones.

The different analysis carried out in the laboratory of the purifying station in Camberene on punctual and serial samples on waste waters show on the physicochemical level that brute waste waters are biologically easily treated. The COD/BOD interaction (1.77) shows a biodegradability in favour of these effluents essentially organic. The number of the coliforms per 100 ml is of 10⁸. The concentration average in helminthe eggs is of 180 eggs/l. The evolution of parasitic load in the course of time shows that almost the whole presence of helminthe eggs in brute waste waters in variable concentrations.

In cleared up water, no helminthe egg has been noticed. The everage values scored in physicochemical as well as in bacteriological levels remain suitable to the Senegalese standards on waste water rejections in natural environment.

The purifying performances of that station of activated mud one of 98%, 94.6% and respectively the MIS, the COD, the BOD.

The elevated load of these brute waste waters in pathogenic agents forbides their use in agriculture contrarily to the practices noticed in the field.

Key words: waste waters, pollution, physicochemical, parasitology, activated mud, Dakar, Senegal.

Adresse: Yao AKPO S/C Félix AKPO B.P: 21 OUESSE (Bénin)

E-mail: adjasbj@yahoo.fr