



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering



**REHABILITATION DE LA STATION D'EPURATION DU
CAMP SIC MESSA DANS LA VILLE DE YAOUNDE
(CAMEROUN) :**
**CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS TRAITES ET
COMPATIBILITE AVEC LE MILIEU RECEPTEUR**

**MEMOIRE SOUTENU EN VUE DE L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

**OPTION : GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU
MASTER SPECIALISE EN GIRE**

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par :

Mlle DJUISSI TAKAM Marlyse Eléonore

**Travaux dirigés par : Mme FOYET SONKENG Charlie
DESS en Environnement**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM

Prénom NOM

Prénom NOM

Promotion [2009/2010]

AVANT-PROPOS

Depuis le Sommet de la Terre à Rio en 1992, le Cameroun a marqué sa volonté à contribuer à l'effort global de réduction des Gaz à Effet de Serre (GES) en ratifiant la Convention Cadre sur les Changements Climatiques (CCCC) de 1994. Cette volonté se manifeste également à travers la promulgation progressive des lois et règlements visant la prise en compte de l'environnement dans tous les projets de développement.

Le défi majeur à relever pour la mise en œuvre réussie de ces conventions et textes de lois repose sur la disponibilité d'une ressource humaine qualifiée et suffisante. C'est dans ce contexte que **l'Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)** s'est engagé dans le processus de formation des jeunes aux métiers de l'Eau et l'Environnement. Le master spécialisé **Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)** est donc l'une des spécialités des formations offertes par l'établissement.

C'est dans le cadre de cette formation que nous avons effectué un stage académique dans la période allant du 17 Mai au 17 Septembre 2010, au sein du Bureau d'Etudes et Conseils **Egis Cameroun**. Il est spécialisé dans les études telles que l'expertise technique et étude de diagnostic, les études de faisabilité, les études architecturales et d'ingénierie, les études environnementales, la gestion participative (formation, sensibilisation...), le contrôle tel que le suivi environnemental, le suivi de chantier et les maitrises d'œuvres. (Organigramme en annexe 1). Il dispose d'une Cellule Environnement et assure actuellement le suivi environnemental du projet de réhabilitation de la station d'épuration de Messa dans la ville de Yaoundé.

Le but de ce stage était de faire une recherche sur l'évaluation de l'efficacité d'une technique de traitement. Le présent document constitue le mémoire de ce stage qui a porté essentiellement sur la **réhabilitation de la station d'épuration de Grand Messa**.

Ce mémoire est le résultat de nos premiers pas dans le domaine de la recherche et pourrait contenir involontairement quelques manquements et omissions éventuels. Vos critiques et suggestions constructives seront perçues comme source d'amélioration pour nos prochains travaux.

DEDICACES

A mes parents

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit d'un dur labeur personnel, mais sa pertinence et sa consistance reposent surtout sur la collaboration, l'assistance technique et académique des personnes que je tiens à remercier.

Je remercie le Directeur Général du 2ie Paul GINIES, le responsable Master GIRE monsieur Hamma YACOUBA, tous les enseignants du 2iE et tout le personnel de son administration.

Je suis particulièrement reconnaissante à Monsieur Jérôme COURBON, directeur général d'Egis Cameroun pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein du BET.

Je remercie également Monsieur Alexandre LEFEBVRE, chef du département Etude Générale au sein du BET Egis Cameroun.

Je remercie Madame FOYET SONKENG Charlie mon encadreur au sein de la société et tous ses collaborateurs au sein de la cellule environnement.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur CISSE, directeur de SOPREC et tout son personnel.

Je remercie profondément Monsieur TAYOUO Erick, mon oncle qui a été d'un grand soutien pour mon stage.

Je remercie également Monsieur TABUE Ghislain pour sa disponibilité.

Je dis un grand Merci à toute ma famille qui a su bien m'encourager pendant ce travail.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont assistée dans mon travail.

SIGLES ET ABREVIATIONS

BET	Bureau d'Etudes
CCCC	Convention Cadre sur les Changements Climatiques
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CEMAGREF	Centre National du Machinisme agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
CNPS	Caisse Nationale de Prévoyance Sociale
CPC	Centre Pasteur du Cameroun
CUY	Communauté Urbaine de Yaoundé
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
EH	Equivalent Habitant
ENSP	École Nationale Supérieure Polytechnique
GES	Gaz à Effet de Serre
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
LESEAU	Laboratoire Environnement et Science de l'EAU
MES	Matières en suspension
MINEE	Ministère de l'Energie et de l'Eau
MINEP	Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
SIC	Société Immobilière du Cameroun
SOPREC	Société de Prestations du Cameroun
STEP	Station d'Épuration
PGE	Plan de Gestion Environnemental
(2iE)	Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

RESUME

La nouvelle station d'épuration des eaux usées de Messa présente des insuffisances. Une étude sur l'efficacité épuratoire de la station a été conduite lors de notre stage au sein d'Egis Cameroun. Nos objectifs étaient d'une part de caractériser les eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP ainsi que le milieu récepteur, et d'autre part d'évaluer la compatibilité des eaux traitées avec son milieu récepteur. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

- La charge massique des effluents à traiter est de l'ordre de 132 kg de DBO5 par jour avec un volume de 330 m³/j et une population de 2200 habitants;
- Le milieu récepteur (eaux de la nappe et de la Mingoa) présente une certaine pollution considérable et la perméabilité du sol est assez bonne;
- Le dimensionnement de l'ouvrage de traitement présente des défaillances au niveau de la surface d'épandage des eaux usées.

Il ressort des observations faites que la nouvelle station d'épuration connaîtra des problèmes lors de son fonctionnement. La superficie pour cette taille de population est assez petite. L'azote et le phosphore sont assez élevés par rapport aux normes de rejet. Mais il convient de noter que les résultats d'effluents traités sont ceux de la station de l'hôpital de la CNPS que nous avons transposé à la station de Messa. La nappe phréatique est moins profonde que les différents massifs filtrants, ce qui, à la longue, pourra noyer l'ouvrage.

Mots Clés :

1 - Eau

2 - Pollution

3 - Environnement

4 - Assainissement

5 - Milieu naturel

ABSTRACT

The new wastewater treatment plant wastewater Messa has shortcomings. A study on the effectiveness of purification station was conducted during our internship at Egis Cameroon. Our objectives were to first characterize the waters at the entrance and exit of the WWTP and the receiving environment, and secondly to assess the compatibility of treated wastewater with the receiving environment. We reached the following results:

- The mass load of effluent to be treated is about 132 kg of BOD5 per day with a volume of 330 m³ / d and a population of 2200 inhabitants;
- The receiving environment (ground water and Mingoa) presents some considerable pollution and soil permeability is quite good;
- The size of the book presents treatment failures at the surface spreading of wastewater.

The observations made that the new treatment plant to experience problems during operation. The area for this population size is small enough. Nitrogen and phosphorus are relatively high compared with the discharge standards. But it should be noted that the results of treated effluent are those of the station hospital CNPS we have transposed to the station Messa. The water table is shallower than the various mass filter, which in the long run, will drown the book.

Key words:

1 -Water

2 -Pollution

3 - Sanitation

4 – Natural milieu

5 –Environment

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des différentes filières de traitement	10
Tableau 2 : Normes de rejet des eaux usées	13
Tableau 3: Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de Grand Messa	25
Tableau 4: Caractéristiques bactériologiques des eaux usées à l'entrée de la station.....	26
Tableau 5: Données hydrauliques	27
Tableau 6: Catégorisation des activités susceptibles d'avoir une influence sur la qualité des eaux du Lac, de la MINGOA et de la nappe	28
Tableau 7: Germe témoins de la contamination fécale	29
Tableau 8: Normes de rejet des eaux usées au Cameroun	33
Tableau 9: Pouvoir épurateur du Sol.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de principe d'une station d'épuration.....	5
Figure 2: Localisation du bassin de la MINGOA dans la ville de Yaoundé.....	15
Figure 3: Situation de la station d'épuration de Grand Messa dans le bassin versant de la MINGOA	16
Figure 4: Modèle de fosse septique résidentielle de Rambaud	19
Figure 5: Principe de l'épandage en plantes.....	20
Figure 6: Principe de fonctionnement de la station d'épuration	21
Figure 7: Ouvrages d'assainissement en construction	23
Figure 8: Lit du cours d'eau de la MINGOA	29
Figure 9: Déchets solides et liquides sur le site d'étude	30

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	i
DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS	iv
RESUME	v
ABSTRACT	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	vii
I. INTRODUCTION	1
II. HYPOTHESES, OBJECTIFS DE TRAVAIL ET GENERALITES SUR LES STATIONS D'EPURATION	3
II.1. Hypothèses de travail	3
II.2. Objectifs	3
II.2.1. Objectif général	3
II.2.2. Objectifs spécifiques	4
II.3 Généralités sur les stations d'épuration	4
II.3.1 Définitions	4
II.3.2 Principe de fonctionnement d'une station d'épuration	4
II.3.3 Les systèmes d'épuration et les paramètres de performances	5
II.3.3.1 Les systèmes d'épuration	5
II.3.3.1.1 Les systèmes biologiques	5
II.3.3.1.2 Les systèmes physico-chimiques.....	7
II.3.3.1.3 Les systèmes mixte.....	8
II.3.3.2 La mesure des performances de l'épuration.....	11
II.3.4 Cadre normatif du rejet des eaux usées	12
II.3.4.1 Au Cameroun	12
II.3.4.2 Normes environnementales européennes pour le rejet des eaux usées	13
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	15
III.1 Localisation de la zone d'étude	15
III.1.1 Cité SIC Grand Messa	15
III.1.2 Station d'épuration des eaux usées de la Cité de Grand Messa	15
III.2 Milieu Naturel	16
III.2.1 Climat.....	16
III.2.2 Nature du sol	17
III.2.3 Réseau hydrographique et hydrogéologique.....	17
III. MATERIEL ET METHODE	18
III.1 Matériel	18

*Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur*

III.1.1 Schéma proposé	18
III.1.2 Autres outils utilisés.....	23
III.2 Méthode	23
IV. RESULTATS.....	25
IV.1 Absence d'étude d'impact environnemental	25
IV.2 Caractéristiques des eaux provenant de la Mingoa, de la nappe et du Camp SIC	25
IV.2.1 Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques	25
IV.2.2 Dimensionnement du débit journalier	27
IV.3 Source et niveau de pollution des eaux de surface et souterraine.....	27
IV.4 Caractéristiques géotechniques du sol	31
IV.5 Dimensionnement de l'ouvrage.....	31
V. DISCUSSION ET ANALYSE	32
V. 1 Absence d'étude d'impact environnemental	32
V.2 Caractéristiques des eaux.....	33
V.3 Caractéristiques géotechniques du sol.....	35
V.4 Dimensionnement de l'ouvrage	35
V.4.1 Dimensionnement de la surface	35
V.4.2 Dimensionnement en tenant compte de la nappe phréatique	36
VI. CONCLUSION	38
VII. RECOMMANDATIONS.....	39
VIII. BIBLIOGRAPHIE	40
IX. ANNEXES	42

I. INTRODUCTION

Contexte de l'étude

La Communauté Urbaine de la ville de Yaoundé au Cameroun a entrepris au début de l'année 2010 d'aménager une nouvelle station d'épuration pour le traitement des eaux usées en provenance du Camp SIC Messa (logements sociaux aménagés au quartier Grand Messa par la Société Immobilière du Cameroun).

Le projet consiste pour l'essentiel à remplacer une ancienne station de type Boues Activées en panne depuis près de dix années par une station à lagunage de type anaérobie facultatif. Le Camp SIC Messa se trouve au cœur de la ville de Yaoundé. Le site choisi pour la nouvelle station est celui de l'ancienne station. Il fait partie du Bassin versant de la Mingoa qui comprend entre autres le Lac Municipal de Yaoundé. Cette configuration pose des préoccupations environnementales et sociales importantes du fait :

- de son emplacement en zone urbaine densément peuplée et des risques de dégradation du cadre de vie ;
- du niveau de pollution du milieu récepteur et des risques d'accroissement par apport supplémentaire d'effluents de la STEP à aménager ;
- de la nature des sources d'approvisionnement en eau des populations riveraines et leur interconnexion à l'exutoire de la STEP ;
- de la présence d'écosystèmes urbains et des niveaux de pollutions existant au niveau des exutoires d'une telle station.

D'où l'intérêt de vérifier la capacité épuratoire de la STEP à aménager car le camp sic est situé en amont du lac. Ce travail a été l'une des tâches de la Société Egis-Cameroun qui a assuré la Maîtrise d'œuvre du projet et qui dispose d'une Cellule Environnement au sein de laquelle notre stage s'est déroulé.

Problématique de l'assainissement dans les villes africaines et au Cameroun

L'assainissement dans nos villes africaines est encore précaire et nécessite des efforts considérables. Le traitement des eaux usées devient de plus en plus important afin de protéger l'environnement en général et en particulier les ressources en eau douce planète. Il permet également d'améliorer le cadre de vie des populations. Le souci de l'assainissement urbain répond à des besoins ressentis de manière plus ou moins diffuse par tous et à des préoccupations générales qui sont claires dans leur principe:

- une préoccupation de protection de la santé publique: les relations de cause à effet entre la pollution liée au rejet des eaux usées et la santé ne sont pas toujours évidentes dans l'esprit des gens et elles sont difficiles à établir de manière chiffrée par les techniciens. En effet, l'assainissement ne constitue qu'un des aspects de la recherche de la protection de la santé publique. Ce qui est certain, c'est qu'un assainissement bien approprié se traduira par une diminution certaine de la morbidité et de la mortalité;
- une préoccupation de protection de l'environnement: outre l'aspect esthétique, il y a des aspects très importants à considérer tels que la pollution des nappes et cours d'eau exploités, tout ce qui a tendance à dégrader l'environnement ;
- une préoccupation d'amélioration du cadre de vie des populations: odeurs, présence de mouches, de vers dans les latrines, etc.

Le présent travail vise à évaluer l'efficacité de la méthode de traitement des eaux usées adoptée par la Communauté Urbaine de Yaoundé et réalisée par l'entreprise SOPREC ainsi que la compatibilité de ses effluents avec son milieu récepteur (Nappe, rivière et sol).

Plus spécifiquement, il s'agit :

- d'identifier et caractériser les eaux à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration,
- de caractériser le milieu récepteur ;
- de mettre en évidence la compatibilité des effluents traités avec son milieu récepteur.

Ce mémoire s'articule autour des principaux points suivants:

- Introduction ;
- Hypothèses et objectifs de travail ;
- Présentation de la zone d'étude ;
- Matériels et méthode ;
- Résultats ;
- Discussion et analyse ;
- Conclusion ;
- Recommandation.

II. HYPOTHESES, OBJECTIFS DE TRAVAIL ET GENERALITES SUR LES STATIONS D'EPURATION

Ce chapitre présente les hypothèses et les objectifs de notre travail. Il vise à recadrer notre travail dans le sens de nos objectifs. Il met également en exergue les différents types de stations d'épuration des eaux usées pour que l'on puisse appréhender ce qu'on entend par station d'épuration.

II.1. Hypothèses de travail

→ Hypothèses sur la situation géographique de la station

La situation géographique de la station impose des normes de rejet qui varient en fonction de la capacité d'autoépuration du milieu récepteur. Messa se situe dans une zone marécageuse, zone de captage d'eau potable pour certains riverains. Il est donc impératif de limiter au maximum les rejets en azote et en phosphore.

→ Hypothèse sur le dimensionnement

Afin de dimensionner la station, les solutions de départ doivent être mises en place de manière à déterminer les quantités qui doivent être traitées journalièrement. Il faut déterminer le nombre Equivalent - Habitant.

→ Hypothèse sur le volume d'eau à traiter

Le volume d'eau à traiter par jour se répartira en moyenne sur 18 heures ou Q_{18} (la nuit, les rejets sont naturellement moins importants). La station doit être capable de traiter 3 fois ce volume (ce qui peut arriver en pointe de débit ou lors de pluies lavant dans un premier temps les conduites). En cas d'orage, elle doit pouvoir stocker ou assurer les prétraitements pour des volumes 3 fois supérieurs au débit normal.

Les ouvrages sont donc dimensionnés en fonction de ces hypothèses mais également en tenant compte des conditions de rejet imposées par le MINEP. La station doit garantir des rejets en milieu naturel dont les valeurs ne peuvent excéder celle prévue par la réglementation en vigueur.

II.2. Objectifs

II.2.1. Objectif général

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'efficacité de la méthode de traitement conçue et réalisée par SOPREC principalement sur le plan environnemental.

II.2.2. Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, il s'agit :

- ✓ d'identifier et caractériser les eaux à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration ;
- ✓ de caractériser le milieu récepteur ;
- ✓ de mettre en évidence la compatibilité des effluents traités avec son milieu récepteur.

II.3 Généralités sur les stations d'épuration

II.3.1 Définitions

Le dictionnaire encyclopédique d'Actu-Environnement définit la station d'épuration comme "une installation permettant la dépollution des eaux usées urbaines domestiques". Une station d'épuration est un système de traitement des eaux usées qui consiste à épurer l'eau usée pour le recycler dans le milieu naturel.

Une station d'épuration rassemble une succession de procédés qui permettent, petit à petit, d'épurer l'eau. Elle passe par les étapes suivantes :

► **Le pré traitement et le traitement primaire** qui comprend le dégrillage (qui élimine les déchets volumineux), le dessablage (qui permet d'extraire les sables), le déshuilage (qui débarrasse l'eau de ses corps gras) et la décantation primaire où la boue est récupérée au fond du bassin.

► **Le traitement secondaire** se fait le plus souvent de manière « biologique ». Toutefois une voie « physico-chimique » peut la remplacer ou s'y ajouter. Le traitement physico-chimique permet entre autres une meilleure coagulation des boues et favorise notamment la fixation des phosphates provenant des engrais ou des activités agricoles. Le traitement secondaire comprend l'oxygénation (de l'oxygène est inséré dans l'eau pour la défaire des substances grasses restantes) et la décantation secondaire (qui permet d'extraire une deuxième quantité de boue).

► **Le traitement des boues** s'effectue parallèlement aux traitements de l'eau (avec la boue récoltée dans les bassins de décantation et durant la clarification).

II.3.2 Principe de fonctionnement d'une station d'épuration

Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte des effluents (eaux usées domestiques et urbaines et, par extension, les eaux usées industrielles ou agricoles) et juste en amont de la sortie des eaux qui seront épurées. Dans une station d'épuration, les eaux usées passent dans plusieurs dispositifs. Chaque dispositif est conçu pour extraire les différents polluants qui sont contenus dans les eaux.

Le schéma suivant montre les différentes étapes de traitement des eaux usées dans une station d'épuration.

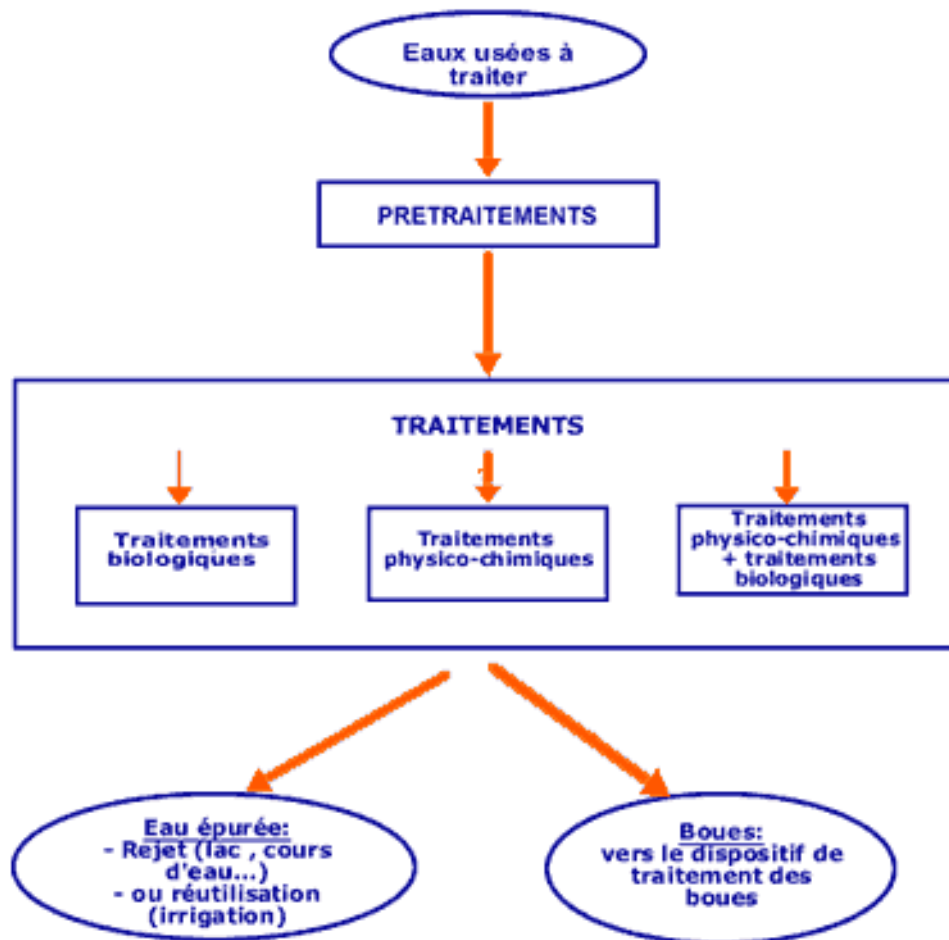


Figure 1 : Schéma de principe d'une station d'épuration

À partir du schéma de principe de fonctionnement d'une station d'épuration, on distingue plusieurs systèmes d'épuration à savoir les traitements biologiques, les traitements physico-chimiques et les traitements mixtes.

II.3.3 Les systèmes d'épuration et les paramètres de performances

II.3.3.1 Les systèmes d'épuration

II.3.3.1.1 Les systèmes biologiques

- **Les Boues Activées (BA):** Dans cette méthode, le traitement des eaux est réalisé par des microorganismes. Ce sont des bactéries qui se nourrissent de matières polluantes, mais il faut leur apporter de l'oxygène (par des apports d'air) pour leur permettre

d'assimiler les polluants. Suivant ce que l'on veut traiter, on utilise différentes bactéries soit pour :

- traiter le carbone (transformer le carbone en CO_2) ;
- transformer l'azote en nitrates puis les nitrates en azote gaz ;
- stocker le phosphore.

La séparation de l'eau traitée de la masse des bactéries (que l'on appelle « boues ») se fait dans un bassin spécifique : le "clarificateur". Pour conserver un stock constant et suffisant de bactéries dans le bassin de boues activées, une grande partie des boues extraites du clarificateur est ensuite renvoyée dans le bassin. La plupart des stations d'épuration municipales fonctionnent selon ce principe.

- ***Le décanteur-digesteur***: Il assure, dans deux compartiments séparés, la décantation des matières en suspension et la digestion anaérobie de la fraction organique des boues décantées. La digestion (ou fermentation) est plus ou moins avancée selon le temps de séjour des particules solides décantées. Les matières en suspension tombent par gravité, décantation. Les microorganismes se développent naturellement.
- ***Les filtres à sable (FS)*** : Le principe du filtre à sable est de laisser passer l'eau du bassin en retenant les particules indésirables et contaminées. Celles-ci seront ensuite conduites vers un exutoire naturel. L'eau traverse un massif de sable qui la filtre, des bactéries épuratrices se développent et complètent cette filtration.
- ***Les filtres à roseaux*** : Les stations d'épuration de type "filtres plantés de roseaux" constituent une solution intéressante grâce à leur simplicité d'exploitation (à faible coût) et à la fiabilité de leur fonctionnement. Développé par le CEMAGREF, ce procédé de traitement des eaux usées domestiques utilise des supports minéraux sur lesquels se développe une biomasse bactérienne pour épurer l'eau. Les eaux usées percolent à travers deux étages successifs plantés de roseaux. Les filtres du 1er étage constitués de gravillons retiennent à leur surface toutes les particules solides. Grâce aux roseaux, dont les tiges traversent le filtre, il n'y a pas de colmatage et les eaux poursuivent leur percolation à travers les différentes couches du filtre. Les bactéries présentes en périphérie des granulats et des racines de roseaux dégradent la matière organique contenue dans l'eau tout au long de son cheminement. Les filtres du 2ème étage servent à affiner l'épuration pour améliorer la qualité du rejet vers les milieux naturels. Les eaux usées sont traitées dans un bassin à deux étages de graviers planté

de roseaux. Les bactéries agissent au niveau des graviers, la présence des roseaux permet d'aérer les eaux.

- ***Les procédés biologiques à cultures fixées*** : les biofiltres et les lits bactériens

Le principe de ces procédés consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel les bactéries se développent constituant alors un biofilm sur ce support. On distingue :

- le lit bactérien (des galets ou des supports alvéolaires) : les eaux usées décantent sur un lit bactérien poreux. L'aération est assurée par l'oxygène de l'air. Le biofilm qui se forme se détache et tombe au fur et à mesure de sa formation.

- les biofiltres (des argiles cuites, des schistes, du polystyrène, des graviers ou des sables). Le développement des bactéries se fait sur des disques. Le biofilm obtenu dans ce cas reste accroché aux filtres.

II.3.3.1.2 Les systèmes physico-chimiques

Ils permettent d'agglomérer les particules des eaux usées par :

- **Coagulation** : Dans un premier temps, la coagulation se fait par un ajout de sels métalliques (généralement de fer ou d'aluminium) qui permettent de supprimer les répulsions intercolloïdales : les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent. Les particules colloïdales peuvent désormais se rencontrer.
- **Floculation** : Dans un second temps, la floculation permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le véritable souci est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement. La solution exploitée par la floculation est de provoquer, grâce à l'ajout de flocculant, une agglomération des particules colloïdales. Par la suite, cet agglomérat de colloïdes appelé *floc* dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanter. Le flocculant ajouté est généralement un polymère, qu'il soit organique ou naturel, qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes.

Ces particules seront ensuite éliminées par décantation ou flottation. Certaines stations d'épuration n'utilisent que des traitements physico-chimiques. Elles sont adaptées aux contextes touristiques saisonniers où les variations de charge peuvent être très brutales sur une courte période et permettent d'enlever presque la totalité des matières en suspension. La pollution dissoute n'est que très partiellement traitée.

Remarque : l'élimination du phosphore se fait par l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, et permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

II.3.3.1.3 Les systèmes mixte

Le lagunage naturel est le traitement le plus représentatif des traitements mixte. Le lagunage est un procédé qui a pour principe d'utiliser la symbiose des plantes aquatiques-microorganisme comme agent épurateur des eaux polluées. Les plantes aquatiques (algues, macrophytes) absorbent la matière minérale issue de la dégradation bactérienne et sont en retour utilisées comme support des colonies bactériennes, assurant l'épuration efficace de l'eau qui traverse lentement les colonies installées.

Il est utilisé pour les assainissements collectifs, l'eau usée subit des prétraitements puis elles circulent lentement par gravité dans une succession de bassins (appelés lagunes). Au cours de ce cheminement, la dégradation de la matière organique est assurée principalement par des micro-organismes aérobies. Les premiers bassins sont des bassins à micro-organismes, où est dégradée la matière organique contenue dans les eaux usées. Le dernier bassin contient des iris, roseaux, juncs qui absorbent les éléments minéraux issus de la dégradation de la matière organique, le rayonnement solaire peut aussi éliminer des contaminants biologiques. Il existe deux types de lagunage, le lagunage à macrophyte et le lagunage à microphyte.

→ Le lagunage à microphytes

Description : c'est le système le plus simple. Un bassin de 2 m de profondeur, pour éviter l'installation de plantes autres que les algues unicellulaires, reçoit des eaux brutes chargées de matières organiques, après un « dégrillage » et un passage dans un bac dégraisseur. La présence d'une pellicule graisseuse compromettrait le bon fonctionnement du système.

Fonctionnement : repose sur l'action combinée des algues unicellulaires et des bactéries. Grâce au rayonnement lumineux, les algues produisent de l'oxygène qui permet la respiration et le développement des colonies bactériennes. Les bactéries ainsi que certains champignons microscopiques dégradent la matière organique en azote ammoniacal. Celui-ci, dans un milieu bien oxygéné, se transforme en nitrates assimilables par les algues, tout comme les phosphates qui proviennent en majeure partie des eaux de lessives. Les algues se multiplient alors dans le milieu et ainsi de suite.

Avantage : rapidité de la mise en route du processus. C'est pourquoi les lagunes à microphytes sont indispensables dans tous les systèmes de lagunage. Pour compléter l'épuration, il est bon de les faire suivre de bassins dédiés aux macrophytes.

Entretien : pompage des boues résiduaires quand elles occupent 30 % du volume du bassin, soit tous les 5 à 10 ans. On peut obtenir un compost de bonne qualité en les mélangeant avec les roseaux fauchés lors de l'entretien annuel des bassins à macrophytes. En cas de surcharge organique, il est nécessaire de pomper de l'eau du bassin de finition pour diluer l'effluent.

→ **Le lagunage à macrophytes**

Description : plantation de végétaux (scirpes lacustres, phragmites, massettes, iris, joncs) dans 0,60 m d'eau sur un substrat sablograveleux de 0,40 m d'épaisseur.

Fonctionnement : les végétaux fixent les colonies de bactéries sur la base de leurs tiges et leurs rhizomes (tiges souterraines), ce qui améliore les performances des organismes épurateurs. Par ailleurs, ils absorbent par leurs racines une partie (10 % environ) des sels minéraux – nitrates et phosphates – issus de la décomposition de la matière organique présente dans les eaux usées.

Avantage : la plupart des macrophytes est capable d'assimiler les métaux lourds, toujours présents dans les eaux usées et nocifs pour l'environnement.

Entretien : faucardage annuel et enlèvement des parties aériennes des macrophytes afin qu'elles ne se décomposent pas sur place, ce qui aurait pour conséquences de consommer de l'oxygène dissous, au préjudice de l'épuration, de former de la vase, et de remettre en circulation finalement les sels minéraux absorbés. Par ailleurs, le faucardage a pour effet de rajeunir la communauté végétale et d'entretenir sa vigueur. Il peut être nécessaire, tous les vingt ans, de pomper les boues accumulées.

Toutes ces techniques de traitement présentent des avantages et des inconvénients. Le tableau suivant donne les avantages et les inconvénients de chaque filière de traitement.

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des différentes filières de traitement

Filières de traitement	Avantages	Inconvénients
Lagunage naturel	<ul style="list-style-type: none"> - Grande simplicité de fonctionnement ; - ne requiert pas une source d'énergie, encore une main d'œuvre qualifiée ; - coûts d'installation et d'entretien moyen ; - Adapté aux zones tropicales où les conditions climatiques favorisent un fonctionnement sans interruption toute l'année. 	<ul style="list-style-type: none"> - requiert de large surface pour son installation ; - représente un gîte de développement important de moustiques ; - inaccessibilité de tous les bassins à une intervention ; - accumulation de boues mixtes très fermentescibles ; - intervention du curage fréquent.
Filtres plantés de roseaux	<ul style="list-style-type: none"> - Bonnes performances épuratoires pour les paramètres particuliers, carbonés et azotés (NK); - Possibilité de traiter les eaux usées brutes ; - Coûts d'investissement relativement faible; - Facilité et faible coût d'exploitation (pas de consommation énergétique) hors alimentation par poste ; - Bonne intégration paysagère. 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu adapté aux surcharges hydrauliques ; - Faibles abattements pour le traitement de l'azote global (absence de dénitrification) et du phosphore; - Exploitation régulière, faucardage annuel, désherbage manuel avant la prédominance des roseaux; - Risque de présence d'insectes ou de rongeurs.
Boues activées	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne pour toute taille de collectivité (sauf très petite) ; - Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution ; - Adapté pour la protection des milieux récepteurs sensibles ; - Boues légèrement stabilisées ; - Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement assez important ; - Consommation énergétique importante ; - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ; - Sensibilités aux surcharges hydrauliques ; - Décantabilité de boues pas toujours aisées à maîtriser.
Lits bactériens	<ul style="list-style-type: none"> - Adapté pour les collectivités <10 000EH ; - Faible consommation d'énergie ; - Bonne decantabilité des boues ; - Sensibilité faible aux variations de charge et aux toxiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Performance généralement plus faible ; - Coûts d'investissement assez élevés ; - Sensibilité au colmatage et au froid ; - Source de développement d'insectes.
Biofiltres	<ul style="list-style-type: none"> - Compacité de l'ensemble des ouvrages de traitement facilitant l'intégration dans un bâtiment et la mise en œuvre d'une désodorisation centralisée - Très bonne réactivité aux variations de charge - Technologie permettant un pilotage industriel de l'épuration - Production de boues primaires propice à la mise en place d'une digestion anaérobie des boues et à la production de biogas 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte consommation énergétique - Mauvaise aptitude de cette technologie au traitement de l'azote global : la dénitrification poussée des nitrates nécessite l'ajout, en cours de traitement, d'un complément carboné (méthanol) - Gestion très automatisée nécessitant des compétences spécifiques
Décanteurs-digesteurs	<ul style="list-style-type: none"> - Adapté pour les petites collectivités ; - Bonne decantabilité des boues ; - Faible consommation d'énergie ; - Fonctionnement simple ; - Faible sensibilité aux variations de charge. 	<ul style="list-style-type: none"> - Performance plus faible qu'une technique par boues activées ; - Coûts d'investissement importants ; - Grande sensibilité aux variations de température ; - Boues putrescibles.

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Filtres à sable	<ul style="list-style-type: none"> -Coût d'investissement moyen ; -Coût d'exploitation faible (le sable n'est pas cher) ; -La vitesse de traitement est rapide -Adapté à tout type d'eau et de traitement ; -Nettoyage facile (contre courant) ; -entretien simple et facile. 	<ul style="list-style-type: none"> -Le contre lavage consomme beaucoup d'eau ; -Qualité de filtration moyenne ; -Encombrement important ; -nécessite l'adjonction de produits chimiques (floculant) pour améliorer la filtration.
Traitement physico-chimique	<ul style="list-style-type: none"> -Les installations de traitement physico-chimiques ont une faible emprise au sol ; -Adaptabilité à des extensions successives notamment lorsqu'on vise une épuration ultérieure par voie biologique ; -Accepte les variations brutales de charges polluantes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Performances épuratoires inférieures à celles obtenues par les procédés biologiques. Utilisés seuls, ils ne sont pas compétitifs ; -L'épuration physico – chimique est coûteuse en exploitation ; -Automatisation de l'installation.

II.3.3.2 La mesure des performances de l'épuration

Pour comparer les teneurs en polluants des eaux usées et des eaux épurées, on utilise plusieurs indicateurs :

- *Les matières en suspension (MES)* : matières minérales ou organiques non dissoutes mesurées en **mg/l**.
- *Les matières organiques* présentes sous forme particulaire et dissoute, on les mesure indirectement à travers

La demande biochimique en oxygène (DBO), mesurée en **mg O₂/l** (comme on la mesure pendant 5 jours (réaction lente), on parle de **D.B.O₅** mesurée en **mg O₂/l**) : c'est la quantité de dioxygène qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser les matières organiques biodégradables contenues dans celle-ci par oxydation par des bactéries aérobies. La consommation en dioxygène provient de deux réactions, une oxydation lente par voie chimique des composés organiques ou minéraux réducteurs en présence d'oxygène dissous et une consommation d'oxygène par les micro-organismes présents dans le milieu pour métaboliser les matières organiques assimilables.

La demande chimique en oxygène (DCO), mesurée en **mg O₂/l**. C'est la quantité globale d'oxygène nécessaire à la dégradation de certaines matières organiques (très difficilement biodégradables par les micro-organismes) par oxydation avec un oxydant chimique fort.

L'azote et le phosphore mesuré en **mg/l**.

Les contaminants biologiques (bactéries, parasites), mesurés en **nombre/ml**

Ces différents paramètres permettent de définir : l'**Equivalent Habitant (E.H)**. La directive européenne du 21 mai 1991 définit l'équivalent-habitant comme la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en cinq jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour. Cette unité permet de déterminer le dimensionnement des stations en fonction de la taille des populations donc de la charge polluante.

Au regard de toutes ces méthodes de traitement secondaire, le lagunage pourrait être la technique la mieux adaptée dans notre contexte. En effet, les techniques classiques telle que la boue activée sont des filières très coûteuses et nécessitent trop de moyens financiers et humains pour son entretien. À Yaoundé, la station de Messa est l'image des autres stations à boues activées où l'on note un dysfonctionnement des équipements.

II.3.4 Cadre normatif du rejet des eaux usées

II.3.4.1 Au Cameroun

Textes et législations

La loi N° 94/01 du 20 janvier 1994, portant sur la protection des écosystèmes en général, interdit tout déversement sans épuration de produits toxiques et nocifs dans le domaine forestier national, public, fluvial, lacustre et maritime. Cette loi est complétée par la loi N° 96/12 du 05 Août 1996, portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement. Les déchets doivent être gérés écologiquement. A cet effet, toutes mesures pratiques permettant d'assurer que les déchets sont gérés d'une manière qui garantisse la protection de la santé humaine et de l'environnement, contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets, sont à prendre par l'autorité compétente. Cette loi établit également le principe du pollueur payeur selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution, de la lutte contre celle-ci et de la remise à l'état des sites pollués doivent être supportés par le pollueur.

La loi No 81/03 du 07 juillet 1981 fixe et définit la copropriété des immeubles bâtis ; elle stipule que l'épuration et l'évacuation des eaux usées est obligatoire par toutes les parties.

La note circulaire No 69/NC/SP/DMPHP/SHPA du 20 août 1980 relative à la collecte, au transport et au traitement des déchets industriels, d'ordures ménagères et de matières de vidange sanitaire (gadoues), stipule que tous ces déchets devront être déversés, déchargés ou déposés à des endroits précis, étudiés, et retenus par les services de l'hygiène. Ces endroits seront choisis de façon à éviter toute pollution d'eau potable. Tout dépôt ou déversement au hasard dans le milieu naturel ou dans les cours d'eau ou leurs berges est strictement interdit.

La loi du 21 avril 2004 régissant l'urbanisme au Cameroun en son article 2 stipule que le territoire camerounais est le patrimoine commun de la nation. L'Etat et les collectivités territoriales décentralisées en sont les gestionnaires et les garants dans le cadre de leurs compétences respectives. Les collectivités territoriales décentralisées harmonisent dans le respect réciproque de leur autonomie, leur prévision et leurs décisions d'utilisation de l'espace.

Article 3- L'urbanisme est au sens de la présente loi l'ensemble des mesures législatives, réglementaires, administratives, techniques, économiques, sociales et culturelles visant le développement harmonieux et cohérent des établissements humains, en favorisant l'utilisation rationnelle des sols, leur mise en valeur et l'amélioration du cadre de vie, ainsi que le développement économique et social.

Article 78- Les dépenses obligatoires de l'Etat en matière d'urbanisation concernent tous les équipements structurants et stratégiques notamment les grands équipements sanitaires (...)

La loi n°098/005 du 14 avril 1998 portant régime de l'eau au Cameroun en son article 1^{er}, fixe dans le respect des principes de gestion de l'environnement et de protection de la santé publique le cadre juridique général du régime de l'eau.

II.3.4.2 Normes environnementales européennes pour le rejet des eaux usées

En l'absence de décret d'application des textes de loi régissant la pollution au Cameroun, nous travaillerons avec les normes européennes, ce qui nous donnera une indication sur la destinée possible de notre effluent après l'épuration.

Ces normes ne concernent que le rejet des eaux usées domestiques. On dit qu'une eau usée ou rejet d'effluent urbain est à dominance domestique si le rapport DCO/DBO₅ n'excède pas 2.5, et que sa DCO est inférieure à 750 mg/l et son azote inférieur à 100 mg/l.

Les performances des principaux procédés de traitement actuellement utilisés dans le monde ont permis de dresser le tableau 2:

Tableau 2 : Normes de rejet des eaux usées

pH : $5.5 < \text{pH} < 8.5$; 9.5 s'il y a neutralisation alcaline
Température: inférieure à 30 ° C
DCO : 150 mg/l Pour effluent non décanté : 300 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 100 kg/j. Eaux réceptrices : 50 kg/j ; 125 mg/l au-delà.

***Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur***

DBO 5 pour effluent non décanté : 100 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 30 kg/j.

Eaux réceptrices : 15 kg/j ; 30 mg/l au-delà.

MEST :

100 mg/l si le taux journalier maximal autorisé par l'arrêté n'excède pas 15 kg/j ; 35 mg/l au-delà.

150 mg/l pour une station d'épuration de lagunage

Azote global, comprenant l'azote organique, l'azote ammoniacal et l'azote oxydé : 15 mg/l en concentration moyenne mensuelle lorsque le flux journalier maximal autorisé est égal ou supérieur à 150 kg/j.

Phosphore total: 2 mg/l en concentration moyenne mensuelle lorsque le flux journalier maximal autorisé est égal ou supérieur à 40 kg/j.

Source : Arrêté 2 février 1998 J.O Communautés Européennes

Sur le plan microbiologique, la réglementation suggère l'utilisation comme test les germes tels que les coliformes fécaux, les coliformes totaux et les streptocoques fécaux. Nous ne ferons des analyses que sur notre effluent après épuration, car on sait déjà leur concentration très élevée au départ, à cause de la nature même des gadoues.

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Ce chapitre présente la localisation du site d'étude, les caractéristiques des effluents que l'on rencontre au niveau de la station et la description du milieu récepteur des effluents traités. Il vise à permettre une compréhension générale des enjeux sur le site d'étude avant la mise en place de la nouvelle station.

III.1 Localisation de la zone d'étude

III.1.1 Cité SIC Grand Messa

Situé à proximité de l'hôpital central de Yaoundé, non loin de la Briqueterie et du Centre Administratif, la cité SIC de Grand Messa est l'un des plus anciens ensembles immobiliers programmés et réalisés par l'Etat. Cette cité a été créée pour loger les premiers fonctionnaires et agents de la première décennie après l'indépendance. Elle abrite près de 2000 personnes et s'étend sur 9 hectares de terrain (Emile TANAWA et Al, 2003).

III.1.2 Station d'épuration des eaux usées de la Cité de Grand Messa

La station d'épuration de Grand Messa est située à Yaoundé capitale de la région du Centre entre le parallèle 13°05' et le parallèle 1°38'. Elle est au Nord-Ouest de la ville de Yaoundé dans le bassin versant de la Mingoa, dans la province du Centre (Fig.2).



Figure 2: Localisation du bassin de la MINGOA dans la ville de Yaoundé

Dès l'origine, il fut mis en place un réseau d'assainissement, une station d'épuration et deux stations de relevage. La station d'épuration des eaux usées en construction est située au Sud du Camp SIC Messa, non loin du MINEE, à quelques centaines de mètres en amont du Lac municipal de Yaoundé et au Nord du bassin versant de la MINGOA (Fig. 3). Elle a une superficie de 945 m² sur un totale de 1 802 m² pour le site (plan de situation en annexe).

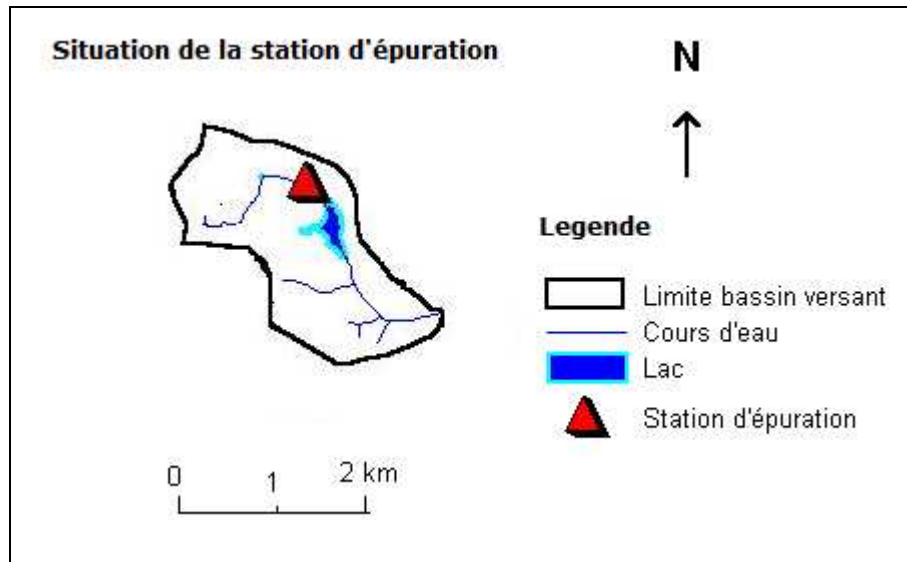


Figure 3: Situation de la station d'épuration de Grand Messa dans le bassin versant de la MINGOA

III.2 Milieu Naturel

Tout rejet d'eau usée dans la nature nécessite une bonne connaissance de son milieu récepteur. La caractérisation de ce milieu passe par la connaissance des points suivants :

III.2.1 Climat

Le climat de Yaoundé est de type équatorial marqué par l'alternance des saisons sèches et de saisons des pluies:

- une grande saison sèche de mi-novembre à la fin du mois de mars;
- une petite saison des pluies d'avril à mi-juin;
- une petite saison sèche de mi-juin à mi-août;
- une grande saison des pluies de mi-août à mi-novembre.

Il tombe en moyenne 1 650 mm d'eau par an sur le site de Yaoundé. Le caractère généralement brutal des averses joue un rôle important sur les caractéristiques de l'habitat et des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales, la pérennité des chaussées et le ravinement des

zones non protégées par la végétation. Avec une moyenne de 23,5°C, les températures oscillent entre 18 et 28°C aux saisons humides, et 19 et 35°C aux saisons sèches (Nestor BEMMO et al, 2009).

L'hygrométrie est très élevée et présente une moyenne annuelle de 83% et de grands écarts, le minimum étant, vers 15 heures, de 35% à 60% suivant les saisons (humide ou sèche), le maximum étant de 98% dans la soirée vers 22 heures.

III.2.2 Nature du sol

Des études géologiques et pédologiques sur Yaoundé montrent que son site repose sur un complexe géologique de base magmatique d'âge précambrien. Il s'agit d'un sol acide où le fer est essentiellement inclus dans les micas noirs et les grenats, Cela qui justifie le caractère acide des eaux souterraines. Magnésium (abondant), potassium (bien représenté), calcium (faiblement représenté), sodium (en très faible quantité) et phosphore (en très faible quantité) sont les principaux éléments constitutifs de ce sol. Sous les crêtes, le socle rocheux est situé en général à une profondeur de 15 à 20 m, sous une couche d'altérite (latérite argileuse ou argile rouge). Sous les fonds de vallées (comme la vallée de Messa), le socle rocheux est situé à une profondeur de 2 à 8 m sous des couches successives de vases, de sable argileux et d'argiles (Nestor BEMMO et al, 2009).

III.2.3 Réseau hydrographique et hydrogéologique

La ville de Yaoundé, est située en grande partie dans le bassin du Mfoundi, qui se présente sous la forme d'une cuvette en forme ovale, légèrement inclinée vers le sud et dominée à l'ouest par une chaîne montagneuse culminant à 1200 m. Le cours d'eau Mfoundi draine cette ville. Pour les niveaux statiques, deux zones ont été identifiées en fonction du relief ; la première est la zone des bas-fonds et la seconde zone est localisée sur les versants de collines. La première zone est caractérisée par des valeurs de niveaux statiques faibles, comprises entre 0,3 m et 4,0 m alors que la deuxième zone est caractérisée par des valeurs de niveau relativement élevées comprise entre 4,1 m et 12,0 m (Ekodeck et Kamgang Kabeyene, 2002). Les valeurs élevées des niveaux statiques sont observées pendant les périodes sèches, alors que les niveaux statiques minima sont observés en périodes humides. Cette situation traduit une plus ou moins grande sensibilité des puits aux variations météorologiques ; donc la nappe est en perpétuel battement en fonction des saisons. La hauteur moyenne de fluctuation est de 1,2 m. Les hauteurs maximales et minimales de fluctuation sont respectivement 3,89 m et 0,2 m (Ekodeck et Kamgang Kabeyene, 2002).

III. MATERIEL ET METHODE

Ce chapitre vise à décrire les différents matériels utilisés et la méthodologie. Il nous permet de comprendre la logique dans laquelle a été conduit notre travail.

III.1 Matériel

Nous avons travaillé sur la station d'épuration de Messa qui constitue notre matériel principal.

III.1.1 Schéma proposé

Sur le site actuel de la station en construction, existait une ancienne station à boues activées. Elle a fonctionné pendant 7 ans et connaît aujourd'hui un dysfonctionnement, il y a plus de 10 ans. Les conséquences de ce dysfonctionnement sont ressenties surtout au nouveau du lac municipal de Yaoundé. Les eaux sont déviées en amont et dirigées sans traitement dans la Mingoa. On note par ailleurs que les habitants sont confrontés aux problèmes de remontée des eaux usées vers les bâtiments, ceci dû au bouchage de certains regards et à la défectuosité des canalisations. Ces mêmes eaux s'écoulent à l'air libre et dégagent une odeur très désagréable constituant ainsi un grave problème d'hygiène, de santé publique et de pollution de l'environnement urbain. C'est au regard de tous ces désastres que la communauté urbaine de Yaoundé a pris l'initiative de construire une nouvelle station d'épuration. Voici l'ouvrage proposé par l'entreprise.

III.1.1.1 Prétraitement des eaux usées

Le dispositif connu et actuellement utilisé au niveau du Camp SIC Messa est la fosse septique. Celle-ci est conçue pour décanter et digérer par fermentation anaérobie les matières organiques contenues dans les eaux usées. Le modèle de fosse septique utilisé est le même que celui de **Rambaud**.

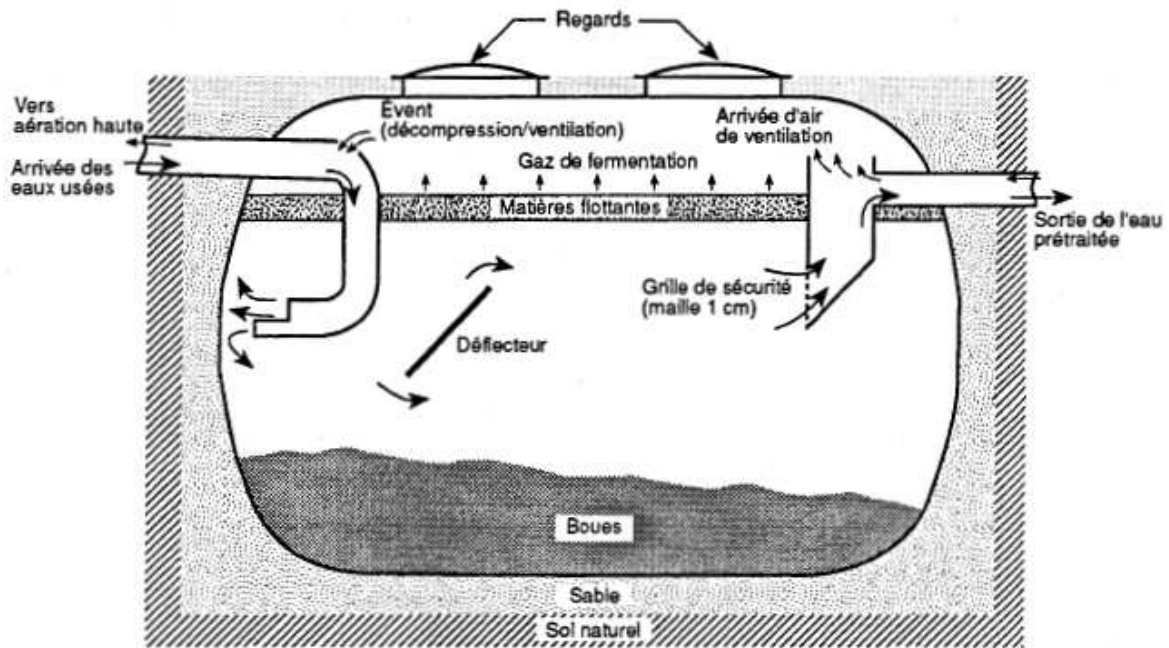


Figure 4: Modèle de fosse septique résidentielle de Rambaud

III.1.1.2 Méthode de traitement : lagunage anaérobie facultatif avec épuration des eaux usées par échange eau/sédiment

Le lagunage anaérobie facultatif avec épuration des eaux usées par échange eau/sédiment est une technique d'épuration des eaux usées conçue par SOPREC. La méthode consiste à épurer l'eau usée sous le principe d'épandage souterrain.

III.1.1.2.1 Domaine d'application

Le lagunage anaérobie facultatif avec épuration des eaux usées par échange eau/sédiment est une éco-technique d'assainissement des eaux usées qui consiste à irriguer des arbres ou des végétaux (comme le bambou, l'eucalyptus...) avec de l'eau usée. L'épandage est réalisé en sous-sol grâce à des tranchées de répartition comme l'indique la figure 5.

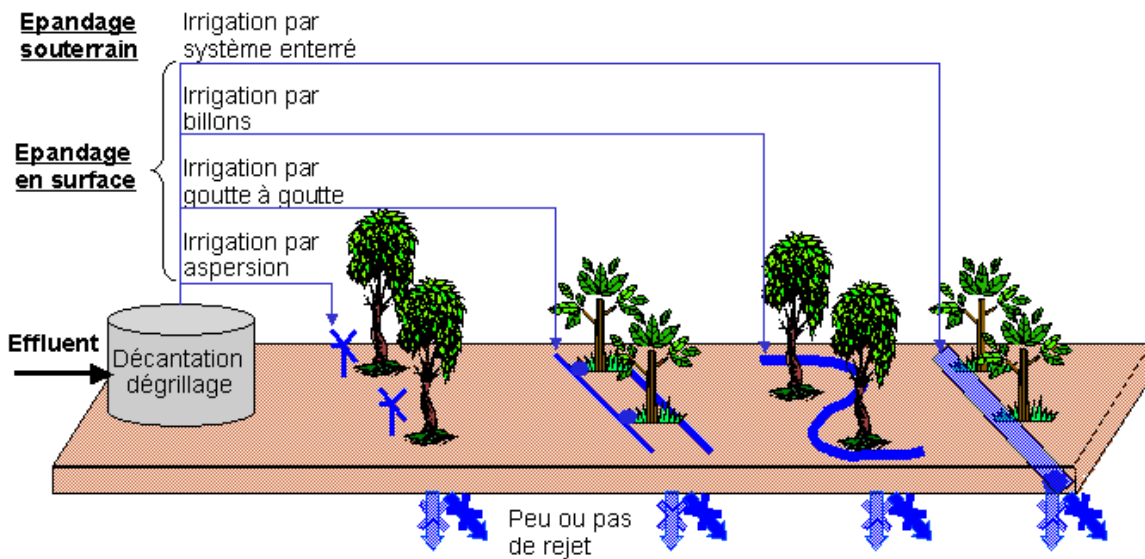


Figure 5: Principe de l'épandage en plantes

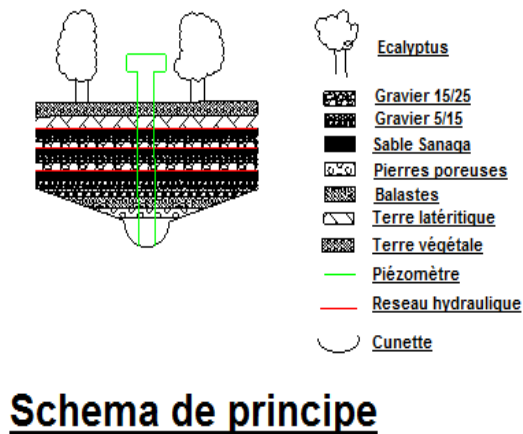
La variante retenue par l'entreprise SOPREC avec l'accord de la communauté urbaine de Yaoundé est l'épandage souterrain sur cultures d'Eucalyptus (irrigation par système enterré).

III.1.1.2.2 Principe de fonctionnement

Ce procédé est actuellement le plus poussé en matière de valorisation de l'eau et de la biomasse produite. Les filtres sont des lits de sable moyen à grossier, qui reposent sur une couche de pierres concassées. L'eau usée prétraitée est appliquée de façon permanente sur toute la superficie du filtre (alimentation uniforme) et percole à travers le médium filtrant; le filtrat sera parfois recueilli par un trop plein (lorsque la cunette est pleine) et dirigé vers un procédé additionnel de traitement, vers un lieu de rejet en surface (cours d'eau de la Mingoa). L'épuration est assurée par les végétaux (dans le cas d'espèce l'Eucalyptus) qui exportent l'eau et une partie des éléments nutritifs ainsi que par le sol grâce à son pouvoir auto-épurateur. Une phase préliminaire minimale de dégrillage/décantation primaire est nécessaire avant répartition de l'eau sur les sols.

Ce type de filtre est construit sous le niveau du terrain naturel et recouvert d'un remblai (figure 6). Une excavation de 6 à 7 mètre est d'abord réalisée, ensuite une couche de pierres concassées est déposée et enfin le milieu filtrant. Après avoir déposé le milieu filtrant (sable moyen-grossier), le sable filtrant est recouvert d'un système de tuyaux distributeurs sous faible pression: les conduites de distribution posées latéralement sur le sable filtrant sont perforées mais celle d'amenée des effluents ne le sont pas. (Nous avons ainsi réalisé trois massifs filtrants pour répondre aux exigences du terrain). Le tout est enfin recouvert d'un

matériau de remblai. Sur ce matériau de remblai, sont plantées des pieds d'Eucalyptus et du gazon. L'épuration se fait par percolation et repose sur les mécanismes de traitement par des plantes absorbantes fixées sur remblais fin. Bien conçus, ces filtres peuvent opérer de façon satisfaisante pendant de très longues périodes (jusqu'à 20 ans) sans intervention majeure.



Vue d'ensemble de la station d'épuration

Figure 6: Principe de fonctionnement de la station d'épuration

III.1.1.2.3 Conception de l'ouvrage de traitement

Il n'existe pas de modèle standard quant à la réalisation d'un système d'épuration par épandage sur cultures de plantes. Il faut, en somme, concevoir une station "à la carte" après détermination des facteurs du milieu que sont les effluents à traiter, les facteurs climatiques et le milieu récepteur dans lequel va s'écouler l'eau assainie en fin d'épandage.

→ Les effluents : Calcul de la charge entrante

Différents facteurs pris en compte sont :

- la population : elle est définie précisément sur un terme de 10-15 ans ;
- le débit: Il est de l'ordre de 150 l / habitant / jour ;
- la pédologie ;
- la surface ;
- la charge organique : exprimée en DBO₅, elle est connue afin de dimensionner correctement les installations.

Enfin, il est nécessaire de tenir compte de la qualité du réseau. Le réseau de Messa n'est pas trop long, mais en fonctionnement sera un système unitaire.

La station est réhabilitée pour recevoir actuellement une charge de 2 200 EH. La charge polluante émise par les 2 200 habitants correspond à **330 m³.j⁻¹** et **132 Kg DBO₅.j⁻¹**. Ces résultats préliminaires servent à dimensionner le système d'aération.

→ Les facteurs climatiques

Les températures et les durées d'ensoleillement, en particulier, jouent un rôle essentiel. Nous sommes en milieu tropical conseillé pour ce type de système. L'emplacement de la station et la direction des vents favorisent l'oxygénation, l'évaporation, la pluviométrie mais la qualité du milieu récepteur, n'est pas étudiée afin de prévoir un fonctionnement correct de la station.

Dans ce type d'installation, l'oxygène est produit artificiellement par insufflation d'air dans le système d'épandage à l'aide des tuyaux de 63 placés en surface.

Le système d'épandage est constitué de tuyaux PVC perforés et composé de trois lits et d'une succession de couche de granulométrie décroissante de bas en haut afin de limiter la migration du sable. Pour la mise en œuvre de ce procédé le sol doit présenter une capacité d'absorption des eaux très bonne. Il doit être suffisamment perméable pour éviter les risques de stagnation ou de résurgence de l'eau. La perméabilité des curasses alvéolaires sera appréciée sur la base des essais densimétriques réalisés en laboratoire (annexe 4).

→ Installation et aménagement

Après les études sur la détermination des charges polluantes à traiter et la surface d'épandage, des études sur le terrain ont été réalisées :

- Etudes topographiques du site: cette étude nous permet d'implanter et de délimiter l'emprise du système d'épandage (annexe 5) ;
- Etudes géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, en somme pédologique : elles permettent de déterminer la nature du terrain, repérer la présence et les niveaux des nappes phréatiques, la qualité des matériaux, teneur en eau, niveau de la nappe, mais ces études n'ont pas été réalisées en dehors des essais géotechniques.

Tous ces critères permettent de bien dimensionner l'installation : surfaces, profondeur de l'eau, perméabilité du sol.

Les ouvrages à construire sont disposés comme suit:

- en tête de dispositif : ouvrages de prétraitement (fosses hydrauliques de dégrillage, fosse de clarificateur, fosse d'évacuation d'eau surnageante). Ils permettent d'affiner l'effluent à son arrivée dans le système (figure 7);

Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé: caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur

- Système d'épandage : percolation et traitement des eaux par les couches filtrantes et les plantes absorbantes ;
- à la fin du dispositif : ouvrages d'évacuation et de prélèvement des eaux traitées. Il s'agit d'une cunette de fond en contact avec la nappe phréatique qui étant comprise entre deux couches imperméables absorbent les eaux déjà épurées.



Ouvrages de prétraitement



Système d'épandage



Ouvrage d'évacuation et de prélèvement des eaux traitées

Figure 7: Ouvrages d'assainissement en construction

III.1.1.2.4 Coûts d'investissement

Une somme de 487 476 265 (quatre cent quatre vingt sept millions quatre cent soixante seize mille deux cent soixante cinq) millions de francs CFA HT a été versée à l'entreprise SOPREC par la communauté urbaine de Yaoundé pour la réalisation des travaux et répartie comme suit:

- Réhabilitation de la STEP : 478 533 544 millions de francs CFA ;
- Entretien annuel: 8 942 721 millions de francs CFA.

III.1.2 Autres outils utilisés

Pour la réalisation de ce travail, les outils utilisés sont essentiellement composés de :

- Rapports, mémoires relatifs à l'assainissement ;
- un appareil photo numérique pour les différentes vues ;
- un ordinateur portable pour la saisie et le stockage des données ;
- des éléments de collectes de données (bloc notes, crayons, stylos...).

III.2 Méthode

La démarche méthodologique a consisté en deux phases :

Une première phase de recherche bibliographique sur l'internet et la consultation des documents dans différentes structures. Au cours de cette phase certaines structures telles le MINEP, l'UYI, GEOFOR ont été consultées.

La deuxième phase a été consacrée :

➤ **A la recherche des données sur la situation géographique de la station**

La méthode a consisté à collecter les données nécessaires pour la réalisation de la carte de situation de la station. Cette carte est réalisée sous le logiciel COVAGIS avec l'aide de SOPREC.

➤ **A la caractérisation des eaux usées de Messa, celles de la nappe et de la Mingoa**

Cette caractérisation des eaux est faite essentiellement par SOPREC et les résultats ont été mis à notre disposition. Néanmoins, les prélèvements sont effectués avec des flacons plastiques. Les eaux sont conservées dans une glacière à basse température jusqu'au laboratoire du Centre Pasteur du Cameroun (CPS). Les différentes caractéristiques des eaux vont nous permettre d'avoir une idée sur le dimensionnement de l'ouvrage et l'efficacité de la technique de traitement.

➤ **A la caractérisation du milieu récepteur**

Le sol, la nappe phréatique et le cours d'eau de la Mingoa constituent le milieu récepteur des effluents traités. Pour caractériser le milieu récepteur, nous avons reçu les résultats géotechniques sur le sol reconstitué, les résultats d'analyse de l'eau de la Mingoa et de la nappe phréatique. Ces données nous permettront de mettre en évidence la compatibilité des effluents traités avec son milieu récepteur.

IV. RESULTATS

Nous présentons dans ce chapitre les différents résultats obtenus lors de notre étude. Les résultats d'analyses des eaux usées à l'entrée de la station, ceux d'analyse des eaux de la nappe et de la Mingoa, les résultats des caractéristiques géotechnique du sol et le dimensionnement de l'ouvrage sont les différents résultats que nous avons obtenus. Les résultats d'analyse des eaux à la sortie de la station ne sont pas connus car notre stage est arrivé à terme avant la fin des travaux de construction de la station d'épuration.

IV.1 Absence d'étude d'impact environnemental

Une étude d'impact environnemental (EIE) n'a pas été faite avant la construction de la station d'épuration mais un PGE (Plan de Gestion Environnemental) a été réalisé par SOPREC. Cette EIE devrait être recommandée par le maître d'œuvre, la Communauté Urbaine de Yaoundé.

IV.2 Caractéristiques des eaux provenant de la Mingoa, de la nappe et du Camp SIC

Les eaux usées à traiter proviennent essentiellement du Camp SIC Messa à Yaoundé. Le réseau de collecte des effluents est séparatif mais dégradé.

IV.2.1 Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques

Les analyses des eaux ont été faites sur les eaux domestiques, les eaux de la nappe et les eaux du marécage riverain. Elles ont été effectuées au Centre pasteur de Yaoundé sous la demande de l'entreprise SOPREC en date du 27 Avril 2010. Les résultats ont été reçus le 03 Mai 2010 et consignés dans le tableau suivant :

Tableau 3: Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées de Grand Messa

Variables physico-chimiques	Eaux stagnantes de marécage riverain		Eaux de la nappe phréatique		Eaux usées du Camp Sic Messa	
	Résultats	Normales	Résultats	Normales	Résultats	Normales
MES (mg/l)	54.0	30 – 70	2.4	≤ 30	116.0	30 – 70
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	3.2	10.0 -25.0	1.2	≤ 3	123.6	10.0 – 25.0
DCO (mg O ₂ /l)	14.9	40 – 80	5.0	≤ 20	298.5	40.0 – 80.0
Oxygène dissous (mg/l)	8.0	-	7.0	> 7	0.0	-

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Azote de NKjeldahl (mg/l)	0.0	-	0.0	-	79.4	-
Ammonium (mg/l)	0.0	2.0 – 8.0	0.0	2.0 -8.0	0.1	2.0 – 8.0
Nitrates (mg/l)	25.1	-	38.9	-	20.4	-
Nitrites (mg/l)	0.0	-	0.0	-	0.0	-
Azote total (mg/l)	5.7	-	8.8	-	84.1	-
Phosphates (PO ₄ ³⁻) (mg/l)	0.1	-	0.3	-	6.4	-
pH	6.5	5.5 – 9.5	5.8	6.5 – 8.5	7.1	5.5 – 9.5
Turbidité	19.2	-	1.2	-	39.2	-
Nles : Normales	(Nles : Eaux de rivière de "classe 3" considérées comme de qualité médiocre" juste apte à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La vie piscicole peut subsister mais cela est aléatoire.)		(Nles : Eaux de rivière de "classe 1A" considérées comme exemptes de pollution, apte à satisfaire les usages les plus exigeants en qualité.)		(Nles : Eaux de rivière de "classe 3" considérées comme de "qualité médiocre" juste apte à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La vie piscicole peut subsister mais cela est aléatoire.)	

Les données présentées dans le tableau qui suit proviennent du Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé. Volume 11, Numéro 2, 79-84, Avril - Mai - Juin 2001, Etudes originales sur le thème "Evaluation de la charge polluante et de la charge bactérienne des rejets des stations d'épuration à boues activées à Yaoundé (Cameroun)".

Tableau 4: Caractéristiques bactériologiques des eaux usées à l'entrée de la station

Composantes microbiologiques des rejets (moyenne de 49 valeurs pour les effluents de Grand Messa)		
Variabiles bactériologiques	Valeurs	Valeurs limites (OMS)
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	Min 9.10 ⁶	1.10 ³
	Max 10.10 ⁷	
	Moy 48.10 ⁶	
Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	Min 15.10 ⁶	1.10 ³

	Max	17.10^7	
	Moy	46.10^6	
Aeromonas Hydrophila(UFC/100ml)	Min	3.10^7	
	Max	67.10^7	
	Moy	25.10^7	
Pseudomonas Aeruginosa(UFC/100ml)	Min	10.10^4	
	Max	70.10^5	
	Moy	21.10^5	

IV.2.2 Dimensionnement du débit journalier

Le débit est obtenu à partir d'une estimation faite sur les habitants du Camp SIC. Après un recensement fait auprès de la SIC, il ressort de ce recensement que la population devant être raccordée à la station est de l'ordre de 2200 Equivalent-Habitants. Le tableau ci-dessous montre les débits journaliers et horaires de pointe qui parviendront à la station d'épuration et proviennent du Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP):

Tableau 5: Données hydrauliques

Caractéristiques	Valeurs	Unités
Débit moyen journalier	330	m ³ /j
Débit moyen horaire	13.75	m ³ /h
Coefficient de pointe	2	
Débit de pointe horaire	27.5	m ³ /h

IV.3 Source et niveau de pollution des eaux de surface et souterraine

L'inventaire et l'analyse des principales sources de pollution se sont appuyés sur une synthèse des travaux effectués dans le bassin versant de la Mingoa. Ils ont été complétés par des descentes sur le terrain afin de répertorier les principales structures polluantes. Le tableau suivant donne une appréciation des différentes activités susceptibles d'avoir une influence sur la qualité des eaux du lac, de la Mingoa et de la nappe.

Tableau 6: Catégorisation des activités susceptibles d'avoir une influence sur la qualité des eaux du Lac, de la MINGOA et de la nappe

Catégorisation de l'activité	Description de l'activité	Nature des déchets	Influence sur la qualité des eaux du lac et de la MINGOA
Domestique	Activités ménagères des quartiers à habitats spontanées, dans les lotissements SIC et dans la zone résidentielle du Lac	Ordures ménagères Eaux usées domestiques	Eutrophisation
Hospitalières	Activités liés aux centres de santé (Hôpital Central de Yaoundé, Hygiène mobile,...) et assimilés (GIC santé, Pharmacies)	Déchets solides et liquides spéciaux	Intoxication de la biodiversité
Administratives	Activités Ministères et démembrements provinciaux	Déchets solides Déchets liquides	Encombrement du lit du lit du cours d'eau
Commerciales	Commerce en gros et détail, ventes produits spéciaux	Déchets industriels banals Déchets spéciaux	Intoxication de la biodiversité
Militaires	Activités militaires	Déchets ménagers Déchets spéciaux	Intoxication de la biodiversité
Educatives	Activité d'apprentissage et de formation	Déchets ménagers Déchets spéciaux	Eutrophisation
Agricoles	Cultures maraichères et vivrières	Déchets solides d'origines végétales, Lessivage d'engrais	Eutrophisation

→ Qualité des eaux superficielles

Les eaux du cours d'eau MINGOA et de ses affluents sont faiblement acides à neutres ($6,53 < \text{pH} < 7,61$). Les valeurs de la conductivité montrent que celles-ci sont moyennement minéralisées ($333 \mu\text{S/cm} < \text{conductivité} < 666 \mu\text{S/cm}$) à fortement minéralisés ($666 \mu\text{S/cm} < \text{conductivité} < 1000 \mu\text{S/cm}$) (Nestor BEMMO et al, 2009). S'agissant de la pollution organique, le cours d'eau et ses affluents présentent déjà des taux anormalement élevés, que ce soit pour les MES, les Nitrates ou les Phosphates. Les taux en oxygène dissous sont faibles, traduisant le fait d'une très forte consommation par les bactéries. Les teneurs en DBO sont comprises entre 40 en amont du cours d'eau MINGOA jusqu'à 110 mg/l à l'entrée du Lac, traduisant ainsi une augmentation de la pollution qui arrive dans le Lac. Quant aux germes témoins de la contamination fécale, les concentrations sont supérieures à la valeur seuil de 10^3 bact/ 100 ml dans toute la partie amont du bassin et ne serait pas propice à l'activité agricole qui s'y déroule. (figure 8)



a) Amont

b) Aval

Figure 8: Lit du cours d'eau de la Mingoa

→ Qualité des eaux souterraines

Quant aux eaux souterraines, les données hydrologiques sur le terrain corroborent celles d'autres études faites dans le bassin versant, notamment par le LESEAU de l'ENSP. Elles montrent qu'il n'y a eu guère amélioration de la qualité des eaux. La plupart des sources et puits analysés présente des taux anormalement élevés en germe témoin de la contamination fécale (Tableau 7).

Tableau 7: Germe témoins de la contamination fécale

Echantillon	PU1	PU2	S1 (Ntap Ntap)	S2 (Source derrière Fokou Mokolo)
T°C	26,9	27	26,2	26,8
Ph	4,9	4,95	5,34	4,7
Cnd (µS/Cm)	964	237	250	519
NH4+ (mg/l)	6,08	0,88	2,2	5,46
SF (UFC/100ml)	4,00E+02	1,20E+03	2,10E+01	2,50E+02
CF (UFC/100ml)	2,00E+03	1,20E+03	2,10E+02	1,25E+03
CT (UFC/100ml)	6,00E+05	4,00E+04	7,80E+02	7,00E+03

(Source: Rapport définitif Phase I Etude du Lac Yaoundé, PU1 : puit 1, PU2 :Puit 2, S1 : source 1, S2 : Source 2)

Vue les résultats obtenus dans le tableau, on note une certaine pollution de la nappe d'eau souterraine. Cette pollution est principalement due à la présence des latrines à fonds perdus qui côtoient les puits, mais aussi à la mauvaise gestion des déchets solides.

Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé: caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur

On note alors que les eaux superficielle et souterraine souffrent d'une réelle pollution qui nécessite une certaine attention particulière vis-à-vis de tout rejet de déchets solides ou liquides dans la nature.

→ Pollution au niveau du site d'étude

Le site de la station d'épuration en construction serait pollué du fait de la dégradation et de la mauvaise gestion des eaux usées de l'ancienne station d'épuration à boue activée. On note la présence des eaux usées qui s'épanche à même le sol sans traitement préalable, les huiles de graissages et d'autres déchets solides.

Ces déchets solides et liquides seraient à l'origine de la pollution à la fois des eaux souterraines et des eaux superficielles par infiltration et par ruissellement.



Eaux usées à l'entrée de l'ancienne station d'épuration



Eaux usées répandues un peu partout sur la zone d'étude



Caniveau d'évacuation des eaux pluviales remplie d'eaux usées



Déchets solides un peu partout sur le site d'étude

Figure 9: Déchets solides et liquides sur le site d'étude

IV.4 Caractéristiques géotechniques du sol

Un test géotechnique a été réalisé sur les cuirasses latéritiques alvéolaires que l'on retrouve à la base de l'ouvrage de traitement. Les tests géotechniques n'ont pas été réalisés sur le sol en place pour évaluer sa perméabilité. Les résultats (annexe 4) montrent la porosité des cuirasses latéritiques alvéolaires est de l'ordre de 12%.

IV.5 Dimensionnement de l'ouvrage

Le dimensionnement de l'ouvrage est fait par l'entreprise SOPREC et nous présentons ici l'essentiel des données reçues.

L'absence des normes au niveau national nous pousse à utiliser les normes européennes en vigueur pour la détermination de la surface du système d'épandage qui varie de 1 m²/ 2 Habitant (en grande Bretagne) à 1 m²/ 25 habitant (Italie). L'épandage est l'utilisation des capacités d'épuration et d'infiltration des sols reconstitués (lits filtrants). Il s'agit non seulement d'un procédé de traitement mais aussi d'un mode de rejet.

→ Hypothèses de dimensionnement

Les valeurs tirées de la bibliographie montrent que les points clé du dimensionnement d'un épandage sont :

- le temps de séjour : 5 jours ;
- la surface unitaire : 0.3 à 0.5 m²/habitant à 60 g de DBO₅.j⁻¹ ;
- Profondeur minimale d'épandage : 2 m.

→ Cependant, les valeurs réelles de notre site d'étude sont les suivantes :

La surface minimale du bassin d'épandage : $0.3 \times 2\ 200 = 660\ m^2$

Taux d'accroissement de la population : 4%

Horizon : 10 ans

Population actualisée : 3 200 Habitant

Surface nécessaire : 960 m²

Volume minimal : $150\ l/hab/j \times 3\ 200 \times 5 = 2\ 400\ m^3$

Avec les contraintes actuelles de terrain, nous avons opté pour une surface d'épandage de 945 m² soit 98% de la superficie nécessaire dans un horizon de 10 ans mais 100% de la surface nécessaire actuellement.

Profondeur minimale : $2\ 400 / 945 = 2,54\ m > 2\ m$

V. DISCUSSION ET ANALYSE

V. 1 Absence d'étude d'impact environnemental

L'étude d'impact constitue l'outil privilégié de l'évaluation Environnementale et de décision sur la faisabilité des travaux et projets d'aménagement. Le droit de l'environnement oblige les maîtres d'ouvrage publics et privés à respecter l'environnement lorsqu'ils projettent des travaux et aménagements pouvant avoir des impacts sur celui-ci (Patrick Michel, 2001).

Par ailleurs, l'étude d'impact aide le maître d'ouvrage à concevoir un meilleur projet pour l'environnement, éclaire l'autorité administrative sur la nature et le contenu de la décision à prendre, contribue à l'information du public en le faisant participer à la décision finale. L'article 17 – (1) de la loi cadre sur l'environnement stipule que *le promoteur ou le maître d'ouvrage de tout projet d'aménagement, d'ouvrage, d'équipement ou d'installation qui risque, en raison de sa dimension, de sa nature ou des incidences des activités qui y sont exercées sur le milieu naturel, de porter atteinte à l'environnement est tenu de réaliser, selon les prescriptions du cahier des charges, une étude d'impact permettant d'évaluer les incidences directes ou indirectes dudit projet sur l'équilibre écologique de la zone d'implantation ou de toute autre région, le cadre et la qualité de vie des populations et des incidences sur l'environnement en général.* Selon cet article, tout projet d'une envergure de celle de la STEP de Messa, doit faire l'objet d'une étude d'impact.

La non réalisation d'une étude d'impact environnemental sur la STEP de Messa est donc un préjudice causé à l'environnement en terme de pollution probable des eaux souterraine et de surface. De plus, l'ouvrage de traitement doit être conçu en fonction des exigences environnementales. Dans ce cas, il faudra prescrire un audit environnemental en phase d'exploitation.

Il est également à noter qu'un PGE (Annexe 2) a été réalisé par SOPREC, mais ce PGE a été réalisé sur la base de quoi si l'étude d'impact environnemental n'a pas été préalablement définie?

V.2 Caractéristiques des eaux

La caractérisation des eaux usées constitue une donnée de base pour la conception de toute filière de traitement. Elle permet de mieux cibler les objectifs de traitement en relation avec les normes de rejet fixées par le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MINEP) pour un projet en particulier. En effet, la conception de l'ouvrage prend en compte le taux de charge massique en plus du taux de charge hydraulique. Les caractéristiques des eaux usées dans les tableaux 3 et 4 montrent que les valeurs de la DBO₅, la DCO, les MES, le Phosphore et l'Azote sont assez importants pour qu'un traitement bien adéquat soit adopté.

A première vue, le lagunage est la technique que nous aurons préconisée par rapport à son rendement en termes de variabilité assez importantes de charge organique ou hydraulique ou encore d'effluents concentrés. La station d'épuration du Camp SIC Biyemassi (à Yaoundé) reçoit à peu près les mêmes charges massiques et hydrauliques. Elle fonctionne assez bien. Mais les contraintes de surface, de coût d'investissement et d'exploitation amène la CUY à réfléchir sur d'autres techniques d'assainissement.

D'où la nouvelle technique d'assainissement conçu par SOPREC. Cette technique est celle d'un lagunage mais avec comme variante l'épandage souterrain. Elle a déjà été mise sur pied à l'hôpital de la caisse pour le traitement de ses eaux usées. Les résultats escomptés (annexe 3) de cette station sont assez bonne et nous pouvons prendre référence sur cette station pour faire une certaine analogie avec celle de Messa. Selon les normes de rejet au Cameroun, tout effluent rejeté devrait respecter les normes de rejet. Le tableau suivant présente les normes de rejet, selon la Loi n° 96/12 du 05 août 1996 portant loi-cadre relative à la gestion de l'environnement.

Tableau 8: Normes de rejet des eaux usées au Cameroun

PARAMETRES	NORMES DE REJET
pH :	5.5 < pH < 9.5
Température:	Inférieure à 30 ° C
DCO Pour effluent non décanté	200 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 100 kg/j. 100 mg/l au-delà.
DBO 5 pour effluent non décanté	80 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 30 kg/j. 40 mg/l au-delà.
MEST	Inférieur à 50 mg/l

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Azote (azote total =azote organique +azote ammoniacal +azote oxydé)	Inférieur à 30 mg/l en concentration moyenne mensuelle lorsque le flux journalier maximal est égal ou supérieur à 50 kg/jour.
Phosphore (phosphore total) :	Inférieur à 10 mg/l en concentration moyenne mensuelle lorsque le flux journalier maximal autorisé est égal ou supérieur à 15 kg/jour.

En terme de DBO₅, de DCO, de MES, et de pH, les résultats obtenus à la station d'épuration de l'hôpital de la Caisse¹ respectent les normes de rejet. Mais des efforts restent encore à faire au niveau de l'Azote et du Phosphore. Le pouvoir épurateur des sols pour le traitement des eaux usées est reconnu depuis longtemps dans la littérature. On admet généralement une bonne efficacité de traitement en ce qui concerne les composés carbonés, phosphorés, sodés et les germes, mais moindre en ce qui concerne les composés azotés.

Tableau 9: Pouvoir épurateur du Sol

Le pouvoir épurant du sol				
Paramètres	Eau brute	Sortie fosse septique	Prélèvement effectués Sous l'épandage	
			à 0,3 m	à 0,9 m
DBO ₅ [mg]	270 - 400	140 – 175	0	0
MES [mg/l]	300 - 400	45 – 65	0	0
Coliformes féc.NPN 100 ml	10 ⁶ à 10 ⁸	10 ³ à 10 ⁶	0 à 10 ²	0
Virus PFU/ml	¥	10 ⁵ à 10 ⁷	0 à 10 ³	0
Azote total [mg/l]				
N-NH ₄ [mg/l]	100 à 150	50 à 60	traces à 60	traces à 40
N-NO ₃ [mg/l]	60 à 120	30 à 60	traces à 40	traces à 20
Phosphore [mg/l]	10 - 40	10 – 30	traces à 10	traces à 1

Réf. : V. DEBBAUT, Caractérisation du sol vis-à-vis de l'assainissement. Tribune de l'eau, 45, n°560. p.64. (1992)

Ce tableau montre que le sol épure bien l'azote. Mais, il faudra que l'adsorption des plantes se fasse dans la rhizosphère (racines) pour que l'azote libéré par les bactéries soit en grande partie absorbé par les plantes et aura peu de chance d'atteindre la nappe phréatique. Pour cela, il faut évidemment respecter les normes de dimensionnement des drains de dispersion afin de ne pas dépasser la capacité d'épuration du sol. Les épandages souterrains permettent généralement de bien nitrifier l'azote qui peut se retrouver à des concentrations d'environ 40 milligrammes par litre dans l'effluent avant de rejoindre la nappe; il y a donc un potentiel de

¹ Les résultats utilisés sont ceux de l'hôpital de la CNPS. La station d'épuration de Messa a le même procédé que celui de cet hôpital.

contamination et de risque pour la santé. En revenant sur la station de Messa, on constate que les riverains s'alimentent avec l'eau de la nappe et les effluents qui seront traités vont être rejetés dans la nappe et la rivière de la Mingoa. On pourra ainsi assister à l'eutrophisation poussée du lac municipal en aval de la Mingoa et à une contamination encore plus poussée de la nappe en azote nitrique, dangereux pour la santé. Cette contamination de la nappe sera plus poussée d'autant plus que les eaux de la nappe présentent déjà une certaine pollution.

V.3 Caractéristiques géotechniques du sol

Il a été testé la perméabilité des cuirasses et non pas celle du sol qui permettra l'infiltration dans les nappes plus profondes si déjà elles existent. L'ouvrage étant enterré à 7m de profondeur, un test de perméabilité à partir de 7m de profondeur devait être fait pour tester la capacité d'infiltration des eaux traitées. La texture et la structure du sol contrôlent le processus d'infiltration-percolation dont elles déterminent les capacités hydrauliques et épuratoires. Cependant, l'application des eaux usées brutes peut entraîner un colmatage important du sol en raison de la charge en M.E.S. et en matières organique. En effet, il faut éviter l'apparition d'un colmatage microbien en profondeur qui est plus difficile à traiter.

Une autre chose qui montre qu'il pourrait ne pas avoir une bonne perméabilité du sol au-delà de 7m profondeur est le plein trop. Le trop plein actuellement rejette d'énorme quantité d'eau, une preuve que le sol n'est pas assez perméable au-delà de 7m.

V.4 Dimensionnement de l'ouvrage

V.4.1 Dimensionnement de la surface

Il est noté dans les résultats que les normes européennes en vigueur pour la détermination de la surface du système d'épandage varie de 1 m²/ 2 habitant (en grande Bretagne) à 1 m²/ 25 habitant (Italie). Or, ces normes n'existent nulle part. Ces normes sont plutôt valables pour le traitement des boues d'épuration par le procédé <<Lit de séchage>>. Les lits de séchage sont un procédé largement utilisé, avant épandage agricole ou mise en décharge des boues séchées. On comprend bien que ce procédé de traitement des boues d'épuration n'a rien à voir avec le dimensionnement d'une station d'épuration.

Selon les normes françaises, la surface du système d'épandage varie de 2 à 2.5 mètres carré par habitant. En calculant la même surface à partir des mêmes données standards françaises et en prenant 2 m²/habitant, nous aurons : $S = \text{surface unitaire} * \text{nombre habitant}$. La surface minimale de dimensionnement est donc $S = 2\text{m}^2 * 2200 \text{habitants}$ soit $S = 4400\text{m}^2$. On note alors

un grand décalage d'environ 3455m^2 entre la surface calculée par SOPREC et celle que nous venons de calculer. Le concepteur donne comme solution au problème de surface, la pose de trois massifs de 945m^2 chacun mais, nous constatons encore que malgré ce réajustement, on a une superficie totale de : $S=945*3\text{ m}^2$ soit $S= 2835\text{ m}^2$. Cette superficie est environ la moitié de celle que nous avons calculée. Le déficit de surface peut causer un véritable disfonctionnement de l'ouvrage puisque compte tenu du temps de séjour de l'eau, la surface doit être dimensionnée en conséquence. Par ailleurs, le dimensionnement devrait prendre en compte la croissance de la population. Admettons qu'au bout de 10ans, on aura une population de 3200 habitants, l'actuelle station ne pourra pas supporter la charge hydraulique entrante si déjà on suppose qu'elle ne pourra pas supporter celle actuelle. De plus, les eaux de pluies n'ont pas été prises en compte dans le dimensionnement. On pourra assister à une inondation de la station d'épuration.

V.4.2 Dimensionnement en tenant compte de la nappe phréatique

La nappe se situe à environ 2m du sol et elle est moins profonde que l'ouvrage en question. L'ouvrage est enterré à une profondeur de 7m. L'eau issue de cette nappe était pompée et rejetée dans la rivière de la Mingoa (pendant la phase des travaux) où elle suivait son cours. Un trop plein a été construit pour assurer l'évacuation des eaux en trop au niveau de la cunette. Cette nappe qui est supposée être l'un des milieux récepteur des effluents traités se trouve placé plus au dessus des massifs filtrants. Serait-elle encore un milieu récepteur ou fera-t-elle parti des effluents à traiter ? C'est une question que nous sommes amenés à nous poser. De prime à bord, des études hydrogéologiques n'ont pas été réalisées sur le site pour connaître le sens d'écoulement ou d'étalement des eaux de la nappe encore moins la profondeur exacte de la nappe. A supposé qu'elle s'écoule horizontalement, cette eau de la nappe mélangée aux eaux usées non traitées alimentera de nombreux puits riverains. Hors mis cette aspect de pollution de la nappe, l'ouvrage se trouvera noyé et par conséquent l'efficacité épuratoire sera remise en question.

En résumé, les techniques associant l'épandage souterrain devront prendre en compte :

- Les caractéristiques géologiques et pédologiques du site ;
- Le degré de protection des nappes souterraines ;
- La proximité des captages d'eau potable.

Au total, la nouvelle technique d'assainissement connaît peut être des défaillances techniques qu'il faut relever. Cette technique est bonne pour l'assainissement des eaux usées mais elle doit prendre en compte tous les paramètres du site d'implantation et surtout éviter les marécages. La pollution de l'eau souterraine est le risque permanent de limitation de la ressource dans un proche avenir.

La situation actuelle du secteur de l'eau et de l'assainissement est telle qu'on note des insuffisances partout dans ce secteur. L'exemple de cette station d'épuration montre que :

- la politique et les stratégies dans le secteur eau/assainissement ne sont pas claires ;
- le cadre institutionnel réglementaire et juridique est vulnérable ;
- il n'existe pas une véritable concertation / coordination entre les intervenants;
- la participation des populations bénéficiaires aux actions de mise en valeur et de gestion des ressources en eau est l'insuffisante;
- la pollution des eaux de surface et souterraines est certaine.

Pour cela, la GIRE est encore précaire au Cameroun et nous savons qu'une meilleure gestion des ressources en eau passe par une maîtrise de l'assainissement. Nos villes connaissent une croissance démographique exponentielle qui nécessite que des solutions dans le secteur de l'assainissement soient prises.

VI. CONCLUSION

L'assainissement au Cameroun connaît jusqu'à présent des insuffisances surtout au niveau de sa gestion. Ce travail a permis de mettre en évidence la nouvelle méthode d'assainissement collectif adoptée dans la ville de Yaoundé et sa compatibilité avec le milieu récepteur sur le plan environnemental. Le lagunage anaérobie facultatif avec épandage souterrain sur culture de plante est une nouvelle technique d'assainissement créée par SOPREC et adoptée par la Communauté Urbaine de Yaoundé. Il a été déjà réalisé au niveau de l'hôpital de la caisse de Yaoundé, ensuite au niveau de Grand Messa (en construction) et prochainement au niveau du Camp SIC de la cité verte. Les résultats obtenus sur l'ouvrage d'assainissement ne sont pas satisfaisants.

En effet, nous avons noté une légère négligence sur le plan environnemental. Cette station d'épuration réalisée au niveau de Messa n'a pas fait l'objet d'une étude d'impact environnemental. Or, l'un des trois piliers du développement durable préconise de toujours élaborer une étude d'impact environnemental pour des projets de cette envergure. Par ailleurs, le dimensionnement de l'ouvrage ne respecte pas les règles de l'art.

La protection de la ressource en eau souterraine du secteur de Messa ne saurait mieux être gérée si nous ne connaissons même pas l'hydrogéologie du site de la station.

En vue d'aboutir à terme à une gestion rationnelle des ressources en eau et des infrastructures hydrauliques dans notre pays, le Gouvernement Camerounais, représenté par le Ministère en charge de l'Eau, et le ministère en charge de l'environnement, avec l'aide des bailleurs de fonds, doit mettre en œuvre un projet d'appui à la mise en place effective de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) et de formation des medias dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement. Le rôle de ces médias sera d'informer le public sur tous les enjeux liés aux ressources en eau.

VII. RECOMMANDATIONS

Au premier niveau, nous recommandons aux maitres d'ouvrages de toujours effectuer une EIE pour des projets de cette envergure.

Une bonne étude environnementale passe par trois objectifs fondamentaux :

- **concevoir un meilleur projet** : Pour le promoteur d'un projet, elle constitue le moyen de démontrer qu'il prend bien en compte les préoccupations de l'environnement.
- **éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre** : L'EIE va contribuer à informer les autorités administratives compétentes (ministre, préfet, président du Conseil régional ou général, maire) sur la nature et le contenu de la décision à prendre (autorisation, approbation, refus).
- **informer le public et le faire participer à la prise de décision** : Depuis les premières ébauches du projet jusqu'à l'enquête publique, la participation active et continue du public est essentielle car elle contribue à la définition des alternatives et des variantes du projet étudié. Pour le maître d'ouvrage, l'élaboration de l'étude d'impact constitue l'occasion d'engager le dialogue avec la population, les associations et les partenaires institutionnels.

L'EIE permettra d'identifier les différents impacts du projet sur l'environnement afin d'adopter des mesures d'atténuation.

Face aux insuffisances notées sur la gestion des eaux usées de la ville de Yaoundé, il serait judicieux que le Gouvernement Camerounais prenne conscience de la gravité de la situation et mette sur pieds des stratégies pour atténuer les dégâts déjà causés.

La création d'une société d'assainissement des eaux usées serait la bienvenue si et seulement le Gouvernement Camerounais lui définit un bon cahier de charge. Cette société pourrait mobiliser les financements nationaux et internationaux et financer l'assainissement au Cameroun. Elle doit être surveillée par un ou plusieurs bureaux d'étude de la place ou les inspections qui doivent rédiger des rapports sur la qualité des services offerts par la dite société. Ces bureaux et ces inspecteurs font surtout un suivi environnemental sur les différents modes de traitement des eaux usées et fournissent un rapport au gouvernement ici représenté par le ministère de l'environnement. Le MINEP fera à son tour une analyse critique sur le rapport transmis et prendra des mesures coercitives relatives aux textes et lois préalablement établies par le gouvernement.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

Brouillet J.L., Picot B., Sambuco J.P., Gaillard L., Soteras G., Valarié I. (2008) Ecotechniques d'assainissement des eaux usées domestiques : Evolution et perspectives. XIIIe Congrès Mondial de l'Eau – 1er au 4 septembre 2008 – Montpellier.

Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé (2001) Etudes originales sur le thème "Evaluation de la charge polluante et de la charge bactérienne des rejets des stations d'épuration à boues activées à Yaoundé (Cameroun) " Volume 11, Numéro 2, 79-84, Avril - Mai - Juin 2001.

Dickmann et al., (2002) Poplar culture in North America. NRC research Press, 397pp.

Djeuda et al., (2001) Pollution des eaux souterraines des ouvrages autonomes d'approvisionnement en eau des zones périurbaine d'une métropole tropicale : cas de Yaoundé, Cameroun. Article soumis à revue.

Emile Tanawa et al., (2003) Gestion et valorisation des eaux usées dans les zones d'habitat planifié et leurs périphéries (GEVEU). Programme gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain. *Rapport final – janvier 2003*. 167 pages.

Kreissl, J.F. (1982) On Site Wastewater Disposal Research in the United States, in alternative Wastewater Treatment, D. Reidel Publishing Co, p. 45-71.

Joseph Wethé, Michel Radoux et Emile Tanawa, (2003) Assainissement des eaux usées et risques socio – sanitaires et environnementaux en zones d'habitat planifié de Yaoundé (Cameroun), *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 4 Numéro 1 | mai 2003, [En ligne], mis en ligne le 01 mai 2003. URL : <http://vertigo.revues.org/4741>. Consulté le 23 juillet 2010.

Ngnikam E., (2000) Evaluation environnementale et économique de système de gestion des déchets solides municipaux : analyse de cas de Yaoundé au Cameroun. Thèse de doctorat e Sciences et Technique du déchet. LAEPSI/INSA DE Lyon. Mai 2000. 363 pages.

Patrick Michel, (2001) L'étude d'impact sur l'environnement. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, république française. 157 pages.

Tchobanoglous G., Burton F.L (1991) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, Metcalf & Eddy, Inc. - 3e éd. McGraw-Hill, New York, 1334 p.

<http://eduterre.inrp.fr/eduterre-usages/nappe/html/Ressources/les%20stationsd-epuration/lesstationsdepuracion> Consulté le 15 Août 2010

<http://grenoble.eau.pure.free.fr/normes.htm> Consulté le 25 Août 2010

http://www.memoireonline.com/04/10/3289/m_Determination-de-la-pollution-residuelle-dune-station-depuracion-par-lagunage-naturel-cas-d.html Consulté le 02 juillet 2010

<http://www.franceassainissement.com/informations/normes.html> Consulté le 06 septembre 2010

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/epandage/chapitres1-2-3.pdf> Consulté le 9 septembre 2010

IX. ANNEXES

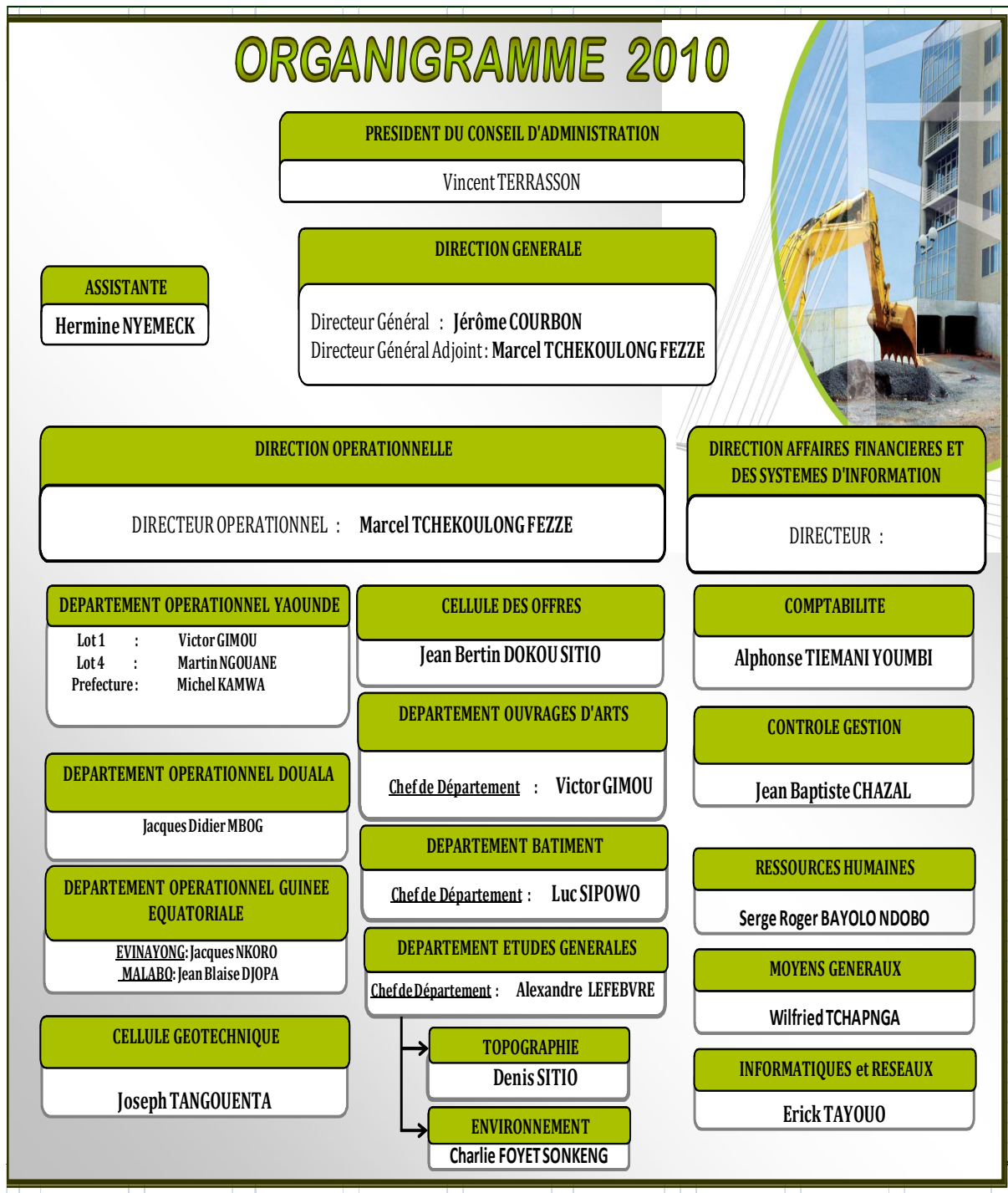
1. Organigramme Egis Cameroun

2. PGE

3. Analyse physico-chimique des eaux à la sortie de la station d'épuration de l'hôpital de la CNPS

4. Test de porosité sur les cuirasses alvéolaires

Annexe 1 : Organigramme du BET



Annexe 2 : Matrice du Plan de Gestion Environnemental et Social

Milieu	Mesure environnementale à mener	Objectif de la mesure	Acteurs de mise en œuvre	Calendrier	Indicateurs de suivi	Indicateurs de performance	Acteurs de suivi
Humain et socio économique	Elaborer un programme de sensibilisation sur les IST et le VIH/SIDA	Etablir un partenariat avec les structures compétentes pour réaliser la sensibilisation au VIH/SIDA	SOPR EC	pendant les travaux	Convention de partenariat et chronogramme d'intervention des partenaires	Documents approuvés par le Maître d'œuvre	SOPR EC
	Sensibiliser le personnel de l'entreprise (techniciens et manœuvres) et de la population aux règles d'or de lutte contre le VIH/SIDA (abstinence ou utilisation des préservatifs lors des rapports sexuels)	Eviter la propagation du VIH/SIDA entre les employés et la population	SOPR EC	Pendant et après les travaux	Nombre de sessions organisées et de personnes sensibilisées	2 sessions organisées et 100% du personnel sensibilisés	SOPR EC
	Préparer et faire diffuser un prospectus aux habitants du camp SIC faisant ressortir les prescriptions environnementales souhaitées pour le bon fonctionnement de la station en cours de réhabilitation.	Eduquer les habitants des camps SIC	SOPR EC	Pendant et après les travaux	Quantité de déchets solides retrouvés dans le bac de rétention	Absence des matériaux grossiers	SOPR EC
	Mettre en place un dispositif de lutte contre	Prévenir les risques d'incendies	SOPR EC	Pendant les travaux	Nombre d'extincteurs à poudre de 9 kg disponibles	Nombre d'extincteurs utilisés	SOPR EC

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Milieu	Mesure environnementale à mener	Objectif de la mesure	Acteurs de mise en œuvre	Calendrier	Indicateurs de suivi	Indicateurs de performance	Acteurs de suivi
	incendie						
Sols / eaux de surface et souterraine	Disposer de deux bacs à ordures de 50 litres au niveau de la base vie et dans le chantier	Gérer les déchets solides par incinération	SOPR EC	Au début et à la fin des travaux	Deux seaux poubelles de 50 litres disposés dans les bureaux et sur le chantier	Pas de déchets solides au sol	SOPR EC
	Traiter les eaux usées venant de diverses sources de pollution	Gérer les déchets liquides	SOPR EC	Au début des travaux	Existence d'un système fosse septique dans les bureaux de la base vie ; Disposition d'un bac étanche pour collecte d'huile et de graisses ; Transport périodique pour traitement à la station de service	Fosse septique fonctionne bien ; Cahier de décharge des eaux usées transférées	SOPR EC
	Evacuer les eaux usées par pompage contenues sur le site d'implantation de la station	Gérer les déchets liquides et faciliter les travaux de réhabilitation	SOPR EC	Pendant les travaux	Absence d'eau dans la fosse	Suppression des venues d'eau sur le site	SOPR EC
	Gestion de rupture de fourniture des services urbains de base	Pallier à la crise de rupture	SOPR EC	Au début des travaux	Deux jerricanes de stockage de l'eau (100 litres et 400 litres) ; Un filtre à bougie Un groupe électrogène de	Tous les éléments fonctionnent bien	SOPR EC

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Milieu	Mesure environnementale à mener	Objectif de la mesure	Acteurs de mise en œuvre	Calendrier	Indicateurs de suivi	Indicateurs de performance	Acteurs de suivi
					caractéristiques moyennes ;		
Sol	Gestion de la zone d'emprunt	Maîtriser la prolifération des zones à risques	SOPRE EC	Pendant toute la durée des travaux	Accord d'exploitation signé et publié		
	Recruter la main d'œuvre locale pour réaliser les travaux non techniques	Créer le profit chez les personnes actives	SOPRE C	Pendant les travaux	Nombre de jeunes recrutés	Au moins 15 agents recrutés Politique de recrutement clair et diffusée	SOPRE EC
Sol	Planter à la fin des travaux des espèces (graminées) végétales jouant un double rôle (succion de l'eau et épuration métaux lourds)	Conserver le couvert végétal et par conséquent la fraîcheur	SOPRE C	A la fin des travaux	Nombre d'arbres plantés dans l'emprise	Aucun arbre écroulé dans les champs et autres	SOPRE EC
Humain	Appliquer les règles d'hygiène et sécurité au travail	Assurer l'intégrité physique des travailleurs	SOPRE C	Pendant les travaux	Dispositif de sécurité mis en place	Très peu de personnes sont blessées, mais pris en charge	SOPRE EC
Humain	Promouvoir la consommation des produits à emballage biodégradable	Préserver l'environnement	SOPRE C	Pendant les travaux	Nombre de vendeurs engendrés	La croissance du chiffre d'affaire du petit commerce	SOPRE EC
Humain et socio économique	Recruter la main d'œuvre qualifiée pour les travaux à haut risque d'accident	Augmenter le niveau de sécurité autour du projet	SOPRE C	Pendant les travaux	Nombre d'années d'expérience des techniciens	Tous les techniciens sont qualifiés et expérimentés	SOPRE EC
	Appliquer les règles d'Hygiène	Eviter les contaminations et assurer l'intégrité physique des travailleurs	SOPRE C	Pendant les travaux	Nombre de cas d'infection des travailleurs enregistré	Registre des infections disponibles ; 0 accident ; assurance contactée pour l'ensemble du personnel sur le site	SOPRE EC

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Milieu	Mesure environnementale à mener	Objectif de la mesure	Acteurs de mise en œuvre	Calendrier	Indicateurs de suivi	Indicateurs de performance	Acteurs de suivi
Humain	Exiger une assurance tout risque pour les travaux	Augmenter le niveau de sécurité au tour du projet	SOPREC	Avant le début des travaux	Dossier d'assurance	Tous les chantiers sont assurés	SOPREC
Sol / eaux de surface et souterraine	Réalisation de l'ouvrage d'assainissement (contrôle de la qualité des matériaux d'emprunt : cuirasse alvéolaire, gravier, sables, etc.)	Traiter les eaux vannes provenant du camp SIC de Messa	SOPREC	A la fin des travaux	Dispositif de surveillance de la qualité des eaux mis en place	Respect des normes environnementales avant rejet	SOPREC

5.3 Budget prévisionnel pour la réalisation des activités

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Responsable Suivi Environnement sénior	Homme - Jour	8	70 000	560 000
Responsable Suivi Environnement junior	Homme - Jour	4	50 000	200 000
Animateur, Conseiller en hygiène et salubrité	Homme - mois	3	75 000	225 000
Total				985 000

Logistique

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Total	
Logistique pour réunion de sensibilisation		2	70 000	140 000	Pour chaque réunion
Photocopieuse pour duplications diverses					A fournir par SOPREC
Papiers pour reprographie des rapports					A fournir par SOPREC
Appareillage pour reliures rapports					A fournir par SOPREC
Imprimante Laser couleur					A fournir par SOPREC
Consommables (encre, tambours, stylos; etc.)					A fournir par SOPREC
Appareil photo numérique					A fournir par SOPREC
Appareils vidéo (télévision + magnétoscope)					A fournir par SOPREC
Obtention des préservatifs (Contact CNLS)		5 000	PM	PM	

*Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur*

Location de verges pour sensibilisation		5	15 000	75 000	
Duplication d'autocollants sur chaque porte		1000	300	300 000	
Achat et flochage des casquettes		100	2 500	250 000	
Achat et flochage des tee shirts		200	1 500	300 000	
Confection de banderoles géantes		2	40 000	80 000	
Contrôle de la qualité des matériaux d'emprunt		5	70 000	350 000	
Total				1 355 000	

**Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé:
caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur**

Annexe 3 : Analyse physico-chimique des effluents traités de l'hôpital de la CNPS

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
PAIX – TRAVAIL - PATRIE

REPUBLIC OF CAMEROON
PEACE – WORK - FATHERLAND



Laboratoire Nationale de Référence
et de la Santé Publique

**ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE
DES EAUX USEES**

DEMANDEURS : SOPREC
B.P 5898 YAOUNDE
CENTRE HOSPITALIER
D'ESSOS
B.P. 441 YAOUNDE

PRELEVEMENT : Effectué par le demandeur le 23 Avril 2010 à 09h55 à la station d'épuration
Reçu au laboratoire le 23 Avril 2010.
Identification de l'échantillon : **eaux usées / Ech Minimum après épuration/Hy-60-1**
Lieu de prélèvement : Gaine de prélèvement au milieu du système d'épuration
Conditions de Conservation et de Transport : Flacon plastique
Glacière à basse température / Route

	Nles	
pH	7,5	6 à 9
Conductivité électrique à 25° C (µS/cm).	525,7	750 - 1500
	mg/l	
	28,9	25 - 30
Oxygène dissous	6,2	-
Demande chimique en oxygène (mgO ₂ /l)..	23,2	25 - 30
Demande biochimique en oxygène (mgO ₂ /l)	3,7	5 à10
Azote de Kjeldahl.....	1,8	-
Phosphates (PO ₄ ³⁻).....	0,1	-

(Nles Qualité "passable" suffisante pour l'irrigation. Les usages industriels, la production d'eau potable après un traitement poussé).

CONCLUSION : Eaux "Classe 1B" d'une qualité légèrement moindre, ces eaux peuvent néanmoins satisfaire tous les usages, sans menace pour la santé publique et l'environnement.

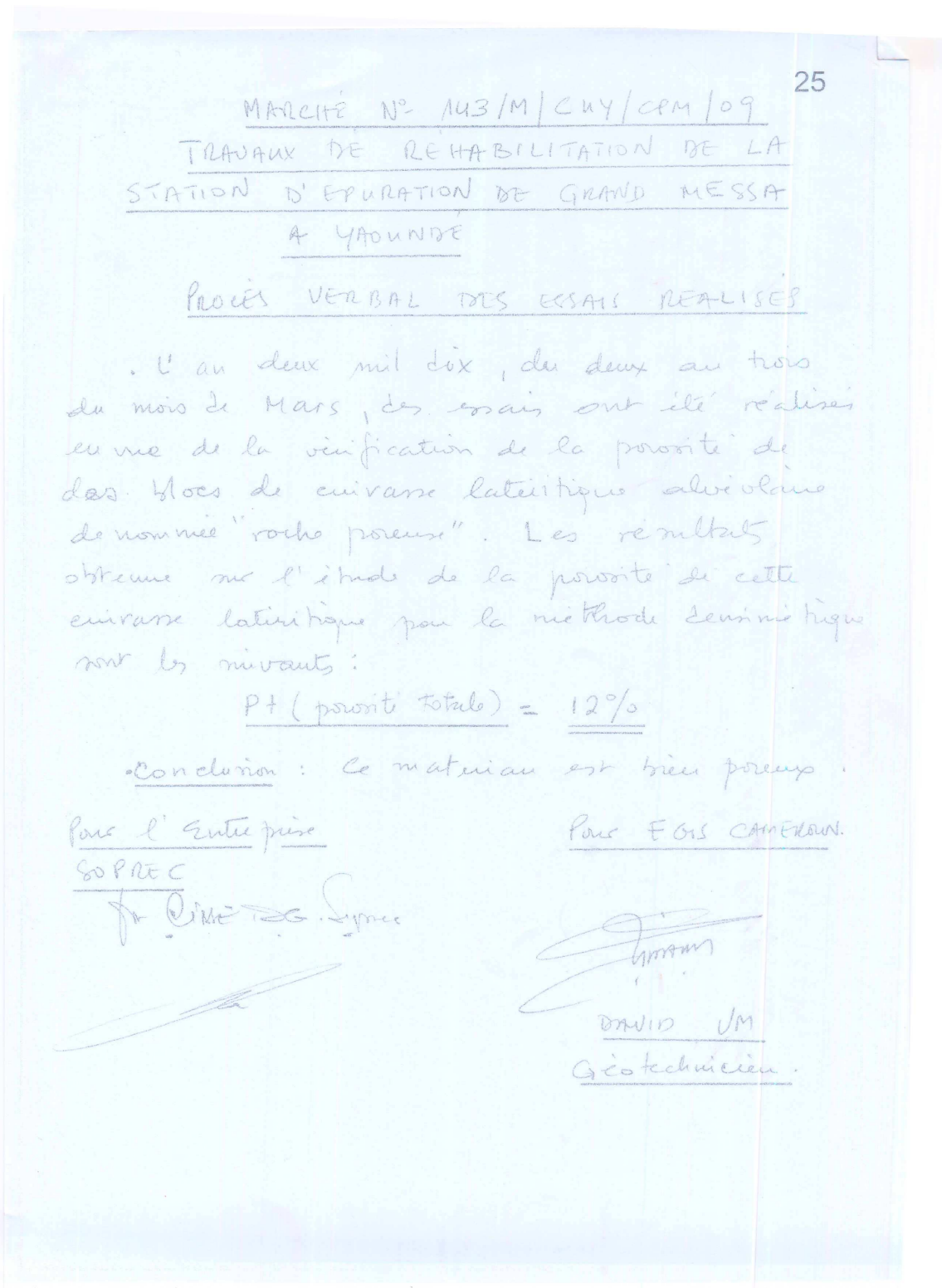
Yaoundé, le 07 Mai 2010

Laboratoire de biochimie Environnement

CENTRE PASTEUR DU CAMEROUN B.P 1274 YAOUNDE - CAMEROUN

Tel : (237) 22 23 10 15 / 22 23 18 03 - Fax : (237) 22 23 15 64 - Courriel : cpc@pasteur-yaounde.o

Annexe 4 : Test de porosité sur les cuirasses alvéolaires



Réhabilitation de la station d'épuration du Camp SIC Messa dans la ville de Yaoundé: caractéristiques des effluents traités et compatibilité avec le milieu récepteur

ETUDE DE LA POROSITE D'UN SOL : METHODE DENSIMETRIQUE

La porosité d'un sol est fonction de densité apparente et réelle de ses différents horizons,

- Pour la densité réelle (DR) ; l'échantillon doit être broyé dans un mortier en Agathe (pour éviter toute contamination), puis tamiser afin d'obtenir un matériau fin de taille < à 2 mm.
- Pour la densité apparente (DA) le matériau doit être non perturber (échantillon intacte ; utilisation d'un carottier)

Echantillon n° 1 *Carrière chimie latéritique (for de destruction)*

Variable	A (g)	B(g)	C(g)	D (g)	DR	Po(g)	P1(g)	V1 (cm3)	DA	PT(%)
Horizon Pédologique					(PS)					
0-10 cm Horizon induré	-	-	-	-	-	64.5	66,6	30.0	2,33	-

A= Pycnomètre vide B= pycnomètre + eau C= pycnomètre+ échantillon

D= pycnomètre +eau +échantillon $DR = C - A / (B + C) - (A + D)$

Po = échantillon séché à l'air P1 = échantillon séché à l'air paraffiné

V1 = volume d'eau déplacé dans l'éprouvette par poussé d'Archimède lors de l'immersion de P1

DA= $Po / V1 - (P1 - Po / 0.9)$ PT(%) = porosité totale = $(DR - DA / DR) \times 100$

ETUDE DE LA POROSITE D'UN SOL : METHODE DENSIMETRIQUE

La porosité d'un sol est fonction de densité apparente et réelle de ses différents horizons,

- Pour la densité réelle (DR) ; l'échantillon doit être broyé dans un mortier en Agathe (pour éviter toute contamination), puis tamiser afin d'obtenir un matériau fin de taille < à 2 mm.
- Pour la densité apparente (DA) le matériau doit être non perturbé (échantillon intacte ; utilisation d'un carottier)

Echantillon no 2 : Carrière aluminatoire latéritique (plan de construction).

Variable	A (g)	B (g)	C (g)	D (g)	DR	Po (g)	P1 (g)	V1 (cm ³)	DA	PT (%)
Horizon Pédologique					(DR)					
Ø=10 cm Horizon carrière	-	-	-	-	-	101,6	106,9	50	2,30	-

A= Pycnomètre vide B= pycnomètre + eau C= pycnomètre+ échantillon

D= pycnomètre +eau +échantillon $DR = C - A / (B + C) - (A + D)$

Po = échantillon séché à l'air P1 = échantillon séché à l'air paraffiné

V1 = volume d'eau déplacé dans l'éprouvette par poussé d'Archimède lors de l'immersion de P1

DA= $Po / V1 - (P1 - Po / 0.9)$ PT (%) = porosité totale = $(DR - DA / DR) \times 100$