

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	I
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	IX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : CADRAGE DE L'ETUDE	
I-1 LOCALISATION.....	3
I-2 CONTEXTE CLIMATIQUE.....	6
I-3 PRESENTATION DU MASAY ET LES BASSINS CONSTITUTIFS.....	7
I-4 CONTEXTE JURIDIQUE.....	10
I-4.1 Norme de rejet.....	10
I-4.2 Classification des eaux usées.....	11
I-5 PRESENTATION DE LA SOCIETE JIRAMA ET APIPA.....	11
I-5.1 JIRAMA.....	11
I-5.2 APIPA.....	12
CHAPITRE II : METHODOLOGIES	
II-1 METHODOLOGIE POUR LA REALISATION DE CE MEMOIRE.....	13
II-2 METHODOLOGIE D'ANALYSES DES PARAMETRES.....	14
II-2.1 Descente sur le terrain.....	14
II-2.2 Choix des paramètres.....	15
II-3 ANALYSESAU LABORATOIRE.....	16

II-3.1 Analyses des paramètres organoleptiques.....	16
II-3.2Analyses des paramètres physiques.....	16
II-3.3Analyses des paramètres chimiques.....	19
II-3.4Analyses des paramètres biologiques.....	26
II-3.5Analyses des paramètres microbiologiques.....	27

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III-1 TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ANALYSES.....	30
III-2 ETUDES COMPARATIVES DES RESULTATS D'ANALYSES AVEC LES NORMES.....	33
III-3 ANALYSES DES EAUX AUX ENTREES ET SORTIE DE MASAY, COMPAREES AUX NORMES.....	37
III-4 ETUDES COMPARATIVES DES EAUX DE MASAY AVEC D'AUTRES SITES	38
III-5 SOURCES DES REJETS.....	39
III-5.1 Sources de rejets agricoles	39
III-5.2 Sources de rejets urbains.....	40
III-5.3 Sources de rejets industriels.....	41
III-6 RECOMMANDATIONS.....	42
III-6.1Sensibilisation et information auprès des établissements industriels et commerciaux environnants.....	42
III-6.2Amélioration du système d'assainissement et de gestion des déchets dans les quartiers riverains.....	43
III-6.3Curage périodique des bassins.....	43

III-6.4 Proposition d'installation des dispositifs d'épuration des eaux de Masay.....	43
III-6.5 Proposition d'analyse microbiologique à la sortie du bassin de Masay....	47
CONCLUSION GENERALE.....	48
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	i
WEBOGRAPHIE.....	iii
ANNEXE I.....	iv
ANNEXE II.....	v
ANNEXE III.....	vi
ANNEXE IV.....	vii
ANNEXE V.....	viii

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du marayMasay.....	3
Figure 2 : Vue d'en haut du marais Masay.....	5
Figure 3 : Courbe de variation de la température maximale et minimale d'Antananarivo (2012-2015).....	6
Figure 4 : Courbe de variation de la pluviométrie d'Antananarivo (2012-2015).....	7
Figures 5 : Etat des eaux usées dans le bassin de la vallée de l'Est.....	8
Figure 6 : Plan de masse du marais Masay.....	9
Figure 7 : Présentation schématique de la méthodologie du travail.....	13
Figure 8 : Mode de prélèvement.....	15
Figure 9 : Les points de prélèvements.....	15
Figure 10 : Ionomètre.....	17
Figure 11 : Conductimètre.....	17
Figure 12 : Turbidimètre.....	18
Figures13 : Matériels pour la mesure de MES.....	18
Figure 14 : Manipulation des analyses volumétriques.....	20
Figure 15 : Matériels pour la mesure de Fer.....	24
Figure 16 : Spectrophotomètre.....	25
Figure17 : Rampe d'extraction.....	26
Figure 18 : Accessoire pour la mesure de la DBO.....	27
Figure 19 : Les Coliformes Totaux et les Escherichia Coli (avant confirmation).....	28
Figure 20 : Les Streptocoques Fécaux (après confirmation).....	29

Figure 21 : Les Anaérobies Sulfito-réductrices.....	29
Figure 22 : Comparaison de la Turbidité.....	33
Figure 23 : Comparaison de la Conductivité.....	34
Figure 24 : Comparaison des Huiles et graisses.....	35
Figure 25 : Comparaison de la Demande Chimique en Oxygène.....	36
Figure 26 : Comparaison de la DCO et la DBO.....	36
Figure 27 : Graphe de comparaison des entrées et sortie de Masay.....	37
Figure 28 : Représentation graphique de la comparaison entre Anosy, Masay et Ikopa.....	39
Figure 29 : Exemple d'une source de rejets agricoles.....	40
Figure 30 : Exemple de rejets urbains.....	41
Figures 31 : Exemple de rejets industriels.....	42
Figure 32 : Les effluents de Taf et Floréal déversés dans le bassin Sud du Masay.....	42
Figure 33 : Exemple d'une station d'épuration.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Extrait du tableau des normes de la qualité des rejets des eaux usées.....	10
Tableau 2 : Grille de qualité des eaux de surface (Décret n°2003/464).....	11
Tableau 3 : Méthode de classification de la turbidité usuelle (NTU).....	18
Tableau 4 : Analyse de la dureté totale et dureté calcique.....	21
Tableau 5 : Analyse des titres alcalimétriques.....	22
Tableau 6 : Analyse des Chlorures.....	22
Tableau 7 : Analyse des Matières Organiques.....	23
Tableau 8 : Analyse de Fer.....	24
Tableau 9 : Analyse de Nitrites, Nitrates, Sulfates, Ammonium.....	25
Tableau 10 : Résultat des analyses des eaux du Marais Masay en 2016.....	30
Tableau 11 : Comparaison des entrées et sortie de Masay.....	37
Tableau 12 : Comparaison d'Anosy (Centre), Masay (A) et Ikopa (amont pont Ambohitrimanjaka).....	38
Tableau 13 : Devis estimatif brut d'une station d'épuration.....	46

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

APIPA : Autorité pour la Protection contre les Inondations de la Plaine d'Antananarivo

ASR : Anaérobies Sulfito-Réductrices

C° : Concentration

cm : centimètre

°C : Degré Celsius

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EDTA : Ethylène Diamine Tétracétique

EMB : Eosine Méthylène Bleu

EU : Eau Usée

FC : Facteur

°F : Degré Français

JIRAMA : Jiroso Rano Malagasy

l : litre

MES : Matière En Suspension

mg : milligramme

ml : millilitre

MO : Matière Organique

NET : Noir Eriochrome T

nm : nanomètre

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

ONE : Office Nationale de l'Environnement

P : Poids

pH : potentiel Hydrogène

S : Siemens

T° : Température

TH : Titre Hydrotimétrique

TH_{Ca} : Titre Hydrotimétrique Calcique

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

V : Volume

INTRODUCTION

La maîtrise des pollutions est une nécessité de la santé publique. La forte densité de population, conjuguée aux élans de production et de consommation conduisent à une concentration de pollutions face à laquelle les mécanismes naturels d'épuration ne suffisent plus. Par conséquent, l'air devient irrespirable, les éléments toxiques s'accumulent dans les sols, affectent la vie souterraine et infectent les nappes phréatiques (*Plan Vert d'Antananarivo. 2009*)

L'assainissement se définit comme un ensemble de mesures de gestion des déchets liquides et solides y compris les eaux usées, les eaux de ruissellement, les excréta. En termes d'infrastructures, l'assainissement regroupe les latrines, canaux et unités d'épuration permettant de collecter et drainer ou même dépolluer les eaux.

A Antananarivo, la mise en œuvre de l'assainissement s'avère complexe. En effet, la forte densité nécessite un dispositif d'assainissement capable d'admettre de grandes quantités d'eau et de pollutions (*Plan Vert d'Antananarivo. 2009*). Actuellement, ce dispositif n'est que très rudimentaire, essentiellement constitué de latrines et de caniveaux généralement à ciel ouvert qui débouchent, sans aucune épuration, dans les bassins tampons comme Anosy et Masay, avant de rejoindre la rivière Ikopa.

L'étude a pour objectif d'identifier les caractéristiques des eaux du marais Masay, pour mieux gérer les pollutions d'origine domestiques et industrielles afin d'en proposer des mesures correctives. Ce travail nous conduit à connaître la qualité et la norme des eaux usées.

Différentes analyses de paramètres, pour confirmation des éléments constitutifs, (organoleptiques, physiques, chimiques, biologiques, microbiologiques) sont recommandées. L'ensemble de ces éléments permettrait de comparer les eaux de Masayelles-mêmes avec les normes ainsi qu'aux autres sites afin d'estimer les systèmes d'épuration pratiques indispensables au développement durable de la ville.

La présente étude, effectuée dans le cadre de l'obtention du diplôme de Masters professionnel en Sciences de la Terre et de l'Evolution, parcours Hydrogéologie et Assainissement, s'intitule « Etude estimative à la caractérisation physico-chimiques et bactériologiques des eaux du marais Masay d'Antananarivo »

Cette étude est répartie en quatre chapitres :

- Le premier chapitre sera destiné au cadrage de l'étude, c'est à dire à la description de la zone d'étude et à la présentation de la société JIRAMA, APIPA

- Le deuxième parlera la méthodologie adoptée pour la mémoire et celle pour les analyses des paramètres.
- Le troisième portera sur les résultats et interprétations, discussions basées sur des études comparatives des résultats par rapport aux normes et à d'autres sites similaires ainsi que sur des propositions de solutions y afférentes pour un assainissement durable.

CHAPITRE I



CADRAGE DE L'ETUDE

Cette partie aura pour but de décrire le contexte général de la zone d'étude ainsi que la description des sociétés hôtes : la JIRAMA et l'APIPA.

I-1 LOCALISATION

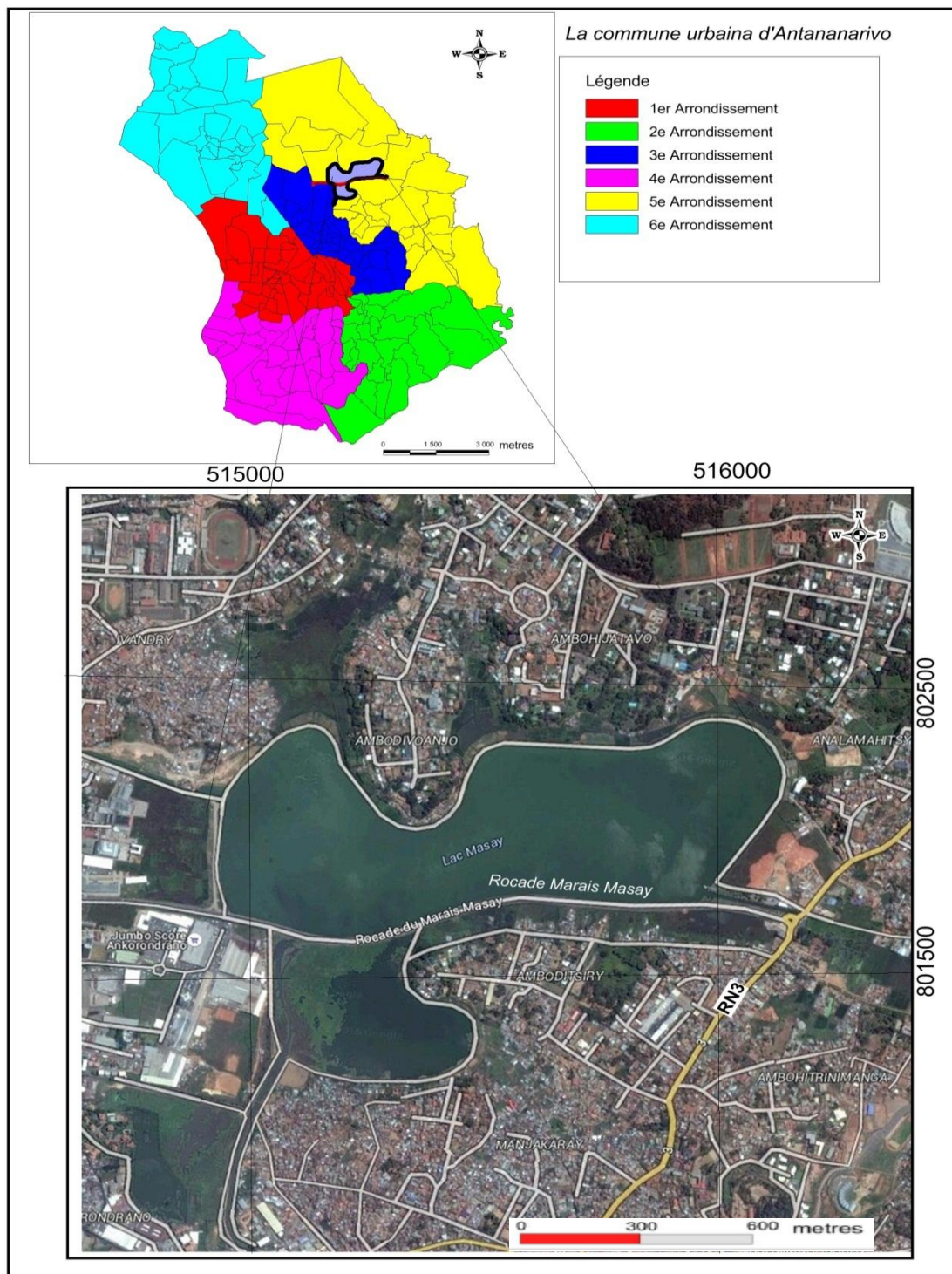


Figure 1 : Localisation du marais Masay

Le Marais Masay(Coordonnées géographiques **X** : 766850 ; **Y** : 791320) est situé à Antananarivo, Région d'Analamanga et fait partie du 5^e arrondissement de la Commune urbaine d'Antananarivo.

Il a été aménagé en 2004.C'était un ancien marécage transformé en bassin tampon pour recueillir les eaux pluviales mais également pour jouer un rôle épurateur des eaux de certains rejets urbains (eaux domestiques et eaux industrielles). Le Marais Masay présente une superficie de 98 ha au total et une profondeur de 0.5 à 1 mètre ; il est composé de deux bassins : Sud et Nord tel qu'il est montré par la figure 2 ci-dessous.

Le bassin Sud de 20 ha reçoit les eaux issues de deux principaux canaux que nous appelons C1 et C2 venant de la vallée de l'Est (750 ha environ). Le bassin Nord d'une superficie de 78 ha, recueille les eaux du canal que nous notons C3 venant de la vallée du Masay de 650 ha environ.

Les eaux sortant de Masayse déverse dans le canal d'ivandry au point E, avant de rejoindre le canal « dit poubelle » d'Andriantany, puis la rivière Ikopa.

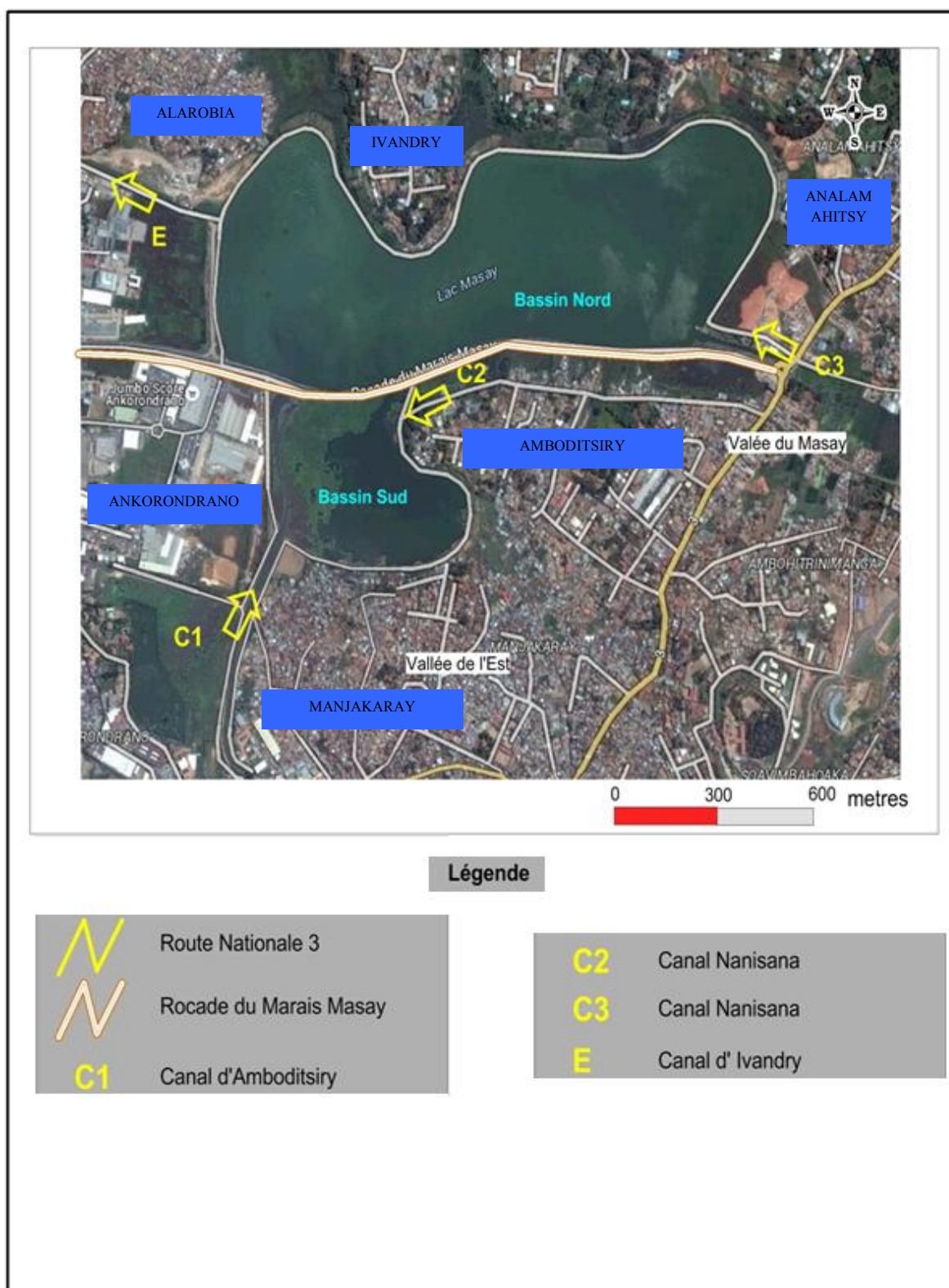


Figure 2 : *Vue d'en haut du marais Masay*

I-2 CONTEXTE CLIMATIQUE

La Région d'Analamangafait partie du régime climatique tropical, supérieure à 900 mètres d'altitude avec une température moyenne annuelle de 20°C environ. Elle figure parmi les zones à faible risque climatique. Les perturbations tropicales qui y ont passé sont rarement redoutables. Quelques-unes causent néanmoins des dégâts considérables sur l'environnement et sur la vie socio-économique de la région (UPDR, 2003).

On peut distinguer deux saisons bien séparées :

- La saison sèche et froide (Mai à Septembre) : caractérisée par des basses températures comprises entre 10°C à 14°C ; des pluies fines et une amplitude diurne faible.
- La saison humide et chaude (Octobre à Avril) : caractérisée par des hautes températures allant jusqu'à 32°C ; de fortes pluies et une amplitude diurne forte. La pluviométrie atteint son pic entre les mois de Novembre et Février.

La figure suivante montre un exemple de la courbe de variation mensuelle des températures maximales et minimales des quatre dernières années.

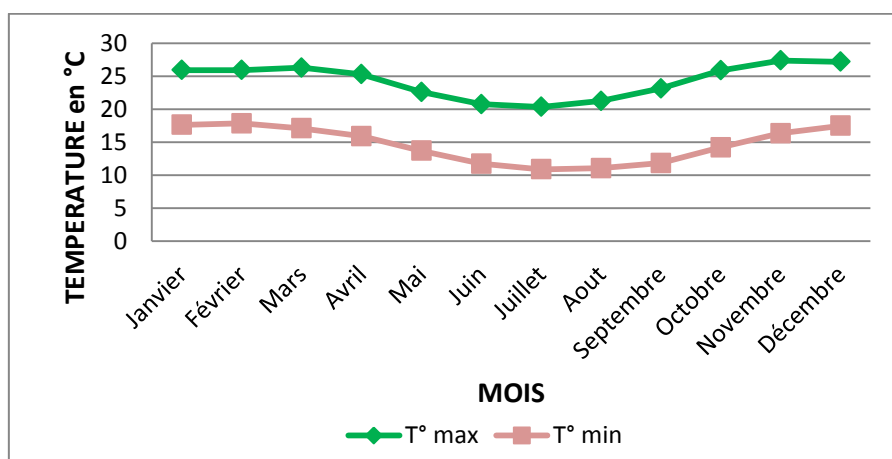


Figure 3 : Courbe de variation de la température mensuelle maximale et minimale d'Antananarivo (2012 – 2015)

D'après cette figure, la température reste plus ou moins stable durant la période d'Octobre à Avril avec des valeurs maximales 25-27°C et minimales 15-17°C. Tandis qu'au mois de Mai – Septembre, elle baisse jusqu'à une valeur maximale de 20°C et minimale de 10°C. La température moyenne à Antananarivo se situe entre 14.5 et 14.8°C de 2012 à 2015.

Le diagramme suivant montre une compilation de la pluviométrie des quatre dernières années.

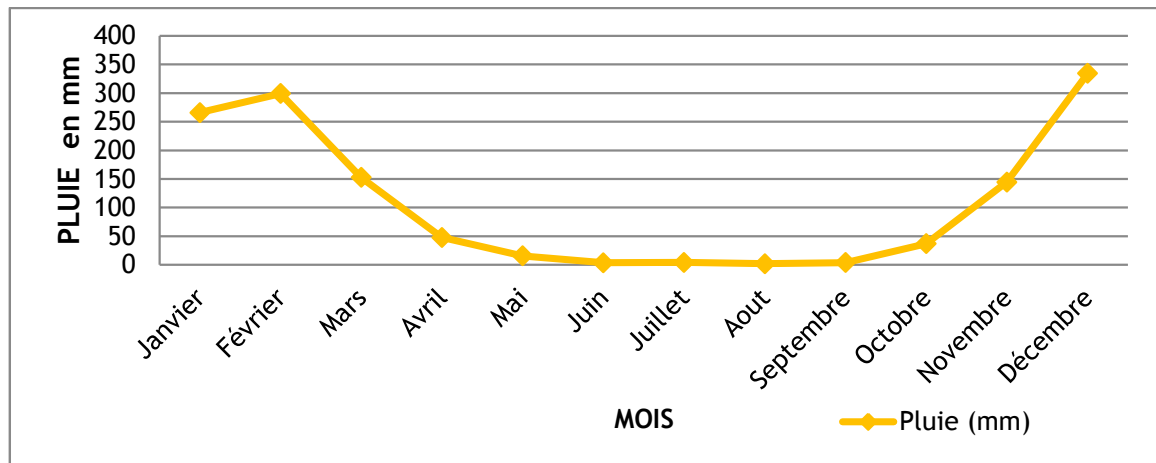


Figure 4 : Courbe de variation de la pluviométrie d'Antananarivo (2012 – 2015)

Pour Antananarivo, la moyenne des pluies annuelles varie entre 98 à 126 mm (8 à 10 jours) avec un maximum de 334.42mm (16 jours) et un minimum 1.95 mm (3 jours). Selon la figure ci-dessus, Décembre – Janvier - Février sont les mois pluvieux (260 à 335 mm). La pluviométrie ne présente pas de grande différence sur les statistiques de 30 ans (UPDR. 2003).

I-3 PRESENTATION DU MASAY ET LES BASSINS CONSTITUTIFS

- Délimitation

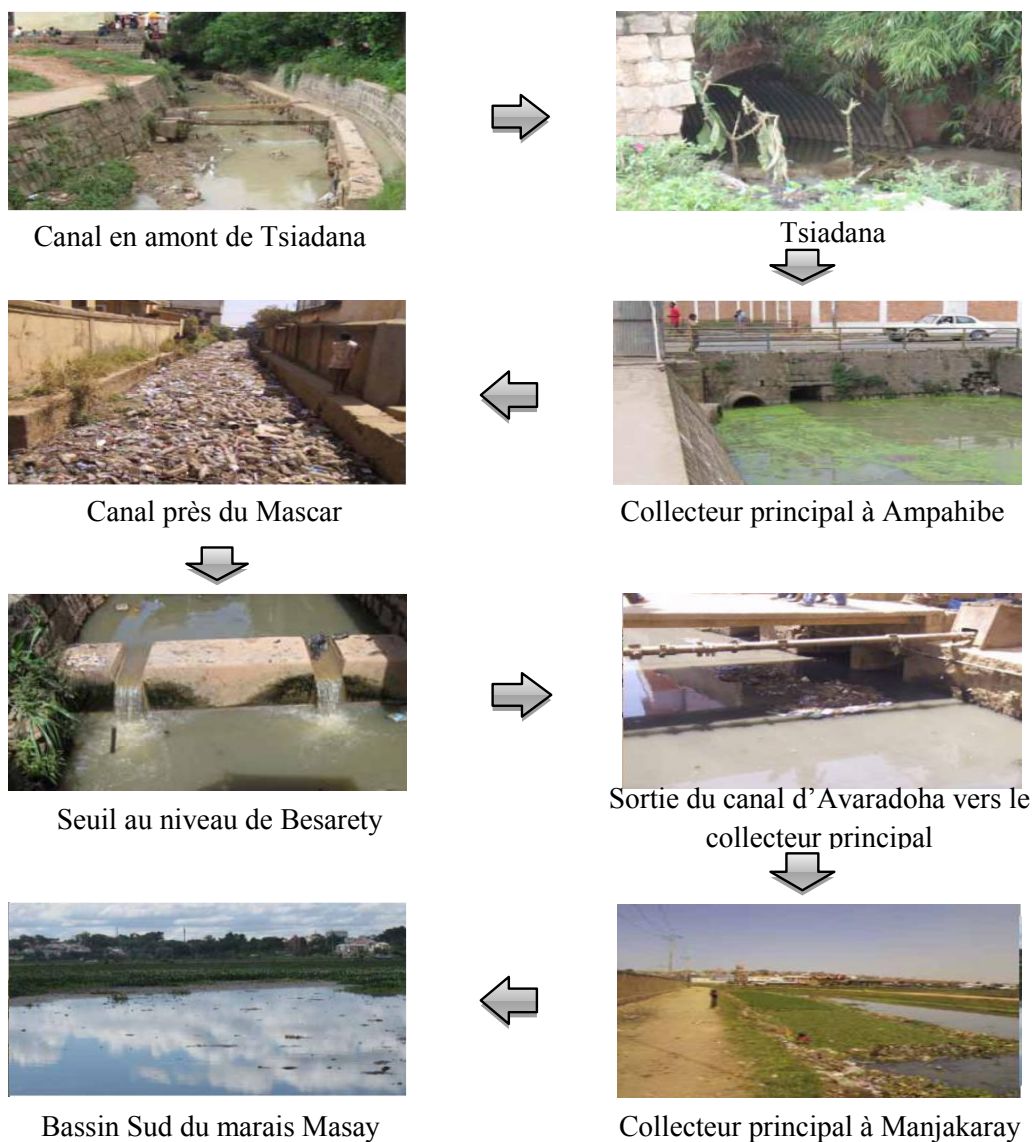
Le Marais Masay constitue un bassin récepteur des effluents venant des deux vallées : La vallée de Masay et la vallée de l'Est. Ces effluents traversent trois arrondissements (1^{er}, 3^{ème} et 5^{ème}).

La vallée de l'Est (Figure 2) comprend les fokontany de : Tsiadana-Ankatso-Manjakaray-Ankorondranoet Ambohitrakely-Avaradoha-Anjanahary-Ankaditapaka-Behoririka-Andravoahangy-Ampandrana-Faravohitra-Faliarivo. Par contre, la vallée du Masay (Figure 2) est composée de Soavimbahoaka-Ankadindramamy-Ambatobe-Amboditsiry. Alarobia-Ivandry-Analamahitsy rejoignent Masay immédiatement à partir d'une infiltration gravitaire.

- Le réseau d'assainissement

Pour le bassin Sud, le réseau d'assainissement est composé d'un collecteur principal d'environ 3.8 kilomètres partant de Tsiadana jusqu'au marais Masay. Lequel est relié à un autre collecteur principal provenant des quartiers d'Avaradoha et de Soavinandriana, d'une

longueur d'environ 1.5 kilomètres. Ces collecteurs reçoivent les eaux usées et pluviales des canaux secondaires et tertiaires dans les différents quartiers.



Figures 5 : Etat des eaux usées dans le bassin de la vallée de l'Est

Source : Elaboration du Schéma Directeur d'Assainissement Urbain du Grand Tana en 2014

Il s'ensuit que le Marais Masay figure parmi les principaux centres de rejet de la ville d'Antananarivo. Le nettoyage du marais Masays'effectue par le moyen du financement de l'APIPA. Ceci consiste à curer les Jacinthes d'eau qui l'envahissent et à les transporter au

plus vite possible à Andralanitra. Cette opération conduit à une accumulation de dépôts nauséabonds.

La figure suivante représente le plan de masse du Marais Masay, caractérisé par une importante zone d'habitation, par la présence de nombreuses entreprises textiles, de torréfaction du café, de blocs commerciaux, qui déversent directement leurs déchets dans le bassin. Il en est de même pour des zones agricoles et des marécages. Depuis quelque temps, le bassin lui-même constitue un site préféré pour la pêche clandestine.

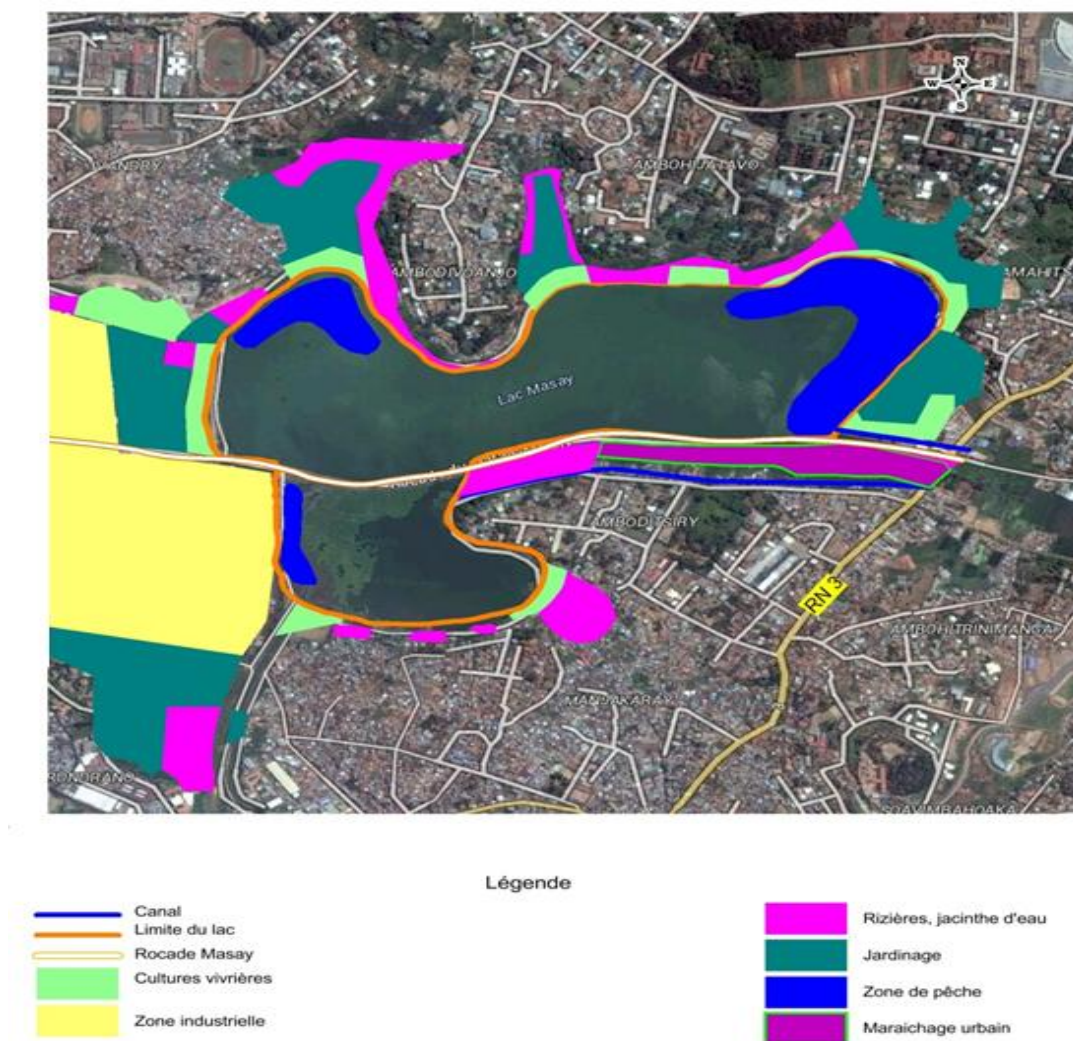


Figure 6 : Plan de masse du marais Masay

I-4 CONTEXTE JURIDIQUE

Conformément à la législation en vigueur, la norme de rejet malagasy et la classification de la qualité des eaux usées figurent parmi les considérations juridiques incontournables pour le respect de l'environnement, des effluents et des rejets.

I-4.1 Normederejet

Le tableau n°4 suivant présente les normes malagasy admises en termes de la qualité des rejets des eaux usées.

Tableau 1 : Extrait du tableau des normes de la qualité des rejets des eaux usées

PARAMETRES	UNITE	NORME MALAGAS Y
FACTEURS ORGANOLEPTIQUES ET PHYSIQUES		
PH		6,0 - 9,0
Conductivité	μS/cm	200
Matières en suspension	mg/l	60
Température	°C	30
Couleur	Echelle Pt/Co	20
Turbidité	NTU	25
FACTEURS CHIMIQUES		
Dureté total comme CaCO₃	mg/l	180,0
Chlorures	mg/l	250
Fer	mg/l	10
Nitrates	mg/l	20
Nitrites	mg/l	0.2
Sulfates comme SO₄	mg/l	250
Ammonium	mg/l	15
FACTEURS BIOLOGIQUES		
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l	150
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	mg/l	50
FACTEURS MICROBIOLOGIQUES		
Coliformes totaux	colonies	500
Escherichia coli		100
Streptocoques fécaux		100
Anaérobies sulfito-réducteurs.		100

*Source : Extrait du Décret N°2003/464 du 15.04.03 :
Article pour les ressources en eau, les rejets d'eaux usées*

I-4.2 Classification des eaux usées

La qualité des eaux usées peut être classée selon la teneur de ses composants chimiques ou selon son état physique. Il n'y a pas encore de grille de qualité pour les eaux usées à Madagascar. Le décret n°2003-464 ordonne d'utiliser celle des eaux de surface pour le classement.

Tableau 2 : Grille de qualité des eaux de surface (Décret n°2003/464)

CLASSE DE QUALITE			Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES							
1	Couleur	mg Pt/l	<20	20 - 50	50 - 100	100 - 200	>200
2	Odeur à 25°C		<3	3 - 10	10 - 200	>20	-
3	Température	°C	<20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	>35
4	pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 9,2	<6,6 ou >9,2	-
5	Conductivité à 20°C	µS/cm	<750	750 - 1300	1300 - 2700	2700 - 3000	>3000
6	Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	<200	200 - 300	300 - 750	750 - 1000	>1000
7	Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	<100	100 - 200	200 - 250	250 - 400	>400
8	MES *	mg/l	<30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	>100
9	Oxygène dissous	mg/l	>7	7 - 5	5 - 3	3 - 1	<1
10	DBO ₅	mg/l	<3	3 - 5	5 - 10	>10	-
11	DCO	mg/l	<20	20 - 25	25 - 40	40 - 80	>80
12	Fer total (Fe)	mg/l	<0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 5	>5
13	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	<=0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	>8
14	Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	<5	5 - 25	25 - 50	50 - 100	>100
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES							
15	Coliformes fécaux	/100ml	<=20	20 - 2000	2000 - 20000	>20000	-
16	Coliformes totaux	/100ml	<50	50 - 5000	5000 - 50000	>50000	-
17	Streptocoques fécaux	/100ml	<=20	20 - 1000	1000 - 10000	>10000	-

I-5 PRESENTATION DE LA SOCIETE JIRAMA ET APIPA

I-5.1 JIRAMA

La société JIRAMA ou **Ji**rosy**R**ano**M**alagasy, a objectif de satisfaire les besoins en eau potable et en électricité de la population dans tout Madagascar. Elle possède un laboratoire de contrôle à Mandrozeza dans lequel nous avons eu le privilège d'effectuer nos

analyses, dont les analyses physico-chimiques et bactériologiques. Elle est en collaboration étroite avec l'Institut Pasteur de Madagascar (IPM).

I-5.2 APIPA

L'APIPA ou **A**utorité pour la **P**rotection contre les **I**nondations de la **P**leine d'Antananarivo ou « **APIPA** » a pour objectif de prévoir et gérer les inondations pendant les périodes des crues à Antananarivo ; et par conséquent, gère les ouvrages et équipements nécessaire pour la défense contre les inondations

CHAPITRE II

METHODOLOGIES

Ce chapitre définira, dans un premier temps, les méthodologies à adopter pour la réalisation de ce mémoire ; et, dans un deuxième temps, pour les analyses des quatre paramètres nécessaires pour la caractérisation des eaux du Marais Masay.

II-1 METHODOLOGIE POUR LA REALISATION DE CE MEMOIRE

La figure suivante résume la méthodologie pour la réalisation de ce mémoire ; elle comprend les travaux effectués, les méthodes et les résultats attendus.

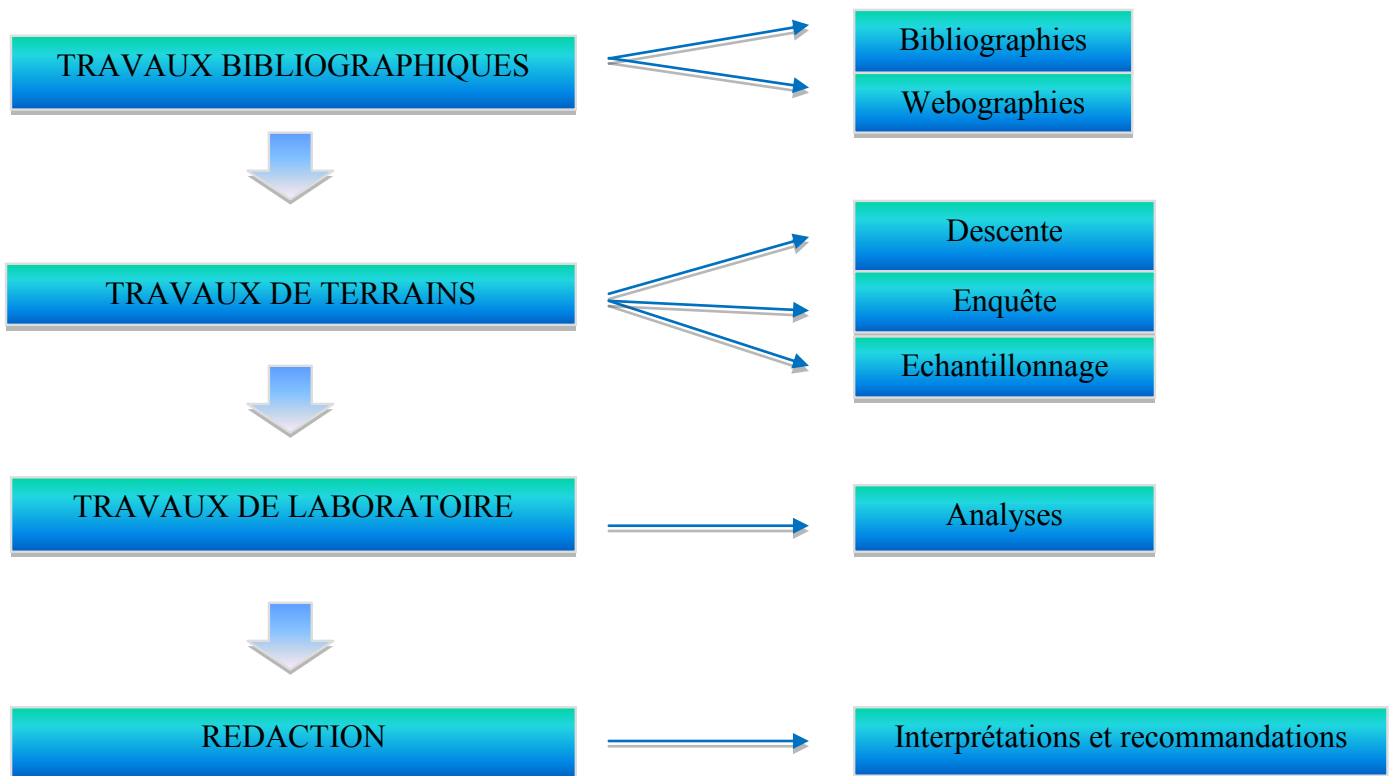


Figure 7 : Présentation schématique de la méthodologie du travail

Les travaux bibliographiques (bibliographies, webographies) consistent à obtenir une compilation des données nécessaires pour la bonne compréhension du projet ainsi qu'à servir de base et des démarches à adopter. Les travaux de terrains (descente, enquête, échantillonnage) complètent les données bibliographiques et conduisent à effectuer des observations sur place ainsi que des échantillonnages d'eaux pour des analyses au laboratoire.

II-2 METHODOLOGIE D'ANALYSES DES PARAMETRES

La méthodologie utilisée pour la caractérisation des eaux de Marais Masay comporte trois étapes, à savoir : une descente sur terrain pour le prélèvement des échantillons à analyser, un choix des paramètres d'analyse à considérer et l'analyse proprement dite au laboratoire des échantillons prélevés.

II-2.1 Descente sur le terrain

➤ *Les points de prélèvements*

Quatre échantillons ont été prélevés le 30 Mars 2016, respectivement dans quatre points différents des bassins. Ce sont (*Figure 9*):

- Le prélèvement à l'entrée derrière de la Zone Zital Ankorondrano : effectué à l'entrée du bassin Sud, au point de rencontre du bassin Sud et le canal venant de la vallée de l'Est pour avoir les caractéristiques des effluents entrants au bassin Sud. (Echantillon A).
- Le prélèvement à l'entrée près du centre de loisirs Analamahitsy : réalisé à l'entrée du bassin Nord, au point de rencontre du bassin Nord et le canal venant de la vallée du Masay pour avoir les caractéristiques des effluents entrants au bassin Nord. (Echantillon B).
- Le prélèvement à la sortie Ivandry : situé à la sortie du bassin pour avoir les caractéristiques des eaux après l'épuration naturelle avant d'être déversée dans la nature dans le canal d'Andriantany. (Echantillon C).
- Au centre du bassin Nord : l'échantillon D est pris au centre du bassin Nord pour avoir les caractéristiques des eaux en cours de l'épuration.

➤ *Le mode de prélèvements*

Pour les conditions d'analyses, un échantillon de 1.5 litres a été pris pour chaque point à l'aide d'une bouteille plastique qui a été enfoncé vers 30 cm de profondeur pour avoir les véritables caractéristiques des eaux. L'analyse avait lieu tout de suite le lendemain du prélèvement. Il n'y a pas de condition de conservation sauf pour l'échantillon destiné pour les analyses microbiologiques où elle a été conservée dans une chambre froide au laboratoire (Mandroseza).



Figure 8 : Mode de prélèvement

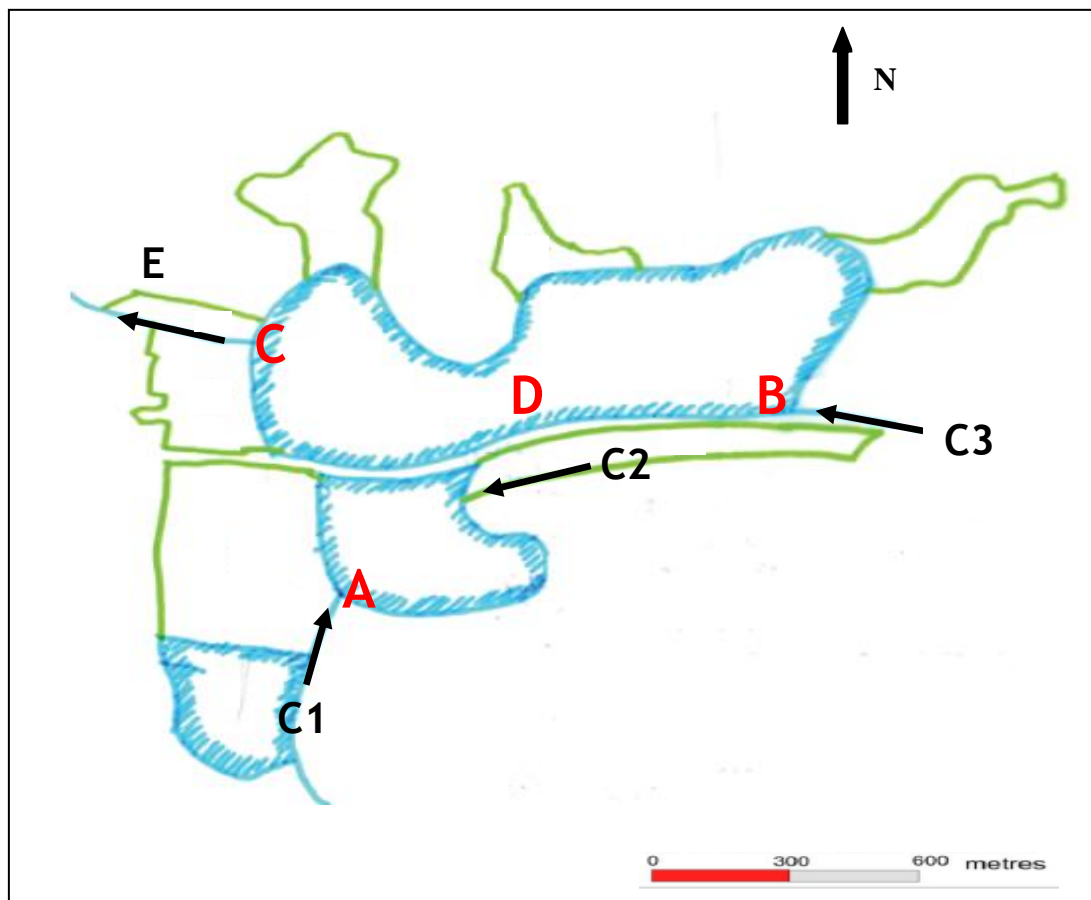


Figure 9 : Les points de prélèvements

II-2.2 Choix des paramètres

Compte tenu de la disponibilité du laboratoire et des moyens mis à notre disposition, cinq paramètres ont été considérés dans cette étude. Ce sont respectivement :

- *Les paramètres organoleptiques* : la couleur et l'odeur
- *Les paramètres physiques* : la température, la conductivité, le pH, la turbidité, les minéralisations, les matières en suspension (MeS)

- *Les paramètres chimiques* : la dureté totale et calcique, l'alcalinité, le chlorure, la matière organique (analyses volumétriques), les nitrates, les nitrites, le sulfate, le fer, l'ammonium (analyses colorimétriques)
- *Les paramètres biologiques* : le DCO et le DBO
- *Les paramètres microbiologiques* : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et l'ASR.

II-3 ANALYSES AU LABORATOIRE

II-3.1 Analyses des paramètres organoleptiques

Les paramètres considérés sont : la couleur et l'odeur de l'eau usée correspondant aux quatre points de prélèvements cités précédemment.

▪ La couleur

Ce paramètre caractérise l'eau en fonction de son aspect visuel et sa transparence. La couleur de l'eau à l'entrée A est différente aux celles du B, C et D.

▪ L'odeur

L'odeur est définie comme un ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (*RODIER et LEGUBE, 2009*). L'analyse de ce paramètre permettra de différencier les résultats obtenus respectivement au point A du bassin Sud de ceux obtenus aux points B, D du bassin Nord et de comparer les résultats obtenus aux entrées Sud (A) et Nord (B) par rapport à la sortie au point C.

II-3.2 Analyses des paramètres physiques

Les principaux paramètres considérés sont : la température, le pH, la conductivité et la turbidité, les matières en suspension.

▪ La température

Elle a été déterminée au laboratoire en même temps avec la conductivité à l'aide d'un conductimètre (*Figure 11*). La température des quatre points est presque identique.

▪ Le pH

La mesure du pH a été effectuée avec un Ionomètre portatif et les résultats sont lus directement à l'écran de l'appareil.



Figure 10 : Ionomètre

- La conductivité

Ce paramètre a été mesuré au laboratoire à l'aide d'un conductimètre (LF 538) et la valeur de la conductivité de l'échantillon s'affiche directement en micro Siemens par centimètre.



Figure 11 : Conductimètre

- La minéralisation

Elle est obtenue directement avec la conductivité et la température par un conductimètre (Figure 11) au laboratoire.

- L'Oxygène dissous

Ce paramètre a été mesuré in situ à l'aide d'un oxymètre. La valeur de l'oxygène dissous de l'échantillon s'affiche directement sur l'écran.

- La turbidité

Il consiste de remplir le petit flacon convenable à l'appareil avec l'échantillon, et le fermer dans l'appareil. La valeur est affichée directement sur l'appareil en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

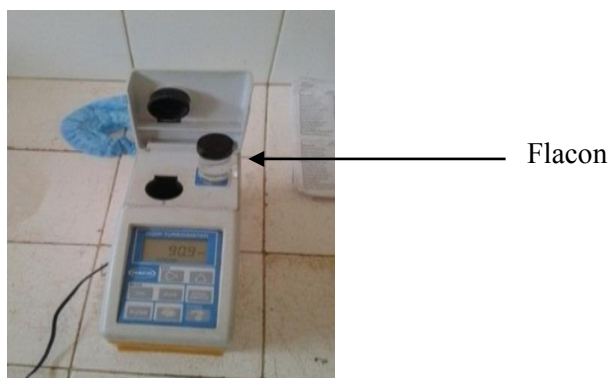


Figure 12 : Turbidimètre

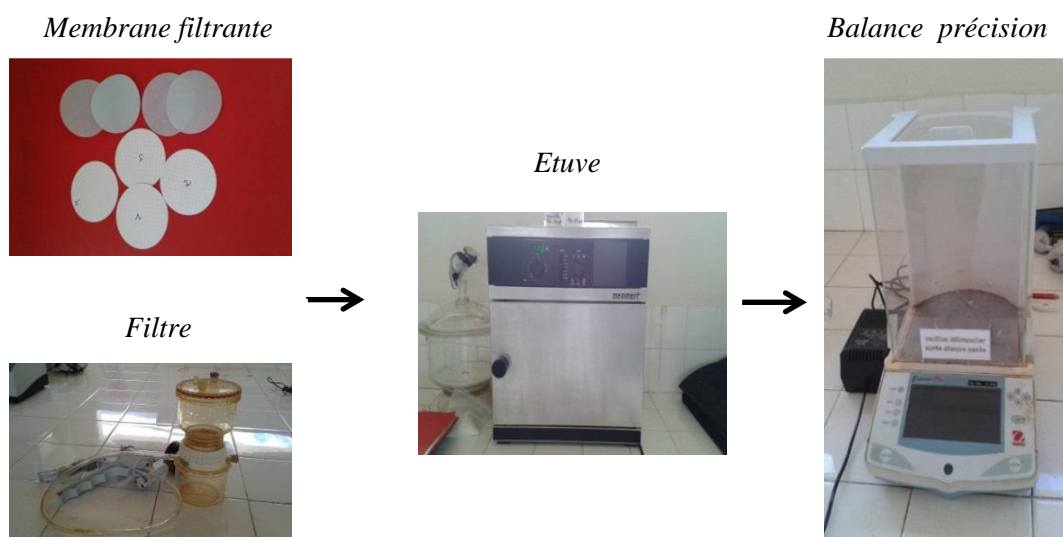
Tableau 3 : Méthode de classification de la turbidité usuelle (NTU)

Turbidité (NTU)	Qualité de l'eau
NTU < 5	Claire
5 < NTU < 50	Légèrement trouble
NTU > 50	Trouble

Le tableau ci-dessus est une méthode de classification des eaux selon la valeur affichée sur le turbidimètre.

▪ Les matières en suspension : MeS

Il consiste à filtrer l'eau et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (RODIER et LEGUBE, 2009)



Figures 13 : Matériels pour la mesure de MES

Le processus d'analyse consiste à effectuer une filtration de l'échantillon à l'aide d'une membrane filtrante. Les MeS retenues sur la membrane seront séchées dans une étuve à 105°C jusqu'à l'assèchement. Enfin, cette membrane chauffée a été pesée sur une balance précision. Les MeS sont obtenues suivant cette formule :

$$MES (mg/l) = \frac{P_2 - P_1 \times 1000}{V}$$

Avec P_1 : Poids de la membrane filtrante

P_2 : Poids de la membrane après filtration puis chauffée au four

V : Volume de l'échantillon (100 ml)

- Les huiles et graisses

Ce paramètre a été mesuré in situ.

II-3.3 Analyses des paramètres chimiques

➤ Analyses volumétriques

L'analyse volumétrique consiste à ajouter dans la solution à analyser des réactifs (variable suivant le paramètre à analyser) correspondant au paramètre. Le résultat correspond au volume de solution versée après virage de l'indicateur coloré (variable suivant le paramètre à analyser).

La figure suivante montre une description du mécanisme et du matériel utilisé pour les analyses volumétriques.

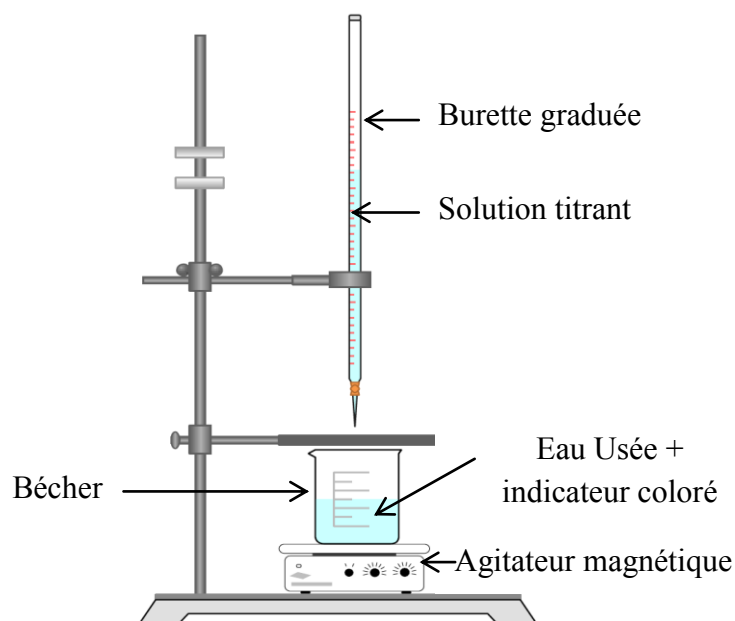


Figure 14 : Manipulation des analyses volumétriques

L'échantillon (eau usée) et l'indicateur coloré (variable) sont placés dans le bécher. La solution introduite dans la burette graduée tombe goutte à goutte dans le bécher jusqu'à ce qu'elle vire à la couleur recherchée. Pendant cette opération, l'agitateur magnétique favorise le mélange des solutions.

Remarque : Ce type de manipulation présentée sur cette figure est valable pour toutes les analyses volumétriques. C'est seulement le réactif qui change.

- **La dureté totale ou Titre Hydrotimétrique : TH**

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations des ions calciums et magnésiums. En général, elle s'exprime en quantité équivalente de Carbonate de calcium. L'unité utilisée pour la dureté totale est le degré français.

- **La dureté Calcique : TH_{Ca}**

L'opération consiste à verser 100 ml d'eau usée dans un bécher avec 2 ml de solution tampon appelée TH (de pH 10) ou TH_{Ca} (de pH 12), suivi d'un rajout de trois gouttes d'indicateur coloré (Noir Eriochrome T pour le TH et un pincé de Patton Reader pour le TH_{Ca}). L'opération s'arrête quand la solution vire au violet et au bleu violacé après l'ajout d'indicateur coloré.

La solution ainsi obtenue est mélangée à l'aide d'un agitateur magnétique, puis titrée avec de l'EDTA. Cette opération de rajout goutte à goutte d'EDTA ne s'arrête que jusqu'au virage de cette couleur violette à la couleur bleue. La couleur bleue indique la présence des ions calciums et magnésiums. Le résultat sera ensuite exprimé en °F.

Tableau 4 : Analyse de la dureté totale et dureté calcique

	TH : dureté total	TH_{Ca} : dureté calcique
Echantillon	100 ml d'eau usée	100 ml d'eau usée
Solution titrant	E.D.T.A (Ethylène Diamine Tétra Acétique)	E.D.T.A (Ethylène Diamine Tétra Acétique)
Solution tampon	Tampon TH (pH : 10)	Solution NaOH 3N (pH : 12)
Indicateur coloré	NET 0,4% (couleur violet)	Poudre de Patton et Reeder (couleur bleu violet)
Virage couleur	Bleu	Bleu
Expression résultats	°F TH	°F TH _{Ca}

▪ L'alcalinité (TA et TAC)

Il consiste à verser 100 ml d'eau usée dans un bécher, auquel on ajoute 01 à 04 quatre gouttes de Phénolphthaléine pour le TA et quelques gouttes d'Hélianthine pour le TAC. La solution prend une couleur rose et jaune orangé après l'ajout d'indicateur coloré. Mélangée à l'aide d'un agitateur magnétique, la solution ainsi obtenue est titrée par rajout au goutte à goutte d'acide Sulfurique. Ce rajout ne s'arrête que lorsque la couleur rose devient incolore et le jaune orangé passe à l'orange. Ce changement de couleur indique la présence du TA et TAC.

Tableau 5 : Analyse des titres alcalimétriques

	TA : titre alcalimétrique Existence couleur rose	TAC : titre alcalimétrique complet
Echantillon	100ml d'eau usée	100 ml d'eau usée
Solution titrant	Solution H ₂ SO ₄	Solution H ₂ SO ₄
Indicateur coloré	Phénolphthaléine	Hélianthine
Virage couleur	Incolore	Orange
Expression résultats	°F TA	°F TAC

▪ Les Chlorures

L'échantillon est dosé par un réactif composé de Nitrate d'Argent (AgNO₃) avec le Chromate qui est un indicateur coloré. Pour ce type de dosage, la couleur change du jaune au rouge brique. Ce changement de couleur signifie la présence de Chlorure dans l'échantillon.

Dans cette opération, il consiste à verser 100 ml d'eau usée dans un bécher. Cinq gouttes de Chromate ont été ajoutées dans ce volume d'eau. Normalement, il y a apparition d'une couleur jaune après ces gouttes de Chromate. La titration avec le Nitrate d'Argent ne s'arrête que jusqu'au virage de la couleur jaune au rouge brique. La valeur du chlorure est obtenue par cette formule :

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = V (\text{AgNO}_3 \text{ versé}) \times 35.5$$

Tableau 6 : Analyse des Chlorures

	Chlorures
Echantillon	100ml d'eau usée
Solution titrant	Solution AgNO ₃
Indicateur coloré	K ₂ CrO ₄
Couleur de départ	Jaune
Virage couleur	Rouge Brique

▪ Les matières organiques : MO

L'opération consiste à mesurer en milieu alcalin, la quantité d'oxygène enlevée au permanganate par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans l'eau.

Pour cela on verse 100 ml d'eau usée dans un bécher ; puis 5 ml de Bicarbonate de Sodium, avant de la faire bouillir et enfin 10 ml de Permanganate après ébullition. On laisse refroidir puis on ajoute 5 ml d'acide Sulfurique et 10 ml de Sel de Mohr. La solution ainsi obtenue prend une couleur incolore sera mélangé par un agitateur magnétique pour être titrée avec le Permanganate. L'opération ne s'arrête que jusqu'à ce que la solution incolore vire au rose pâle. La valeur des matières organiques est obtenue suivant cette formule :

$$MO \text{ (mg/l)} = V \text{ (KMnO}_4 \text{ N/80 versé)} - 1.5$$

Tableau 7 : Analyse des Matières Organiques

	Matières Organiques
Echantillon	100ml d'eau usée
Solution titrant	Solution KMnO ₄ N/80
Solution Tampon	Bicarbonate de Sodium
Solution d'oxydation	Permanganate
Solution de réduction	Sel de Mohr 5g/l
Virage couleur	Rose

➤ **Analyses colorimétriques**

Cette méthode d'analyse consiste à ajouter dans la solution à analyser un réactif coloré (variable suivant le paramètre à analyser). La couleur ainsi obtenue varie en fonction de la concentration de l'élément minéral à analyser. L'intensité de la couleur est lue directement sur l'appareil.

▪ Le Fer

Le fer se présente soit sous forme dissous ou sous forme de particules en suspension. La concentration est obtenue directement suivant la comparaison de la couleur de l'échantillon avec celle de la plaquette : une plaque portant les nuances de couleur du fer.

Cette opération consiste à verser 100 ml d'eau usée dans un bécher, une pincée de Dithionite de Sodium avec 1 ml de Diméthyle Glyoxine et 1 ml d'Ammoniac. La solution a été versée dans le tube comparateur pour être comparée avec la plaquette.

Tableau 8 : Analyse de Fer

	Fer
Echantillon	100ml d'eau usée
Réactif de réduction	Poudre de Dithionite de Sodium
Réactif complexant	Diméthyle Glyoxine
Indicateur coloré	Solution Ammoniacque 10%
Couleur de la solution	Rose ou Rouge
Appareil de lecture utilisé	Comparateur et plaquette

Comparateur



Plaquette



Figure 15 : Matériels pour la mesure de Fer

▪ Nitrites(NO_2^-), Nitrates(NO_3^-), Sulfates(SO_4^{2-}), Ammonium(NH_4^+)

L'analyse de ces éléments est obtenue par suite d'une réaction respective avec : l'acide phosphorique, pour les nitrites ; l'acide chromotropique en milieu fortement acide ou

basique, pour les nitrates ; par oxydation en présence d'un catalyseur au nitroprussiate, pour l'ammonium ; et par suite d'une réaction avec l'acide Chlorhydrique, pour les sulfates.

Pour les nitrites : prélever 50 ml d'eau usée à analyser. Ajouter une goutte d'acide Phosphorique et 1 ml d'un réactif coloré.

Pour les nitrates : L'opération consiste à verser 50 ml d'eau usée dans un bécher, une goutte d'acide Phosphorique, 1.25 ml de solution tampon concentré et 1 ml d'un réactif coloré.

Pour les sulfates : il s'agit de verser 20 ml d'eau usée dans un bécher auquel on rajoute 1 ml d'acide Chlorhydrique avec 2.5 ml de Chlorure de Baryums.

Pour l'ammonium : il consiste à verser 25 ml d'eau usée dans le bécher, puis 1 ml de Phénol et 2 ml de Nitroprussiate avec 2.5 ml d'oxydant (Citrates de Sodium et eau de javel).

La lecture est obtenue par le spectrophotomètre d'absorption moléculaire.



Figure 16 : Spectrophotomètre

Tableau 9 : Analyse de Nitrites, Nitrates, Sulfates, Ammonium

	Nitrites	Nitrates	Sulfates	Ammonium
Echantillon	50ml d'eau usée	50ml d'eau usée	20 ml d'eau usée	25 ml d'eau usée
Blanc réactif	Eau distillée	Eau distillée	-	Eau distillée
Solution tampon	Acide Phosphorique (H ₃ PO ₄)	Solution Tampon concentré	Acide Chlorhydrique (HCl) 10%	Phénol alcoolique et Nitroprussiate



Indicateur coloré	Réactif coloré	Réactif coloré	Chlorure de Baryum	Solution oxydante
Couleur solution	Rose	Rose	Précipité blanc	Bleu
Lecture	$C^{\circ} \text{NO}_2 \times 3.29$	$(C^{\circ} \text{NO}_3 - C^{\circ} \text{NO}_2) \times 4.43$	$C^{\circ} \text{SO}_4^{2-}$	$C^{\circ} \text{NH}^{4+}$

II-3.4 Analyse des paramètres biologiques

Les paramètres biologiques concernent la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène (DBO₅). Ces deux paramètres quantifient respectivement la charge des eaux en pollution carbonée et la fraction biodégradable.

Les échantillons utilisés pour cette analyse sont : A (entrée derrière la zone Zital Ankorondrano) et C (sortie du bassin Sud à Ivandry) afin de comparer les valeurs à l'entrée et à la sortie du bassin de Masay.

▪ Demande Chimique en Oxygène ou DCO

L'opération a été effectuée dans une rampe d'extraction à deux ballons fond plat.

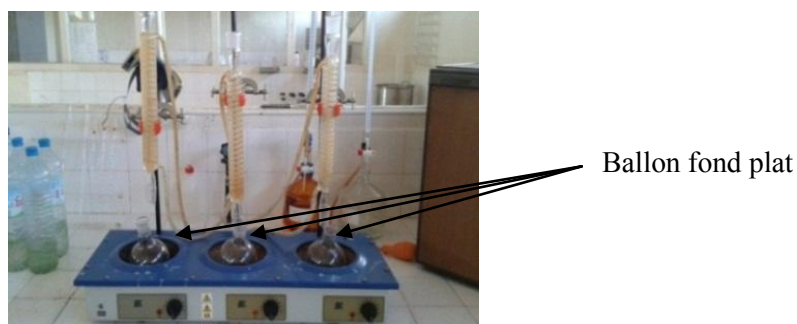


Figure 17 : Rampe d'extraction

Il s'agit de prendre 10 ml d'échantillon d'eau usée dans un bécher, 10 ml de dichromate de potassium et 15 ml de Sulfate de mercure. Chauffer pendant deux heures à une température de 170 °C. La solution a été titrée avec du Sel de Mohr versé goutte à goutte. Cette opération ne s'arrête que lorsque la couleur transparente virerouge. Refaire les mêmes opérations avec de l'eau distillée dans l'autre ballon. La valeur est obtenue suivant la formule :

$$DCO = \frac{8000 \times C^{\circ} \times V_1 - V_2 \times FC}{V_0}$$

Avec

C° : Concentration de Sel de Mohr (0.12 mol/l)

V_0 : Volume de la prise d'essai

V_1 : Volume du Sel de Mohr pour le dosage de l'eau distillée

V_2 : Volume du Sel de Mohr pour le dosage échantillon

FC : 1

▪ Demande Biochimique en Oxygène ou DBO

L'échantillon est versé dans un flacon muni d'un manomètre DBO, après avoir été incubé dans la chambre DBO pendant 5 jours. Les microorganismes qui se sont formés consomment l'oxygène dissous ; tandis que le gaz carbonique est piégé par l'hydroxyde de Sodium. Les valeurs sont affichées directement sur le manomètre DBO mais le résultat est donné suivant cette formule :

$$DBO_5 = \text{Valeur lue} \times FC$$

Avec, FC = 10 ; (car le volume utilisé est 164 ml)

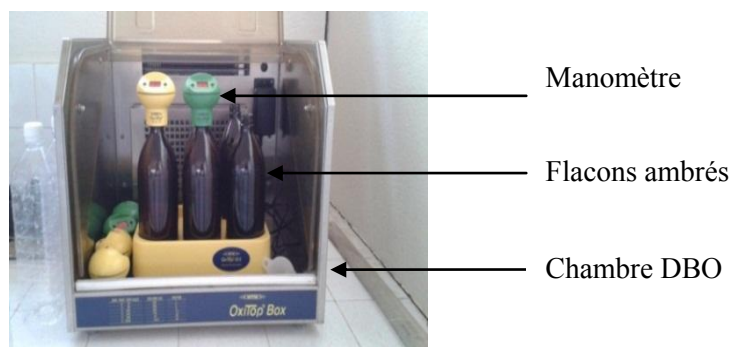


Figure 18 : Accessoire pour la mesure de la DBO

II-3.5 Analyses des paramètres microbiologiques

Compte tenu de la disponibilité du laboratoire et des moyens mis à notre disposition, un seul échantillon a pu être analysé : l'échantillon B situé à l'entrée du bassin Nord, près du centre de loisirs d'Analamahitsy. Cette analyse avait pour but de justifier la présence ou non

des quatre germes suivants : Coliformes totaux ; Escherichia Coli ; Streptocoques fécaux et Anaérobies sulfito-réducteurs.

L'analyse a été effectuée dans quatre milieux de culture liquide, correspondant aux quatre germes. Pour cela trois ont été placés dans des boîtes de pétri avec les membranes filtrantes et un dans un tube à essai.

- Coliformes totaux et Escherichia Coli

Le milieu de culture pour les deux germes est le « Gélose lactose au Bleu de Bromothymol au TTC et Tergitol 7 ». L'analyse consiste à filtrer l'échantillon (100 ml). Le filtrat, déposé à la surface des boîtes de pétri avec les membranes filtrantes, passe à l'incubation pendant 24 heures à différentes températures (37°C pour les coliformes Totaux et 44°C pour l'Escherichia Colis). La confirmation et l'identification des germes s'obtient par repiquage des colories avec le halo jaune, dans un milieu Eosine Méthylène Bleu (EMB), et enfin par incubation à l'étuve 37°C pendant 24 heures.



Figure 19 : Les Coliformes totaux et les Escherichia Coli (avant confirmation)

- Streptocoques Fécaux

Son milieu de culture est le « Slanetz et Bartley ». Comme précédemment, l'analyse commence toujours par la filtration de l'échantillon (100 ml) suivie d'une incubation dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures. Ensuite, les colonies de Streptocoques fécaux apparaissent sur le milieu en donnant une couleur rouge ou marron. Le test de confirmation s'effectue dans un milieu BEA et l'incubation se passe à 37°C pendant 24 heures. Les colonies de streptocoques deviennent alors noires.

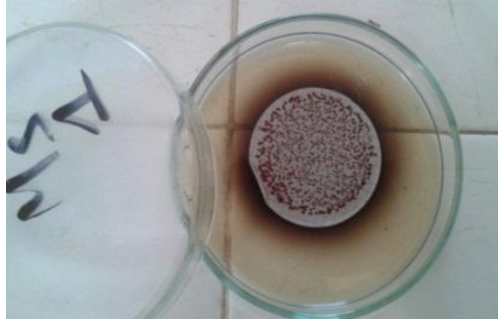


Figure 20 : Les Streptocoques Fécaux (après confirmation)

- **Anaérobies Sulfito-Reductrices ou ASR**

Pour l'ASR, le milieu de culture est le « Gélose viande foie ». Il consiste ensemencer dans un tube 20 ml une gélose de viande de foie. Le tout a été préalablement désaéré au bain-marie, refroidi à environ 55°C, auquel on ajoute 0,5ml de sulfite de sodium et 4 gouttes d'Alun de fer. Ensuite, la sélection des spores a lieu avant l'ensemencement par chauffage de l'échantillon à analyser à 80°C pendant 10 minutes après incubation à 37°C. Les colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme issues des bactéries anaérobies sporulés sulfito-réductrices. Le dénombrement a lieu à 24 heures.



Figure 21 : Les Anaérobies Sulfito-Reductrice

CHAPITRE III

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Suite aux analyses des différents paramètres de caractérisation de l'eau des bassins de Marais Masay dans le chapitre précédent, le présent chapitre récapitule les résultats des quatre analyses et se propose de les interpréter par des études comparatives avec les normes malagasy, d'une part et d'autre part avec les autres sites de rejet des eaux usées d'Antananarivo. Par la même occasion, des solutions sont à apporter à tous les résultats négatifs.

III-1TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ANALYSES

Tous les résultats d'analyse pour les différents paramètres considérés sont présentés en intégralité dans le tableau n°13 suivant :

Tableau 10 : Résultats des analyses des eaux du marais Masay en Mars 2016

PARAMETRES	UNITE	MARAIS MASAY				NORME MALAGASY
		A	B	C	D	
FACTEURS ORGANOLEPTIQUES						
Couleur		Jaunâtre	Verdâtre	Verdâtre	Verdâtre	claire
Odeur		Putride	Absence	Absence	Absence	absence
FACTEURS PHYSIQUES						
Température	°C	24.2	24.1	24.2	24.2	30
pH		7.97	7.62	8.82	8.58	6,0 - 9,0
Conductivité	µS/cm	456	312	278	283	200
Minéralisation	mg/l	385	265	235	238	
Turbidité	NTU	90.9	163	112	101	25
Oxygène dissous	mg/l	3.1	4.38	9.4	12.2	
Matières en suspension	mg/l	25	18	15	9.7	60
FACTEURS CHIMIQUES						
Dureté total	°F	15.7	11.6	10.4	10.4	180
Dureté Calcique	°F	10.4	8	7.1	7.3	
Titre Alcalimétrique Complet	°F	15	10.9	10	9.5	
Titre Alcalimétrique	°F	0	0	0.3	0.2	
Calcium	mg/l	41.6	32	28.4	29.2	
Magnésium	mg/l	12.87	8.74	8.01	7.53	
Carbonate	mg/l	0	0	0	0	
Bicarbonate	mg/l	183	132.98	122	115.9	
Sodium	mg/l	29.62	14.97	14.45	16.99	
Chlorures	mg/l	65.32	39.7	36.21	43.31	250
Matières Organiques	mg/l	18.1	5.75	6.75	6.5	

Huiles et Graisses	mg/l	78.4	40.9	25.6	11.7	10
Fer	mg/l	1.5	0.6	0.8	0.8	10
Nitrates	mg/l	0	0.26	1.86	2.48	20
Nitrites	mg/l	0.02	0.03	0.06	0.07	0.2
Sulfates	mg/l	8.48	0	0	0	250
Ammonium	mg/l	0.156	0	0	0	15
FACTEURS BIOLOGIQUES						
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l	460.8		184.32		150
Demande biochimique en oxygène (DBO₅)	mg/l	80		30		50
FACTEURS MICROBIOLOGIQUES						
Coliformes totaux	Colonies		7200			500
Escherichia coli			6400			100
Streptocoques fécaux			5600			100
Clostridium sulfito-réducteurs.			Indénombrable			100

Le tableau ci-dessus montre que :

- *Pour les paramètres organoleptiques* : La couleur jaunâtre de l'eau à l'entrée du bassin Sud proviendrait de l'érosion des sols en amont ; tandis que la couleur verdâtre résulterait de la pourriture des matières organiques du bassin Nord.
- *Pour les paramètres physiques* :
 - L'eau du bassin Nord est plus basique que celui du Sud et que l'eau de Masay tend à être plus basique vers la sortie avant d'être versée dans la nature.
 - La conductivité diminue vers la sortie de Masay, c'est-à-dire que l'eau devient plus stable.
 - Il n'y a pas de variation notable pour les minéralisations du marais Masay.
 - Le degré de pollution carbonée augmente vers la sortie de Masay avec une valeur supérieure à 7.
 - Compte tenu des valeurs élevées de la turbidité, nettement supérieures à la norme malagasy, les eaux du Masay sont troublées même à la sortie.
 - Les MeS diminuent d'une façon notable vers la sortie. Il est relativement élevé au bassin Sud par rapport à celui du bassin Nord.

➤ *Pour les paramètres chimiques :*

- Il n'y a pas de variation notable pour les chlorures et les MO ; mais par contre on peut noter une valeur plus élevée à l'entrée du bassin Sud.
- La quantité d'huile et graisse diminue vers la sortie du bassin Nord.
- Les valeurs des nitrites, nitrates, sulfates, ammonium sont faibles ou presque nulles sauf pour le sulfates à l'entrée du bassin Sud. Une légère augmentation du nitrate est perçue vers la sortie du bassin Nord.

➤ *Les paramètres biologiques :*

- On constate une nette diminution de la valeur du DCO vers la sortie. Par conséquent, la charge des eaux en pollution carbonée diminue également vers la sortie. Malgré, la qualité de l'eau par ce paramètre est très mauvaise.
- On note également une diminution de DBO vers la sortie du bassin Nord mais les valeurs sont nettement très élevées. Il s'ensuit que la fraction biodégradable de l'eau de Masay diminue vers la sortie.

➤ *Les paramètres Microbiologiques :*

- L'eau du marais Masay contient une quantité énorme de Coliformes totaux (plus de 70 fois de la norme), d'*Escherichia Coli* (plus de 10 fois de la norme) et de Streptocoques fécaux (plus de 50 fois de la norme). Bref, le marais Masay est fortement concentré en ASR.

La comparaison des résultats d'analyses des différents paramètres avec les normes montre que les principales variations pour les eaux de Masay concerne principalement : le facteur Turbidité(cinq fois plus que la norme), les facteurs microbiologiques (Plus de dix fois la norme pour les Coliformes totaux et plus de 50 fois plus pour le l'*Escherichia coli*) et les facteurs huiles et graisses (un peu moindre).

Une étude plus détaillée de cette comparaison est décrite dans le paragraphe qui suit.

III-2 ETUDES COMPARATIVES DES RESULTATS D'ANALYSES AVEC LES NORMES

Comme il a été cité précédemment, le tableau récapitulatif des résultats d'analyses de Masay montre des valeurs hors norme pour les paramètres suivants : la turbidité, la conductivité, le taux d'huile et graisse, le DCO et le DBO ainsi que la microbiologie. Ces études sont présentées respectivement dans les figures suivantes (*Figures n°22 à 26*)

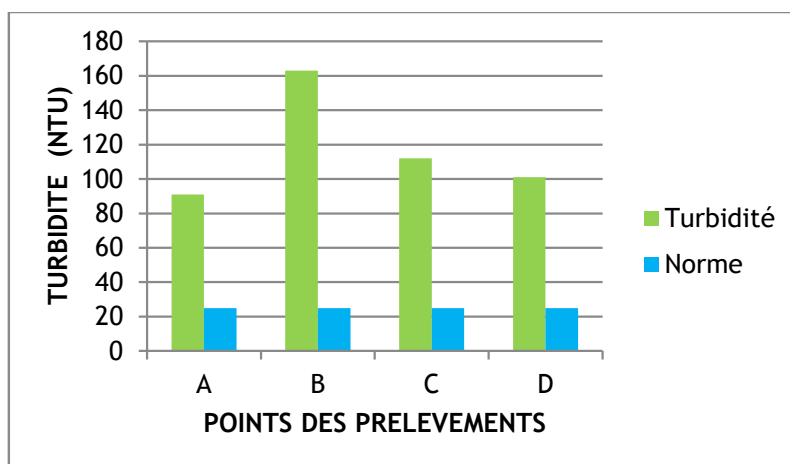


Figure 22 : Comparaison de la Turbidité

Selon ce graphe, les valeurs de la turbidité pour les quatre échantillons arrivent à dépasser jusqu'à six fois la norme. Les mesures effectuées révèlent de fortes fluctuations de la turbidité, avec des valeurs élevées pour la majorité (> 25 NTU). Selon l'observation sur terrain, ceci pourrait être expliqué par une forte densité des matières en suspensions résultant des phénomènes d'érosion et d'eutrophisation [*un processus qui par apport d'élément nutritif dans un milieu aquatique, amène la multiplication des êtres vivants qu'il renferme, son enrichissement en matière organique est finalement une diminution de la quantité d'oxygène dissout conduisant à des conditions anoxiques*] dans la zone d'étude et sa périphérie.

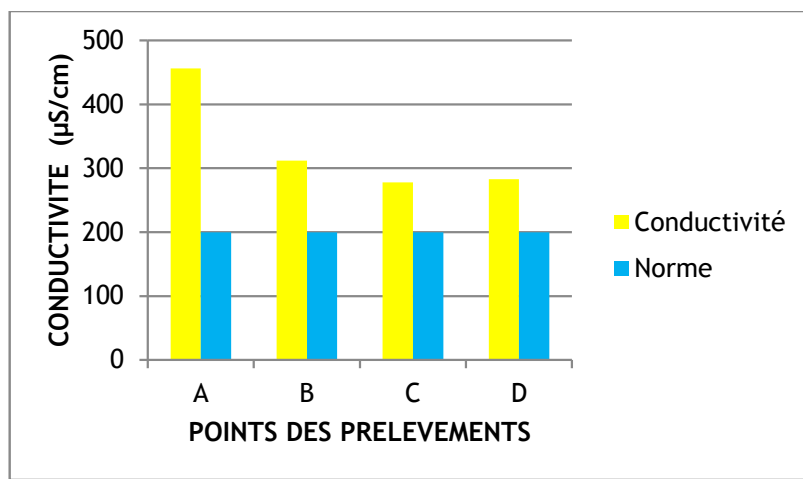


Figure23 : Comparaison de la Conductivité

La figure ci-dessus montre une forte conductivité dont les valeurs arrivent à dépasser jusqu'à deux fois de la norme, cela indique que de nombreuses substances sont sous formes ioniques, c'est-à-dire réactives, donc instables. Tous les échantillons présentent des valeurs plus de 200 $\mu\text{S/cm}$, ce qui correspond à des eaux de surface encore instables et de qualité moyenne. Les valeurs de la conductivité et la turbidité exposent une forte dégradation de la qualité de l'eau, ce qui confirme les résultats précédents mentionnant que physiquement, l'eau du marais Masay est fortement chargée des matières en suspensions et très instables et, concentrée en substances sous formes ioniques.

Par ailleurs, dans l'ensemble des points de prélèvement, les teneurs en matières en suspension sont assez faibles ($<60\text{mg/l}$) pour les affluents du Masay. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que pour la zone d'étude, les eaux usées ne présentent pas une phase homogène. Ainsi on pourrait envisager que les MES se présenteraient alors sous la forme de boues agglomérées au fond du lac, en particulier le bassin Sud.

De plus, l'analyse montre une sous-oxygénation du milieu. En effet dans le bassin Sud du Masay, le taux d'oxygène dissous est faible avec une valeur voisine de 3 mg/l : contrairement à ce qui se passe à l'entrée du bassin Nord où il augmente. Principalement, ce phénomène pourrait être expliqué par la forte présence d'huiles et graisses.

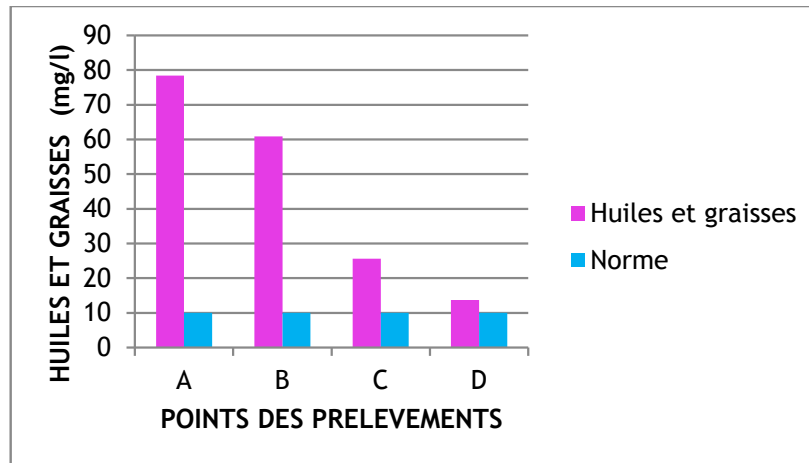


Figure24 : Comparaison des Huiles et graisses

Cette figure montre que la totalité des concentrations en huile et graisse, dépassent largement la norme avec la valeur allant jusqu'à 78 mg/l dans le canal de la vallée de l'Est. Principalement issues des industries, des ateliers-garages, et des ménages, les huiles et graisses présentent ces valeurs remarquables. Les huiles et graisses constituent une pollution importante et dangereuse nécessitant des solutions rapides et immédiates (*Plan Vert d'Antananarivo. 2009*).

Le fer fait partie des métaux lourds. La plupart des métaux lourds figurent parmi les substances toxiques en cas d'ingestion. Ce phénomène peut se faire indirectement par la consommation de légumes ou de poissons ayant subi un contact prolongé avec ces éléments. La teneur du fer est inférieure aux normes. Rappelons que la présence des métaux lourds provient des ateliers de réparation de batteries, des eaux de ruissellements chargées par les toitures en zinc et des résidus de plomb sur les chaussées.

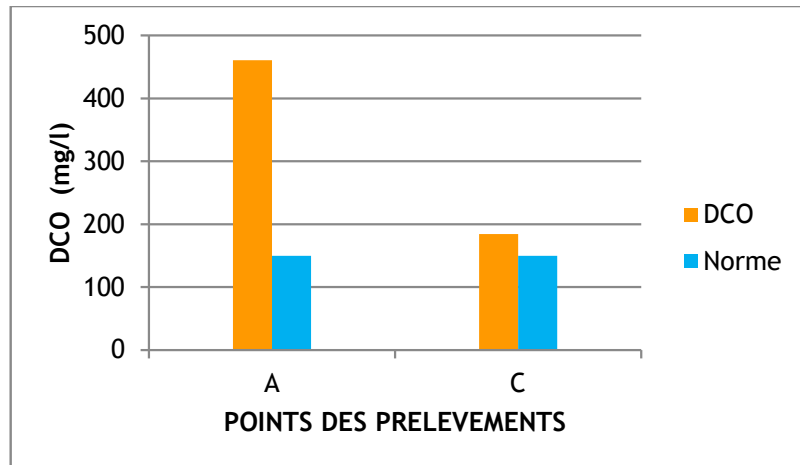


Figure 25 : Comparaison de la Demande Chimique en Oxygène

Selon cette figure, les mesures dépassent le seuil recommandé de (150 mg/l) pour la demande chimique en oxygène. Par conséquent, les effluents sont notamment riches en éléments biologiques et organiques dont les principales charges polluantes sont composées par des matières oxydables : DCO. Notons que ces composants peuvent entraîner des effets néfastes sur la survie des faunes et flores aquatiques participant aux épurations naturelles, à travers la perte en oxygène de ses milieux.

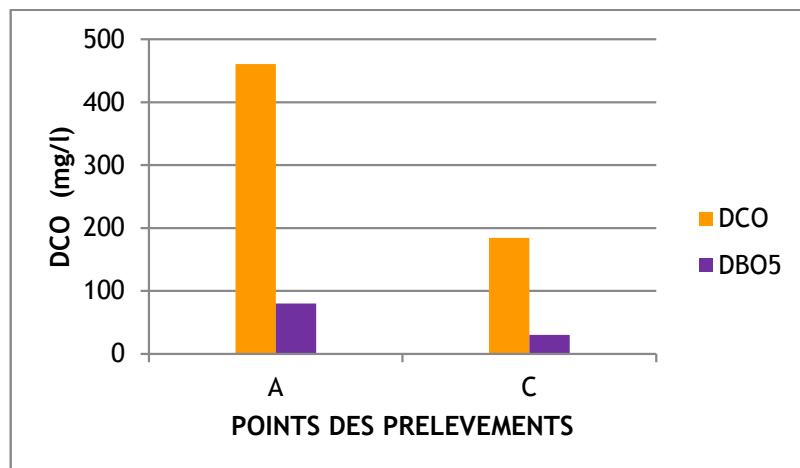


Figure 26 : Comparaison de la DCO et la DBO

Suivant la figure, Les rapports DCO/DBO₅ sont compris en moyenne entre 5 et 7, cette observation pourrait indiquer l'efficacité des mécanismes d'autoépuration au niveau du caniveau entrant dans le Masay.

Du point de vue microbiologique, les effluents affichent des valeurs exceptionnelles si on prend référence sur la norme. Les résultats d'analyses mettent en évidence une forte teneur des eaux en Coliformes totaux (10 fois la norme), en *Escherichia coli* (50 fois), en Streptocoques fécaux (50 fois) ainsi qu'en *Clostridium SR* (jusqu'à 70 fois la norme) dans le bassin Nord. Notons que ces derniers sont fortement pathogènes pour l'homme.

III-3 ANALYSES DES EAUX AUX ENTREES ET SORTIE DE MASAY, COMPAREES AUX NORMES

Les paramètres considérés sont également ceux qui ont des valeurs remarquables comme : la Conductivité, la Matière en Suspension, l'Oxygène dissous, la Demande Chimique en Oxygène et la Demande Biologique en Oxygène. Les résultats sont présentés dans le tableau 14 et la figure 27 ci-dessous.

Tableau 11 : Comparaison des entrées et sortie de Masay

	Unité	C1	C3	E	NORME
Conductivité	μS/cm	456	312	278	200
MeS	mg/l	25	18	15	60
Oxygène dissous	mg/l	3.1	4.38	9.4	
DCO	mg/l	460.8		184.32	150
DBO	mg/l	80		30	50

*Entrées (C1 et C3) ; Sortie (E)

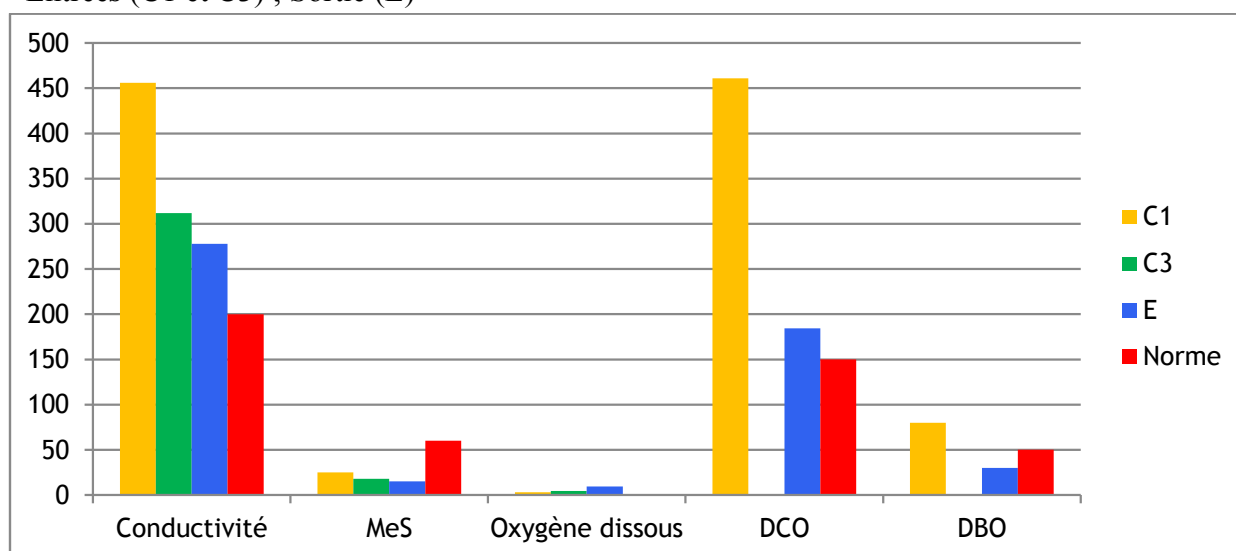


Figure 27 : Graphe de comparaison des entrées et sortie de Masay

Selon cette figure, C1 (entrée derrière Zone ZitalAnkorondrano) présente une grande valeur par rapport au C3 (entrée près du centre de loisirs d'Analamahitsy), pour tous les paramètres. Ces résultats mettent en évidence la différence entre les caractéristiques des rejets versés dans les deux bassins. Comme exemple, les eaux du canal d'évacuation provenant de la torréfaction TAF, de l'usine de textile Floréal ainsi que du centre commercial ZOOM sont fortement polluées avant d'être versées dans le bassin Sud (*Plan Vert d'Antananarivo. 2009*).

D'autre part, toutes les valeurs des paramètres considérés diminuent vers la sortie. Ceci met en évidence l'efficacité de l'épuration naturelle au sein des bassins de Masay.

III-4 ETUDES COMPARATIVES DES EAUX DE MASAY AVEC D'AUTRES SITES

Antananarivo possède quelques ouvrages de drainage comme le canal C3 (collectant les eaux usées du bassin tampon de la plaine Sud urbanisée), le canal GR (canal d'amenée de l'eau d'irrigation de la rivière Ikopa dans les périmètres rizicoles) et les bassins tampons (lac Anosy et marais Masay). Les études comparatives avec ces autres sites auront pour but de bien déterminer et comparer l'état actuel de la gestion des eaux usées d'Antananarivo avec d'autres sites comme la rivière Ikopa servant de déversoir et Anosy (un autre bassin tampon similaire).

Les paramètres considérés pour cette étude comparative sont ceux qui ont des valeurs remarquables, tels que : la conductivité, la turbidité, les matières en suspension et la demande chimique en oxygène. Cette étude concerne la rivière Ikopa et le lac Anosy, comparés au Marais Masay, tel que le montrent le tableau 12 et la figure 28 ci-dessous.

Tableau 12 : Comparaison d'Anosy (Centre), Masay (A) et Ikopa (amont pont Ambohitrimanjaka)

	Unité	Anosy	Masay	Ikopa
Conductivité	µS/cm	262	456	69.5
Turbidité	NTU	599	163	79.8
MeS	mg/l	750	385	114
DCO	mg/l	222.72	460.8	0

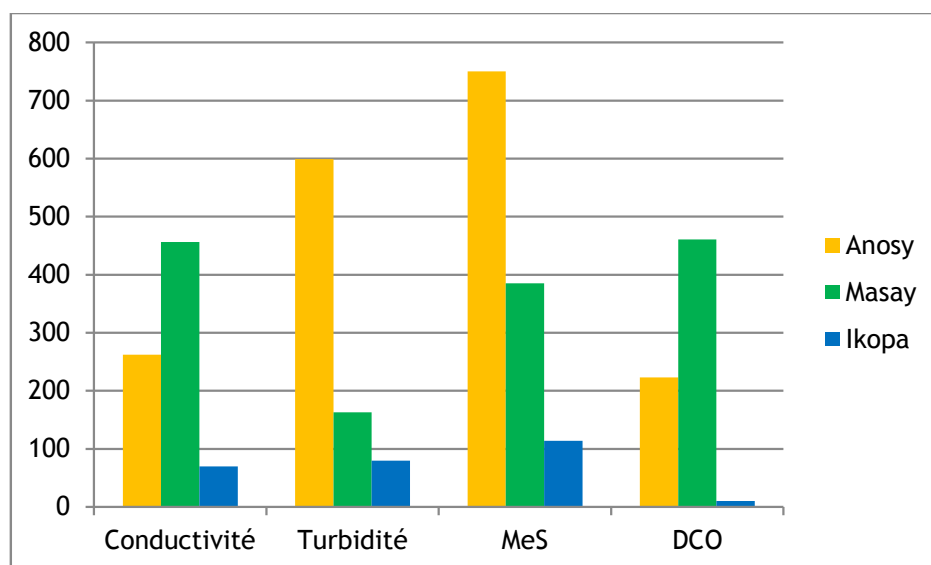


Figure 28 : Représentation graphique de la comparaison entre Anosy, Masay et Ikopa

Selon la figure, Anosy et Masay présentent de fortes valeurs pour ces paramètres par rapport à la rivière Ikopa. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'elle n'est pas destinée pour un bassin tampon mais juste un exutoire des eaux de la plaine d'Antananarivo c'est-à-dire, elle ne récupère les eaux usées de Tana. Aussi, ce dernier est l'une des raisons favorisant l'efficacité des mécanismes d'autoépuration de la rivière Ikopa.

Par ailleurs, Anosy se distingue par sa forte valeur en turbidité et en matières en suspension et Masay en conductivité et en DCO. Tous ceux-là pourraient s'expliquer par le fait de son rôle de bassin tampon.

III-5 SOURCES DES REJETS

Suites aux problèmes occasionnés par les différentes formes de pollution, l'intégrité des milieux aquatiques peut être altérée par la contamination microbienne des eaux. Cette contamination provient de nombreuses sources de rejets dont en particulier les suivants :

III-5.1 Sources de rejets agricoles

L'agriculture prend une place parmi les activités autour du Masay (Figure 6). Donc les déchets de sources agricoles occupent une partie dans la pollution du marais Masay même s'ils ne sont pas dangereux. Les déchets agricoles sont de natures très diverses, parmi ces déchets, citons :

- Les déchets organiques (résidus de récolte, déchets de bois,...)
- Les déchets issus de l'entretien du matériel agricole
- Les déchets banals (paillage, couverture de serre, gaine d'irrigation,...)
- Les biodéchets (tous les déchets verts issus des récoltes, fumiers)



Figure 29: Exemple d'une source de rejets agricoles

III-5.2 Sources de rejets urbains

Ces déchets proviennent des sources urbaines. Ils favorisent la présence des germes microbiologiques. Ces déchets urbains regroupent l'ensemble des toutes les eaux polluées qui sont déversées dans le marais Masay, dont :

- Les eaux ménagères
- Les eaux de ruissellement
- Les rejets municipaux ou privés non traités
- Les débordements des réseaux d'égouts
- Les rejets des ouvrages municipaux et privés
- Les déchets d'emballages
- Les déchets de construction et de démolition (matériaux et appareils inutilisables)



Figure 30: *Exemple de rejets urbains*

III-5.3 Sources de rejets industriels

Ce sont les eaux de procédé des industries et des établissements à Ankorondranoqui utilisent des produits chimiques. Ceux-ci dépendent de plusieurs facteurs, dont : le type d'industrie, la nature de la production, le système de nettoyage et l'état des appareils.

En termes de volume et de variétés de polluants, les déchets industriels présentent en général une charge importante et un risque de dysfonctionnement structurel ou même fonctionnel pour les réseaux d'assainissement ainsi que pour les dispositifs de traitement des eaux usées.

Les principaux polluants transitant dans les eaux usées d'origine industrielle sont :

- Les métaux toxiques
- Les toxines organiques
- Les matières colorées
- Les huiles et graisses
- Les sels
- Les pollutions organiques

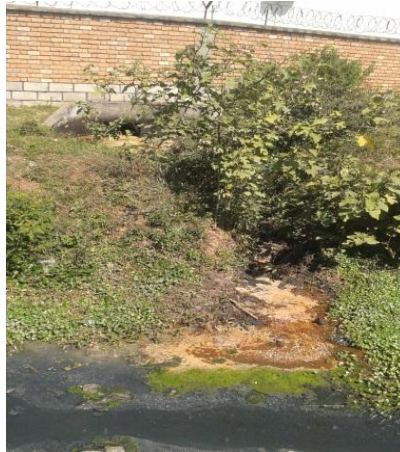


Figure 31 :Exemple de rejets industriels

III-6 RECOMMANDATIONS

Compte tenu des résultats d'analyses, les suggestions suivantes semblent importantes pour l'amélioration de la qualité des eaux du Masay.

III-6.1 Sensibilisation et information auprès des établissements industriels et commerciaux environnants

L'amélioration de la qualité des eaux de Masay invite les établissements industriels à traiter leurs effluents à la sortie de leur usine, conformément aux recommandations de l'ONE pour le respect des normes.



Figures32 : Les effluents de Taf et Floréal déversés dans le bassin Sud du Masay

III-6.2 Amélioration du système d'assainissement et de gestion des déchets dans les quartiers riverains

Tel qu'il a été cité précédemment, les eaux du Masay sont d'une qualité médiocre. Les fortes teneurs en germes pathogènes, impropres à tout usage, le prouvent. L'assainissement et la gestion des déchets des quartiers sont très imparfaits. En conséquence, il est recommandé d'améliorer l'évacuation des déchets dans ces quartiers et d'encourager et/ou aider les riverains à utiliser des latrines modernes ou des fosses septiques pour limiter les rejets directs de selles.

Un effort soutenu de sensibilisation devra être assuré afin d'obtenir l'adhésion et la participation active de la population, à ces travaux.

III-6.3 Curage périodique des bassins

Les Jacinthes d'eau agissent comme un filtre et sert de support à une biomasse bactérienne qui stabilise la matière organique. Les couverts des feuilles empêchent la lumière d'atteindre l'eau, cette action évite les algues à se développer et l'écosystème dépourvu d'oxygène fonctionne surtout en milieu anaérobie. Alors, les effluents sortis sont dépourvus d'algue.

De plus, à part ses avantages : produire du gaz (méthane) ; nourrir les bétails ; faire du compost, ils absorbent très bien des éléments toxiques en particulier les métaux lourds.

Malgré le rôle important de ces plantes flottantes qui participent avec les bactéries à l'épuration des eaux usées, elles créent un encombrement d'un bassin vu à leur mode de multiplication très rapide (2 à 5m par jour), ce qui mène à la production des mauvaises odeurs. D'où un système de curage périodique des bassins surtout dans le bassin Sud est plus que nécessaire afin de renforcer cette opération.

III-6.4 Proposition d'installation des dispositifs d'épuration des eaux de Masay

Les résultats d'analyses des différents paramètres, cités dans le chapitre II, a mis en évidence l'efficacité de l'épuration naturelle par la diminution des valeurs de la majeure partie de ces paramètres analysés. Cette épuration naturelle met également en évidence la participation active des plantes flottantes à la surface de l'eau (cas de l'odeur par exemple)

Compte tenu de l'efficacité de l'épuration naturelle, marais Masay présente un pourcentage faible pour les paramètres physico-chimiques : 30% tandis qu'il est presque débarrassé de ses impuretés biologiques : 80%.

Il s'ensuit que certains paramètres ayant des valeurs remarquables, nuisent véritablement à la qualité de l'eau de Masay, parmi lesquels on cite : la turbidité, les minéralisations, la demande chimique en oxygène, la teneur en huile et graisse et les paramètres microbiologiques. Dans ce cas, une proposition d'épuration doit faire en sorte que la qualité de pollution admise pour les bassins de Masay devrait décroître sensiblement pour ces paramètres.

Dans ce cas, deux options peuvent être envisagées pour l'installation d'un système de traitement des eaux usées de Masay.

- **Première option :** Mise en place d'un micro-système d'épuration pour chaque source de rejets. Dans ce cas, l'installation de ce micro-système doit faire partie du cahier de charge environnemental respectif pour ces différentes sources de rejets. Le respect de cette obligation devra faire l'objet d'un suivi périodique sous le contrôle de l'ONE (Office National pour l'Environnement).
- **Deuxième option :** Mise en place d'une station d'épuration unique pour toutes les eaux usées d'Antananarivo, au niveau de la sortie du canal poubelle d'Andriantany vers le déversoir Ikopa.

Un exemple de modèle de station d'épuration basée sur un prétraitement, d'un traitement biologique et d'un traitement des boues (http://ecoledeleau.eau-artois-picardie.fr/spip.php?page=article-imprim&id_article=66), est décrit par la figure n°32 suivante.

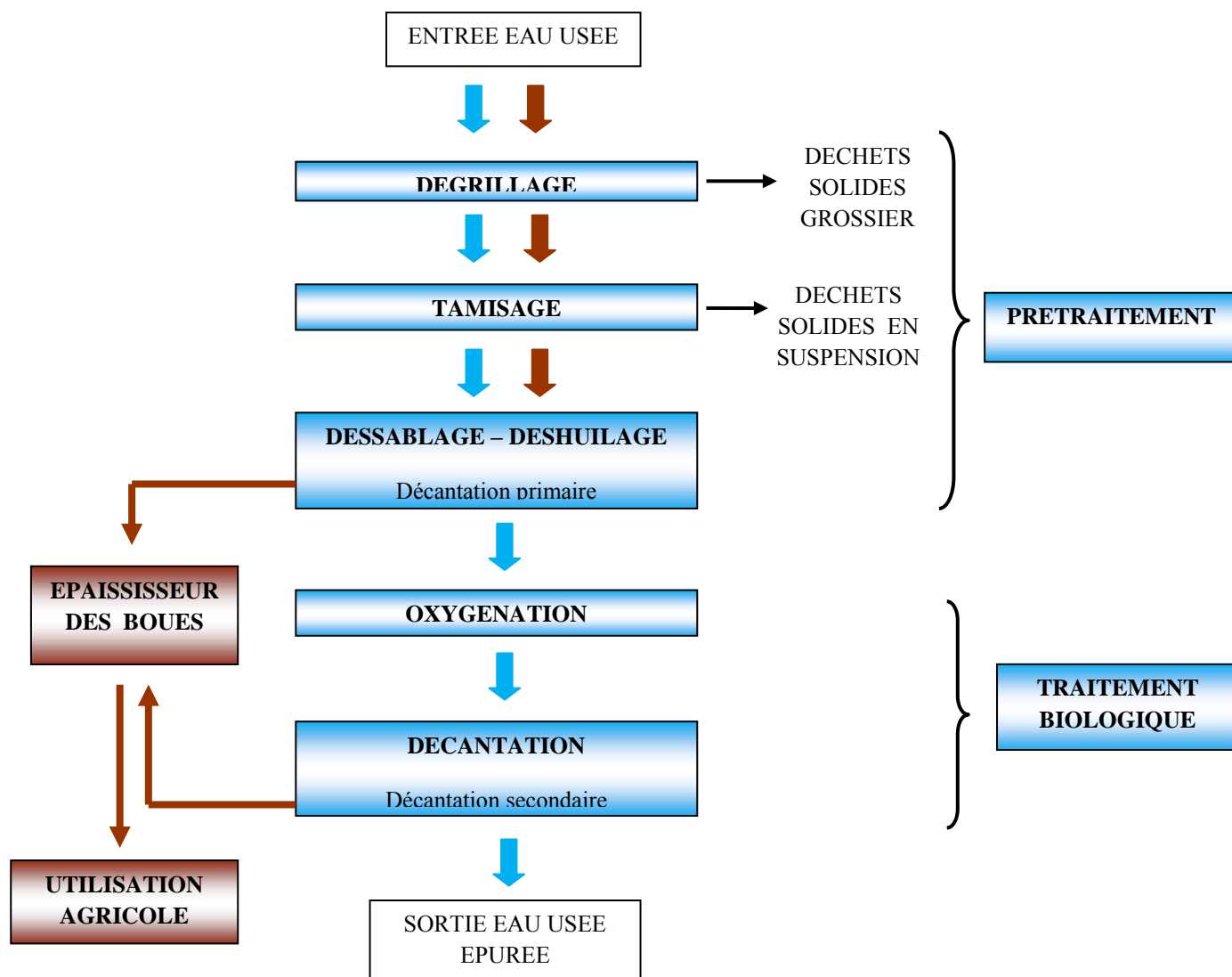


Figure 33 : Exemple d'une station d'épuration

****La phase prétraitement ou traitement primaire**

Cette phase prétraitement des eaux usées est composée de trois opérations :

- Le dégrillage élimine des déchets volumineux(chiffons, papiers, plastiques, feuilles, morceaux de bois,...)
- Le tamisage retient les déchets solides en suspension par une grille à plus faibles espacements.
- Le dessablage– déshuilage permet d'extraire les sables par pompage et de se débarrasser des huiles et des graisses par un système déshuilage et de raclage et de curage périodique sous forme de boues.

****La phase de traitement biologique**

La phase de traitement biologique ou traitement secondaire qui comprend l'oxygénation (mélange avec des bactéries) et la décantation secondaire (extraction des boues). Le système consiste à transformer les boues par des bactéries en digérant les impuretés, avant de les passer au curage périodique. Ces bactéries se développent grâce à un bassin d'aération (<http://forums.futura-sciences.com/environnement-developpement-durable-ecologie/384964-station-depuration.html>). Ce système permet ainsi d'éliminer la pollution venant des excréments, des produits de lessive et de vaisselle

Après le système de curage périodique, les boues sont aspirées vers l'épaississeur qui les prépare pour être utilisable en agriculture comme engrais (http://ecoledeleau.eau-artois-picardie.fr/spip.php?page=article-imprim&id_article=66). L'eau usée ainsi épurée sera directement rejetée dans la nature.

Notons que l'efficacité de ce modèle de station d'épuration atteint jusqu'à 80 à 90% (http://ecoledeleau.eau-artois-picardie.fr/spip.php?page=article-imprim&id_article=66).

Un devis estimatif pour ce modèle peut être calculé, à titre indicatif, de la manière suivante pour avoir une idée globale du montant. Toujours est-il que les chiffres indiqués ne présentent que des valeurs brutes et nécessitent une étude plus détaillée par un spécialiste du domaine :

Tableau 13 : Devis estimatif brut d'une station d'épuration

Matériaux	Prix (ariary)	Travaux à réaliser
Dégrillage	5 000 000	Installation de système de triage des matières solides : grilles droites ou courbes (espacement de 3 à 4 cm)
Tamissage	5 000 000	Confection de tamis : de taille $\leq 5\text{mm}$
Dessablage – Déshuilage	10 000 000	Utilisation des racleurs
Oxygénation	40 000 000	Création des bassins d'aération couplée d'une circulation permanente d'eau : maçonnerie. Utilisation des agitateurs
Décantation	100 000 000	Installation d'un bassin de décantation et curage des boues : maçonnerie
Traitements des boues	20 000 000	Epaississeur et séchage des boues
Installations & matériels	50 000 000	Travaux préparatoires, tuyauterie, terrassements, autres équipements associés
Total	230 000 000	

*Le calcul a été basé sur des enquêtes effectuées auprès des organismes spécialisés (ateliers-garages pour la fabrication des ouvrages métalliques, société de bâtiment et de construction....).

La première option semble plus simple et peu onéreuse par rapport à la seconde. Par contre celle-ci offre une possibilité de résoudre en même temps, non seulement tous les problèmes des rejets de la Commune urbaine d'Antananarivo, mais également de les problèmes d'assainissement en général.

III-6.5 Proposition d'analyse microbiologique à la sortie du bassin de Masay

Comme nous l'avons signalé auparavant, l'analyse microbiologique a été effectuée uniquement à l'entrée Nord de Masay. Les résultats, tel qu'il est cité dans le paragraphe précédent, ont montré une quantité importante pour les quatre germes considérés.

Ainsi, d'autres analyses similaires à la sortie du bassin de Masay permettront d'effectuer une comparaison des valeurs à l'entrée et à la sortie afin de pouvoir estimer la qualité d'épuration naturelle pour ce type de paramètre.

Dans le cas d'inefficacité de la méthode, des mesures d'épuration spécifiques devraient être prises en considération pour ces paramètres microbiologiques.

CONCLUSION GENERALE

Le Marais Masay, avec ses deux bassins Nord et Sud figure parmi les bassins de rejets pour la ville d'Antananarivo. Les rejets d'effluents liquides, venant des vallées en amont témoignent d'un volume important et des caractéristiques variées qui semblent nuire à la qualité de l'eau à la sortie des bassins.

C'est dans ce souci de préserver la qualité de l'eau contre toutes pollutions que nous avons choisi de faire un inventaire et une évaluation des différents paramètres caractérisant les eaux usées de Masay et de proposer des solutions correspondantes.

Les résultats obtenus pour les cinq paramètres suivants ont montré que :

- Selon les paramètres organoleptiques : Le bassin Nord se différencie du bassin Sud par la qualité de l'origine de leurs déchets. En effet, pour le bassin Sud les déchets proviendraient de l'érosion des sols en amont avec sa couleur jaunâtre; tandis que pour le bassin Nord ils résulteraient de la pourriture des matières organiques avec sa couleur verdâtre.
- Au niveau des paramètres physiques : La conductivité, la turbidité, les minéralisations et les matières en suspension (MeS) diminuent progressivement vers la sortie, témoignant ainsi l'efficacité de l'épuration naturelle. Tandis que le pH et l'oxygène dissout augmentent vers la sortie de Masay. Seule la turbidité montre une valeur hors norme (cinq fois plus).
- Pour les paramètres chimiques : presque tous les paramètres analysés ont connu une diminution de la valeur vers la sortie de Masay. Mais par contre le fer et surtout les huiles et graisses montrent une valeur hors norme.
- Pour les paramètres biologiques : Les résultats obtenus pour DCO et le DBO montrent des valeurs relativement élevées, alors que le degré de pollution carbonée (DCO) et la quantité de fraction biodégradable (DBO) diminuent vers la sortie de Masay. Ces valeurs élevées des demandes en oxygène qualifient les eaux de Masay de MAUVAISE selon la classification de la grille (*Tableau 5*).
- Pour les paramètres microbiologiques : Les analyses de ces paramètres montrent des valeurs élevées en Coliformes totaux et en *Escherichia*.

Il s'ensuit que, malgré l'efficacité positive de l'autoépuration ou épuration naturelle dans les bassins de Masay, quelques paramètres nuisent certainement à la qualité des eaux usées et des eaux sortantes versées dans la nature.

La comparaison des valeurs obtenues pour ces paramètres avec leurs normes respectives a montré que les pollutions proviennent principalement des facteurs suivants ; La turbidité, le fer, l'huile et graisse, le MeS, le DBO et DCO ainsi que les activités bactériennes.

Comparé avec d'autres sites de rejets à Antananarivo, les bassins de Masay sont plus mauvais que l'Ikopa et meilleurs que le lac Anosy.

Ainsi, dans le souci du respect de la norme et pour éviter à l'épanouissement de la pollution de l'eau en aval des bassins de Masay, la mise en place d'une station d'épuration/bassin de rétention adaptée au contexte socio-économique et environnemental des bas quartiers d'Antananarivo est vivement recommandée.

Par ailleurs, d'autres recommandations ont été proposées telles que : la mise en place d'un système de traitement des effluents à la sortie des établissements industriels et commerciaux environnants ; amélioration du système d'assainissement et de gestion des déchets dans les quartiers riverains ; proposition d'installation des dispositifs d'épuration des eaux de Masay ; proposition d'analyse microbiologique à la sortie du bassin de Masay.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Actes du séminaire international sur le développement urbain. Antananarivo. 2012, 97p.

AHMED Anissa. 2007. *Etude des impacts sanitaires, sociaux et environnementaux liés à la pollution des eaux du lac Masay*. Mémoire de diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées options « études d'impacts environnementaux ». Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo. Université Montesquieu-Bordeaux IV.

ANDRIANJAKARIVELO Hobinambinina. 2015. *Caractérisation organoleptique, biologique et physico-chimique des de traitement de la Brasserie STAR d'Antsirabe*. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'étude approfondie en Science de la Terre et de l'Evolution, option hydrogéologie. Université d'Antananarivo. Faculté Sciences. 58p.

ARTELIA Madagascar. 2014. *Elaboration du Schéma Directeur d'Assainissement Urbain du Grand Tana*. Rapport final. 5, Lâlana Rabary Mpitandrina (tohiny) Ankadivato, BP 519 Antananarivo 101, ref: 1345, 202p.

Autorité pour la protection contre les inondations de la plaine d'Antananarivo (APIPA). 2006. *Le système de drainage de la ville d'Antananarivo*. Note guide à l'usage du personnel d'exploitation. 7p.

BL & BB. *Station de traitement des eaux résiduaires de Saint-Sulpice*. 18000 Saint-Sulpice

CHERFAOUI A. 2002. *Etude de traitement des eaux résiduaires de la raffinerie de pétrole d'Alger*. Sonatrach, Institut Algérien du Pétrole, IAP, Avenue du 1^{er} Novembre Boumerdes, 35000 Algérie. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis, 847–856p.

Conseil Supérieur d'Hygiène. 2005. *Recommandations en matière de gestion des déchets de soins de santé*. Rue de l'Autonomie, 4 B-1070 Bruxelles, n°5109, 51p.

Dr. SALGHI R. *Différents filières de traitement des eaux*. Université Ibn Zohr. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. 22p

2012. Focus Tana du guide de l'urbanisme à l'usage des responsables des communes urbaines. 1^{ère} édition, 21p.

KASSIM Coulibaly. 2005. *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako*. Thèse de fin d'étude pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie. Université de Bamako. Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie, 42p.

NASSALI* H., BEN BOUIH H., SRHIRI A. 2002. *Influence des eaux usées sur la dégradation de la qualité des eaux du lac Fouarate au Maroc*. Université IbnTofail. Faculté des Sciences. Laboratoire d'Electrochimie et des Etudes de Corrosion et d'Environnement. B.P. 133, Kénitra 14000 – Maroc. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis), 3-14p.

Plan Vert d'Antananarivo. 2009. *Analyses de la qualité des eaux du lac Masay*. 41p.

POLIQUE Renée. 2007. *Impacts*. LET au Lac Danford. Mémoire et présentation. 575, rue Saint-Amable, bureau 2.10 Québec, 10p.

RODIER Jean et LEGUBE Bernardet al. MERLET Nicole et Coll. 2009. *L'Analyse de l'eau*. 1578p

Service Sécurité, Hygiène et Environnement. 2002. *Guide de gestion des déchets à l'EPFL*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 1015 Lausanne, 20p

Unité de politique de développement rural (UPDR). 2003. *Monographie de la gestion d'Antananarivo*. Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. 139p.

WEBOGRAPHIE

https://www.google.mg/search?q=marais+masay&biw=1024&bih=639&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwi3q7jy04HOAhXMD8AKHWINCCQQ_AUIBigB

<http://forums.futura-sciences.com/environnement-developpement-durable-ecologie/384964-station-depuration.html>

http://ecoledeleau.eau-artois-picardie.fr/spip.php?page=article-imprim&id_article=66

ANNEXE I

Températures maximales d'Antananarivo (2012 – 2015)

	2012	2013	2014	2015	MOYENNE MENSUELLE
Janvier	25.6	26.8	25.8	25.6	25.95
Février	26.5	26.1	26.2	25	25.95
Mars	25.8	26.1	26.1	27.3	26.32
Avril	25.5	24.8	25.1	25.9	25.32
Mai	22.8	23.3	23	21.4	22.62
Juin	20.8	20.1	20.9	21.3	20.77
Juillet	20.5	20.2	19.3	21.5	20.37
Aout	21.6	20.9	22.1	20.5	21.27
Septembre	23.4	24.6	23.6	21.1	23.17
Octobre	27	25.3	28.1	23.2	25.9
Novembre	27.4	28.7	27.7	25.9	27.42
Décembre	26.8	27.3	27.4	27.4	27.22
MOYENNE ANNUELLE	24.475	24.51	24.6	23.84	

Source : Direction générale de la météorologie Ampandrianomby(2012 – 2015)

ANNEXE II

Températures minimales d'Antananarivo (2012 – 2015)

	2012	2013	2014	2015	MOYENNE MENSUELLE
Janvier	17.9	17.6	17.8	17.3	17.65
Février	17.8	17.9	17.6	18.2	17.87
Mars	17.1	17.4	16.9	17	17.1
Avril	16.7	15.5	15.2	16.3	15.92
Mai	14.2	14.3	13.3	13	13.7
Juin	12.3	10.1	11.6	13	11.75
Juillet	10.9	10.5	11.5	10.7	10.9
Aout	11.5	10.1	11.4	11.3	11.07
Septembre	12	12	12	11.4	11.85
Octobre	14.2	14.6	15.4	12.7	14.22
Novembre	16.8	17	16.6	15	16.35
Décembre	16.8	17.3	17.7	18.2	17.5
MOYENNE ANNUELLE	14.85	14.52	14.75	14.5	

Source : Direction générale de la météorologie Ampandrianomby (2012 – 2015)

ANNEXE III

Pluviométrie d'Antananarivo (2012 – 2015)

	2012	2013	2014	2015	MOYENNE MENSUELLE
Janvier	207.5	281.1	265.6	308.9	265.77
Février	275.5	190.4	221.5	509.2	299.15
Mars	159.5	163.4	74.9	212.8	152.65
Avril	138.6	51.9	0.1	0.4	47.75
Mai	21.6	24.6	2.8	14.2	15.8
Juin	3.1	8.1	1.1	2.4	3.67
Juillet	1.3	0	13	2.7	4.25
Aout	2.8	0.1	2.2	2.7	1.95
Septembre	2.5	0.1	2.1	11.4	4.02
Octobre	14.8	105.1	26.7	1.4	37
Novembre	97.6	223.2	201.7	56	144.62
Décembre	252.7	306.2	388.9	389.9	334.42
MOYENNE ANNUELLE	98.12	112.85	100.05	126	

Source : Direction générale de la météorologie Ampandrianomby (2012 – 2015)

ANNEXE IV

Qualité de la rivière Ikopa en 2016 :

Paramètres	Unité	[1] Amont seuil Mandroseza	[2] Aval pont Tanjombato	[3] Amont pont Ambohitrimanjaka
PHYSICO-CHIMIQUES				
Couleur		Jaunâtre	Jaunâtre	Jaunâtre
Odeur		Absence	Absence	Absence
pH	-	7.11	6.6	7.09
Conductivité	µS/cm	21.3	19.6	69.5
Turbidité	NTU	66.6	79.8	36.8
Température	°C	20.1	25.2	20
Chlorures	mg/l	-	18.73	13.49
Sulfates	mg/l	-	2.84	7.63
MeS	mg/l	114	-	50
DCO	mg/l	0	-	-
DBO ₅	mg/l	-	-	-
Fer	mg/l	0.15	7.5	1.2
Ammonium	mg/l	0.052	0.26	0.005
Nitrates	mg/l	0.132	0.13	1.13
BACTERIOLOGIQUES				
Coliformes totaux	Colonies	-	6.9 10 ³	
Coliformes fécaux	Colonies	-	5.8 10 ³	
Streptocoques fécaux	Colonies	-	3.5 10 ³	
Classe de la qualité		Bonne (sauf MeS très mauvaise)	Très mauvaise (Fer)	Bonne (sauf Fer)

Source : JiramaMandroseza en Février 2016

ANNEXE V

Qualité du lac Anosy en 2016 :

Paramètres	Unité	[A] Centre
PHYSICO-CHIMIQUES		
Couleur		Verdâtre
Odeur		Putride
pH	-	9.68
Conductivité	µS/cm	262
Turbidité	NTU	599
Température	°C	17
Chlorures	mg/l	42.6
Sulfates	mg/l	15.42
MeS	mg/l	750
DCO	mg/l	222.72
Fer	mg/l	1.4
Ammonium	mg/l	0
Nitrates	mg/l	91.87
BACTERIOLOGIQUES		
Coliformes totaux	Colonies	indénombrable
Coliformes fécaux	Colonies	indénombrable
Streptocoques fécaux	Colonies	indénombrable
Classe de la qualité		Très mauvaise

RESUME

La forte densité de la population et la forte pluviométrie nécessitent un dispositif d'assainissement capable de gérer de grandes quantités d'eau et de pollutions, d'où la création de bassins tampons comme Anosy et Masay, avant de se verser dans la rivière Ikopa.

L'étude a pour objectif d'identifier les caractéristiques des eaux du marais Masay par l'analyse et l'évaluation des paramètres : organoleptiques, physiques, chimiques, biologiques et microbiologiques.

La méthode consiste à faire une étude comparative de la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie du bassin par rapport aux normes et à la rivière Ikopa. Les résultats ont montré en général l'efficacité de l'autoépuration ou épuration naturelle et que les problèmes proviendraient principalement des facteurs : Turbidité, fer, huiles et graisses, DBO et DCO ainsi que les influences microbiologiques des bactéries.

La comparaison de ces résultats avec les normes admises par l'Etat Malagasy ainsi qu'avec les autres sites similaires confirme ces résultats et qualifie les eaux de Masay comme mauvaise et pires que celles d'Ikopa et meilleures que celle d'Anosy.

Un exemple de système d'épuration a été avancé pour l'établissement d'un assainissement durable.

Mots clés: Norme, épuration, assainissement, traitement, qualité

ABSTRACT

The high population density and high rainfall require a sanitation system that can handle large amounts of water and pollution, hence the creation of buffer pools as Anosy and Masay, before pouring into the Ikopa River.

The aim of the survey is to identify the characteristics of water Masay marsh through analysis and evaluation of the following parameters such as organoleptic, physical, chemical, biological and microbiological.

The method is about to make a comparative study of the quality of the water at entrance and exit of the basin from the standards and from the Ikopa river.

The results showed in general the effectiveness of self-purification or natural purification and the troubles mainly come from factors like: turbidity, iron, oil and grease, BOD and COD and microbiological influences bacteria.

The standards guide of Malagasy State compared with some similar sites confirm these results and qualify Masay waters as bad, even worse than those of Ikopa but better than Anosy ones.

An example of a purification system was advanced for the establishment of a sustainable sanitation.

Keywords: Standard, treatment, sanitation, treatment, quality