

## TABLE DES MATIERES

	<b>Pages</b>
Liste des notations et abréviations	
Liste des figures	
Listes des tableaux	
Résumé	
Introduction .....	6
Problématique .....	13
<b>CHAPITRE I : Caractéristiques hydrauliques et géomorphologie du site.....</b>	<b>15</b>
I.1 Fonctionnement hydraulique de la plaine d'Antananarivo.....	15
I.2 Aménagement du Marais Masay.....	16
I.3 Hydrométéorologie du site.....	18
I.3.1 Bassin versant de la vallée de l'Est.....	18
I.3.2 Bassin versant de la vallée Masay.....	18
I.3.3 Pluviométrie.....	18
I.3.4 Les appareils de mesures.....	19
I.3.4.1 Mesure de vitesse et de débit.....	19
I.3.4.2 Mesure de la concentration.....	20
I.4 Géomorphologie du site.....	23
<b>CHAPITRE II Caractéristiques socio économiques du site.....</b>	<b>24</b>
II.1. La zone d'influence du projet.....	25
II.1.1. Aspect démographique.....	25
II.1.2. Aspect économique ; Inventaire des activité économiques dans la zone.....	25
II.2. Changements constatés du milieu hote.....	27
II.2.1. Changement du milieu physique.....	27
II.2.2. Changement écologique.....	29
II.2.3. Aspet économique du changement.....	35
<b>CHAPITRE III. Pollution des eaux.....</b>	<b>38</b>
III.1 Pollution des eaux à l'échelle mondiale.....	38
III.2. Pollution des eaux du Marais Masay ;Eutrophisation et pouvoir auto-épurateur...40	40

III.2.1. Pollution tellurique.....	43
III.3 Analyse des eaux du Marais Masay et interprétation des résultats.....	45
III.3.1 Analyse physico-chimique.....	46
III.3.2 Analyse des métaux lourds.....	48
III.3.3 Analyse bactériologique.....	50
<b>CHAPITRE IV. Modélisation mathématique du transfert des matières en suspension</b> ..	<b>51</b>
IV.1 Le modèle .....	51
IV.2 La méthode des éléments finis.....	55
IV.2.1 Discrétisation du problème à partir d'une formulation variationnelle.....	56
IV.2.2 Construction de la fonction d'interpolation.....	57
IV.2.3 Approximation par la méthode des résidus pondérés.....	60
IV.2.4 Matrice des coordonnées globales (CORG).....	64
IV.2.5 Matrice de connectivité (CONEC).....	66
IV.3. Présentation du Matlab .....	68
IV.4 Interprétation des résultats de la modélisation.....	71
<b>CHAPITRE V. Les solutions apportées : l'adéquation des outils d'interprétation.....</b>	<b>72</b>
<b>CHAPITRE VI. Evaluation économique du Marais Masay ou la relativité des objectifs socio-économiques d'un projet à caractère multiple : Aménagement du territoire, Ecologie, et bien être de la population.....</b>	<b>80</b>
VI.1. Audit du Marais Masay.....	89
VI.2. Analyse du risque.....	90
VI.3. Analyse SWOT.....	92
RECOMMANDATIONS.....	95
CONCLUSION.....	98
BIBLIOGRAPHIE.....	99
ANNEXES	

## LISTE DES NOTATIONS ET DES ABREVIATIONS

### NOTATIONS :

#### Lettres de l'alphabet latin :

$a_1, a_2, \dots, a_n$	Paramètres d'approximation non nodale
[ A ] et [ B ]	Matrices composant la forme intégrale discrétisée
[ B ] <sup>T</sup>	Transposé de [ B ]
C	Concentration (mg / l)
C'	Concentration de fluctuation (mg / l)
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , ... C <sub>n</sub>	valeurs de la concentration aux nœud 1, 2, ..., n (mg / l)
$\check{c}$	valeur approchée de la concentration (mg / l)
D	Coefficient de diffusion moléculaire
D <sub>ij</sub>	Composantes de la matrice associée au tenseur de diffusion turbulente
D <sub>t</sub>	Coefficient de diffusion turbulente
div	Divergence
dS ou dA	Elément de surface (m <sup>2</sup> )
dv	élément de volume (m <sup>3</sup> )
e	Exponentielle
F	Fréquence (Hz)
grad	Gradient
[ J ]	Matrice jacobienne de la transformation
[ J ] <sup>-1</sup>	Inverse de la matrice jacobienne
K <sub>1</sub>	Constante de vitesse dans le processus de dégradation
L	Charge organique (mg / l)
L <sub>0</sub>	Charge organique au début du processus (mg / l)
l, m, n	Les cosinus directeurs de la normale $\vec{n}$
$\vec{n}$	Vecteur normal à la surface extérieure
N <sub>i</sub>	Fonctions d'interpolation (ou fonctions de forme) avec i = 1, 2, 3, 4
P	Polynôme de l'approximation
Q	Débit d'écoulement en volume (m <sup>3</sup> / s)
Q <sub>s</sub>	Débit solide en volume (m <sup>3</sup> / s)
R	Résidu

t	Temps	(s)
u, v, w	Composante de la vitesse respectivement suivant x, y, et z	(m/s)
v	Vitesse à l'instant t	(m/s)
$\bar{v}$	Vitesse moyenne	(m/s)
v'	Vitesse de fluctuation	(m/s)
V	Vitesse moyenne d'écoulement	(m/s)
W	Forme intégrale d'une fonction	
x, y, z	Coordonnées d'un point dans un repère cartésien	(m)
X <sub>i</sub> et Y <sub>i</sub>	Coordonnées des nœuds d'un élément (i = 1, 2, 3, 4)	(m)

### **Lettres de l'alphabet grec :**

$\mu$	Micron
$\xi$ et $\eta$	Coordonnées d'un point de l'élément de référence (m)
$\Psi$	Fonction de pondération

### **ABREVIATIONS :**

APIPA	Autorité pour la Protection contre l'Inondation de la Plaine d'Antananarivo
BPPAR	Bureau des Projets de Promotion et d'Aménagement des Régions
CUA	Commune Urbaine d'Antananarivo
DBO <sub>5</sub>	Demande Biochimique d'Oxygène en 5 jours
DCO	Demande Chimique d'Oxygène
ESPA	Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
GR	Génie Rural
3L	Logique hiérarchique, Logique transversale, Logique de soutien
MGE	Manuel de Gestion et d'Entretien des infrastructures
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrate
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Phosphate
POP <sub>s</sub>	Polluants Organiques Persistants
RN <sub>3</sub>	Route Nationale N°3
SAMVA	Service Autonome de la Maintenance de la Ville d'Antananarivo
SOGREAH	Société Grenobloise d'Etude et d'Aménagement Hydraulique
SOMEAH	Société Malgache d'Etude et d'Aménagement Hydraulique
TRIE	Taux de Rentabilité Interne Economique

## **LISTE DES FIGURES**

Figure N° 01 : Situation géographique du Marais Masay à l'échelle locale et délimitation des bassins versants

Figure N° 02 : Plan de masse du Marais Masay

Figure N° 03 : Carte des points de rejets dans le réseau hydrographique

Figure N° 04 : Courbe d'étalonnage du compteur de tour du moulinet

Figure N° 05 : Représentation schématique de l'appareil de mesure du teneur en matières en suspension

Figure N° 06 : Courbe d'étalonnage des mesures de concentration

Figure N° 07 : Forme générale d'un élément quadrilatéral

Figure N° 08 : Elément de référence et élément réel quadrilatéral isoparamétrique à 4 nœuds

Figure N° 09 : Maillage en éléments quadrilatéraux

Figure N° 10 : Répartition des charges en matières en suspension dans le Marais Masay

Figure N° 11 : Répartition des charges en DBO<sub>5</sub> dans le Marais Masay

Figure N° 12 : Etat de référence de pollution à la sortie du Marais Masay

Figure N° 13 : Vecteurs représentatifs de la norme, et de l'état de pollution en 2000 et en 2005

Figure N° 14 : Graphe de comparaison des paramètres polluants avec la DBO<sub>5</sub> et la DCO

Figure N° 15 : Graphe de comparaison des paramètres polluants avec la norme et avec l'état de pollution en 2000 et en 2005

Figure N° 16 : Graphe de comparaison des paramètres polluants avec la norme et avec l'état de pollution en 2000 et en 2005 en tenant compte des valeurs au débouché de la vallée Masay (DVM)

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 01 : Cadre Logique

Tableau N° 02 : Effectif de la population de la Commune Urbaine d'Antananarivo en 2003

Tableau N° 03 : Inventaire des activités socio-économiques de la zone périphérique du Marais Masay

Tableau N° 04 : Evolution de l'implantation des activités socio-économiques dans la zone périphérique du Marais Masay de 1950 à 2005

Tableau N° 05 : Evolution de la consommation en eau courante des unités industrielles

Tableau N° 06 : Phénomènes d'inondation dans les sites industriels avant l'aménagement du marais Masay

Tableau N° 07 : Evaluation de la pollution dans la zone périphérique du marais en 2005

Tableau N° 08 : Inventaire des activités Industrielles génératrices de pollution dans la zone

Tableau N° 09 : Coût des infrastructures anti-pollutions par entité polluante en millions de Fmg

Tableau N° 10 : Valeurs des DBO5 ; DCO ; Nitrate ; Phosphate avant et après aménagement

Tableau N° 11 : Valeurs des normes de certains paramètres physico-chimiques

Tableau N° 12 : Résultats d'analyse des métaux lourds avant aménagement (en 2000)

Tableau N° 13 : Résultats d'analyse des métaux lourds après aménagement (en 2005)

Tableau N° 14 : Valeurs des paramètres bactériologiques avant et après aménagement

Tableau N° 15 : Matrice des Coordonnées Globales

Tableau N° 16 : Matrice de Connectivité

Tableau N° 17 : Tableau de valeurs du TRIE – scénario 1

Tableau N° 18 : Tableau de valeurs du TRIE – scénario 2

Tableau N° 19 : Tableau de valeurs du TRIE – scénario 3

Tableau N° 20 : Tableau d'audit du Marais Masay

Tableau N° 21 : Tableau d'analyse SWOT de la CUA

## RESUME

Le but de cette étude est d'essayer de trouver une solution sur le problème de gestion de la pollution du Marais Masay et de la mise en valeur du site. La stratégie d'approche est basée sur une démarche intégrée d'ingénierie de projet. Le travail est divisé en cinq chapitres.

En premier lieu, nous avons dégagé les caractéristiques hydrauliques du site par la description du fonctionnement hydraulique de la plaine d'Antananarivo, par un bref aperçu de la pluviométrie de la région et par la description de l'aménagement du Marais Masay et des bassins versants tributaires du marais. Pour avoir une vision plus large sur le problème de pollution, de son origine et de ses impacts sur l'environnement, nous avons mis en évidence dans le deuxième chapitre les problèmes de pollution des eaux en citant les événements catastrophiques pertinents qui se sont produits dans le monde, sans oublier le cas du Marais Masay. L'étude de l'état des lieux de la pollution du Marais Masay commence à partir de la situation avant l'aménagement du marais jusqu'à la celle d'après les travaux d'exécution du projet. A cet effet, nous avons collecté toutes les données existantes antérieures notamment les résultats d'analyses qui ont été faites et évidemment d'après l'analyse de ces données, on a pu dégager la situation générale du marais en terme de pollution avant l'aménagement. On a effectué des analyses pour la situation après aménagement auprès du laboratoire du CNRE ; il s'agit des analyses physico-chimiques, bactériologique et des métaux lourds en quatre points du marais. Pour les matières en suspensions, nous avons mis au point un modèle de convection diffusion pour représenter mathématiquement le transfert de ces matières en suspension dans le marais aboutissant à une vision graphique de la répartition dans l'espace de la charge en matières en suspension et de la charge en DBO<sub>5</sub>. D'après cette analyse on a pu faire une comparaison entre la situation actuelle et la situation antérieure. Cette étude est accompagnée d'une enquête socio économique auprès de quelques industries et artisans situés aux environs du marais et dans les bassins versants pour avoir une vision plus réaliste de la situation actuelle.

Le modèle mathématique de dispersion des matières en suspension a été discrétisé par la méthode des éléments finis sous forme d'équation matricielle et la résolution de cette dernière a été faite à l'aide de Matlab.

Une analyse économique et une étude de gestion du site ont été menées suivant une démarche intégrée d'ingénierie de projet avec une approche « Management Qualité » supportée par la méthode 3L à partir de laquelle on a pu mettre en évidence les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces de la Commune Urbaine d'Antananarivo, entité compétente et existante en matière de gestion ainsi que des paramètres économiques tels que les coûts et avantages. En internalisant les externalités négatives, on a pu obtenir à un taux de rentabilité économique interne de l'ordre de 20%.

A partir de ces analyses techniques et économiques, nous avons donné à la fin de ce rapport quelques recommandations sur la gestion du site du marais Masay pour la pérennité des ouvrages et pour assurer la satisfaction du bien-être collectif au niveau de tous les acteurs concernés.

:

## INTRODUCTION

Des évènements défavorables et parfois même catastrophiques au cours des dernières décennies ont contribué à faire prendre conscience aux responsables politiques et aux citoyens des pays industrialisés que le développement industriel rencontre toujours des contraintes écologiques.

L'action exercée par l'homme sur les ressources naturelles est la cause majeure de la « crise » à laquelle l'humanité se trouve confrontée. Dans les pays en développement, la croissance spontanée de la démographie accompagnée d'une pauvreté généralisée est l'un des principaux facteurs de cette crise. Effectivement la destruction des forêts par les feux de brousses et par l'utilisation du bois comme source d'énergie, l'érosion des sols, l'épuisement de la pêche, la raréfaction des matières premières minérales, la crise de l'énergie et la pollution de l'environnement constituent des indices qui démontrent que la civilisation humaine exerce une action négative sur la biosphère. Cette action qui s'intensifie sans cesse dans le temps présente un danger très grave et des conséquences difficilement remédiables pour l'humanité. Pour sauver l'homme et l'humanité, il faut protéger la nature rationnellement.

En ce qui nous concerne, les habitants environnant le Marais Masay et ceux qui se trouvent en aval ne sont pas à l'abri d'un tel danger que présente les impacts de la pollution due aux rejets industriels et domestiques dans le marais si on ne prend pas dès maintenant les précautions adéquates. Pour remédier à ce problème, identifions la problématique et analysons la situation.

L'aménagement du Marais Masay entre dans le cadre du projet d'aménagement de la partie de la plaine nord d'Antananarivo déclarée urbanisable. Les études d'APS et d'APD ont été menées en 1999 – 2000 par le groupement BCEOM – JARY – INFRAMAD. Le rapport d'étude a été complété par une étude d'impact environnemental de l'aménagement mais les termes de référence de l'étude d'APS ne précisaient pas de manière détaillée le contenu précis de l'étude d'impact demandée. Les travaux d'exécution ont été achevés en 2004. La situation géographique du site engage les autorités concernées à assurer la valorisation du complexe afférente aux nécessités sociales et répondant aux conditions préconisées par les normes en vigueur notamment du point de vue impact environnemental. A

ce propos, Le Bureau des Projets de Promotion et d'Aménagement de Régions (BPPAR) a confié au groupement SOGREAH – SOMEAH une étude de pré traitement des rejets industriels dans le Marais Masay. Cette étude a été achevée en 2004 et propose des solutions de pré traitement pour chaque industrie se trouvant aux abords du Marais Masay.

La pérennité du site est aussi une des actions les plus importantes à assurer pour que le but final du projet soit atteint : assurer pendant la durée de vie du projet l'amortissement des crues provenant des bassins tributaires tout en assurant l'équilibre écologique du site articulée par des justifications économiques.

L'objet de cette thèse est de mettre en évidence un certain nombre de points importants liés aux pollutions du marais et d'attirer l'attention des autorités concernées sur la possibilité d'une démarche scientifique visant à améliorer les conditions d'exploitation du Marais Masay. La problématique du marais est facile à identifier mais c'est dans le traitement de la solution que nous apportons notre vision.

On peut citer :

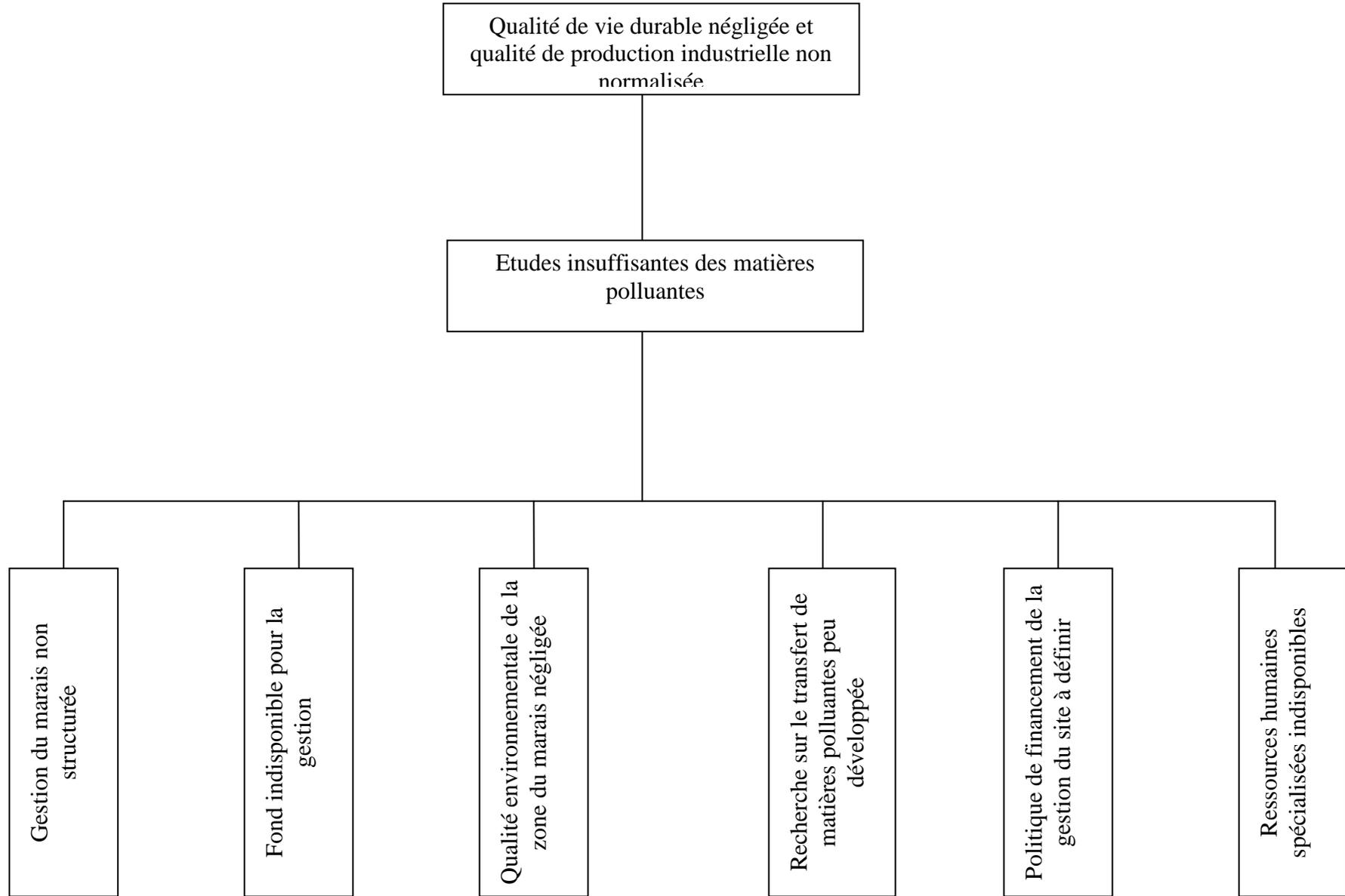
- Le problème de transport solide dans le marais
- Le problème de pollution du marais
- Equilibre écologique du site
- La gestion du site

Le phénomène physico-chimique et de transfert de pollution étant complexe dans un milieu de type marais, une modélisation mathématique serait nécessaire afin d'avoir une vision plus claire sur la répartition dans l'espace de la charge en matière en suspension et de la pollution du lac. Le modèle utilisé pour le transport en suspension est basé sur la loi de Fick aboutissant à une équation aux dérivées partielles de convection – diffusion de type elliptique pour laquelle la résolution analytique présente de grosses difficultés. Pour cette raison, nous avons procédé à une résolution numérique. Parmi les méthodes numériques existantes, nous avons choisi la méthode des éléments finis ; le problème étant supposé bidimensionnel, cette méthode s'adapte bien pour notre cas.

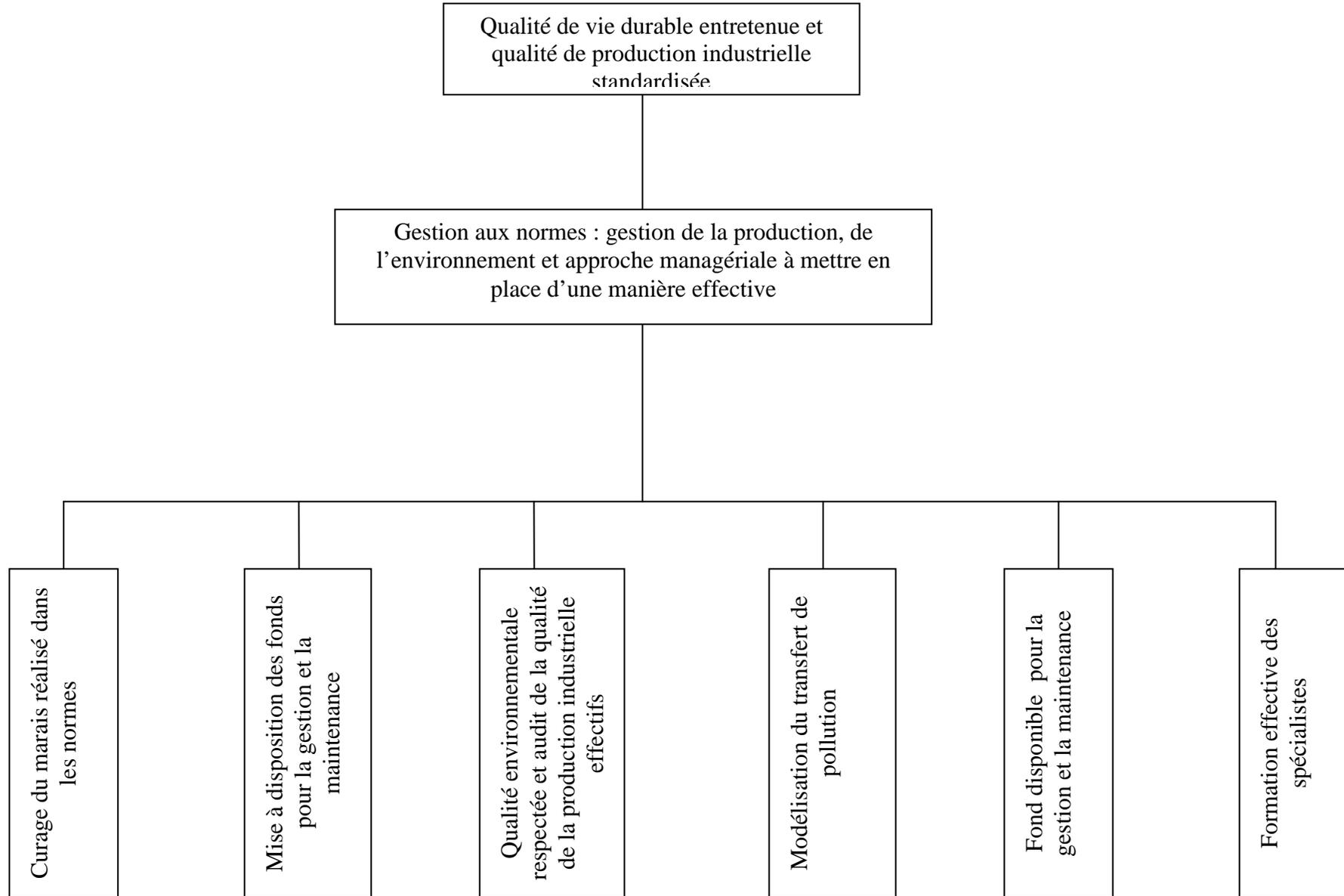
D'après les expériences acquises par les scientifiques utilisateurs de cette méthode, les solutions approchées convergent vers la solution exacte. Cela présente un des avantages

de la méthode des éléments finis. Enfin, comme il s'agit de résoudre des équations matricielles, nous avons utilisé Matlab pour le traitement des calculs et la visualisation graphique des phénomènes de pollution. Ce concept est un préalable à une étude efficace de la problématique de la pollution.

## ARBRE DES PROBLEMES



## ARBRE DES OBJECTIFS



## CADRE LOGIQUE

	LOGIQUES D'INTERVENTIONS	INDICATEURS OBJECTIVEMENT VERIFIABLES	MOYENS DE VERIFICATION	CONDITIONS CRITIQUES
OBJECTIF GLOBAL	Qualité de vie durable respectée et entretenue et qualité de production industrielle normalisée	-zéro réclamation sur la pollution et zéro accident écologique	-enquête et entretien ouverts avec les riverains	-autorisation de faire les enquêtes obtenues
OBJECTIF SPECIFIQUE	Gestion autonome mise en place et installation des normes ISO avec application du Management Qualité	10% du montant d'investissement recouvert par an	-rapport financier	-autorisation de montage de l'entreprise obtenue
RESULTATS	1-curage du marais réalisé dans les normes 2-fonds disponible pour la gestion 3-Qualité environnementale du marais respectée 4-mise à disposition d'un modèle de transfert de pollution 5-mise à disposition de fond pour la maintenance 6-ressources humaines formées et identifiées	-zéro réclamation sur la pollution - 50% des fonds de roulement annuels obtenus -zéro réclamation sur la pollution  -un modèle de transfert élaboré  50% des fonds disponibles au démarrage du projet	-enquête auprès des riverains -relevé de la situation en banque  -enquête auprès des riverains  -publication de l'ouvrage  -état financier prévisionnel	-autorisation de faire les enquêtes obtenues -demande de fond approuvée -autorisation de faire les enquêtes obtenues -présentation validée  -demande de approuvée
ACTIVITES	1.1.acheter les équipement nécessaires 1.2.élaborer et appliquer le guide de gestion du lac	-un lot d'équipements sur place au démarrage du projet -un planning des travaux validé	-factures d'achat -bon de livraison -rapports d'activités	-demande de fond approuvée

ACTIVITES (suite)	2.1.monter un plan de financement	-deux alternatives élaborées	-rapports d'activités	Recherche de fonds autorisée
	2.2.faire participer les riverains à la recherche des fond	-25% des riverains participent évolutivement au financement	-rapport financier	
	2.3.recherche des fonds auprès du gouvernement et des bailleurs	75% des fonds obtenus du gouvernement	-rapport financier	
	3.1.élaborer un plan d'assurance qualité environnementale	- un plan élaboré	- rapport d'activité	- un qualicien environnementaliste recruté
	4.1.élaborer un modèle de transfert de pollution	-un modèle de transfert élaboré	- plan de masse	- un chercheur en modélisation de transfert de pollution recruté
	5.1.élaborer un planning de maintenance 5.2. élaborer un budget de maintenance	-un planning élaboré joint à la demande de financement -un budget élaboré joint à la demande de financement	- demande de financement - demande de financement	Recherche de fond autorisée
6.1.recruiter du personnel 6.2.former une équipe sur la maintenance 6.3.former une équipe sur la qualité et la gestion de l'entretien de l'aménagement paysager 6.4.former une équipe sur la gestion d'entreprise	-50% des titulaires des postes clés recrutés au début du projet - 1 curriculum de formation - 1 curriculum de formation  - 1 curriculum de formation	- registre du personnel - rapport de formation - fiche de présence  - rapport de formation - fiche de présence - rapport de formation - fiche de présence	- autorisation du gouvernement obtenue - autorisation de la mairie d'Antananarivo obtenue - financement obtenu - les riverains du marais acquis à la cause du projet	

**Tableau N° 01 : Cadre Logique**

## PROBLEMATIQUE

Les principaux documents de travail existants concernant les études afférentes à l'aménagement du Marais Masay sont les suivants :

- Le rapport d'avant projet sommaire (APS)
- Le rapport d'avant projet détaillé
- Le projet d'exécution
- Le rapport d'étude de pré traitement des rejets industriels dans le Marais Masay de la plaine d'Antananarivo, élaboré par la SOGREAH SOMEAH en 2004
- Le manuel de gestion et d'entretien des infrastructures (MGE) élaboré par le groupement BRL Ingénierie et BRL Madagascar Chargé de contrôle et de supervision des travaux d'aménagement du Marais Masay en mai 2004 suite à la réception des travaux.

Les rapports d'APS et d'APD définissent les travaux à entreprendre et certains impacts environnementaux tandis que le MGE donne tous les éléments permettant aux autorités responsables de l'exploitation du Marais Masay de procéder à la bonne gestion du site assurant la pérennité et la valorisation du complexe.

Le rapport d'étude de pré traitement des rejets industriels met en évidence la situation des rejets et apporte des solutions de pré traitement à ces industries

Dans ces documents on parle d'une manière peu précise les volumes de dragages, leur périodicité, et les endroits critiques après l'aménagement du marais. Or les opérations de dragage sont des procédés qui coûtent cher et donc devraient être justifiées techniquement et économiquement.

Le deuxième problème concerne la maîtrise du phénomène écologique du site notamment le problème de gestion des pollutions et le problème de gestion du site lui-même. Effectivement, le Marais Masay est un site se trouvant au cœur d'une agglomération urbaine et sujet d'une pollution due aux rejets d'eaux usées domestiques et aux rejets industriels et les effluents du marais se déversent dans le canal Andriantany, qui lui-même se déverse dans la rivière Ikopa. Or les termes de référence des études d'APS et APD précisaient que le Marais Masay est destiné uniquement au rôle d'écrêteur de crue. Donc la recherche d'une solution s'avère incontournable tant que les eaux usées domestiques et industriels n'ont pas subi de traitement ou prétraitement sur place pour

préservé la qualité de l'eau dans le marais et de l'air environnant d'autant plus que les aménagements paysagers tout autour du marais sont prévus pour en être un parc de loisir. Nous allons donc aborder ce problème dans le but de concevoir un outil de gestion permanent et flexible à la recherche de solution appropriée afin de minimiser les impacts négatifs de l'aménagement du Marais Masay. Il s'agit d'une démarche intégrée d'ingénierie de projet qui tient compte des intérêts de tous les acteurs actifs et passifs.

Pour aborder le problème, nous allons d'abord décrire les caractéristiques physiques du site. Nous parlerons ensuite des généralités sur la pollution des eaux, de leur origine et de leurs impacts en illustrant par des faits réels. On a ensuite procédé à des analyses des eaux du marais pour lesquelles les résultats ont été comparés avec les résultats d'analyses antérieures lorsque les travaux d'aménagement du marais n'ont pas encore commencé. Les outils à utiliser sont des modélisations qui nous permettent d'avoir une vision scientifique du problème facilitant ainsi l'interprétation des résultats. L'étude de la pérennité de la gestion du site a été abordée par une démarche intégrée d'ingénierie de projet aboutissant à une évaluation économique avec un taux de rentabilité interne économique satisfaisant.

# CHAPITRE I

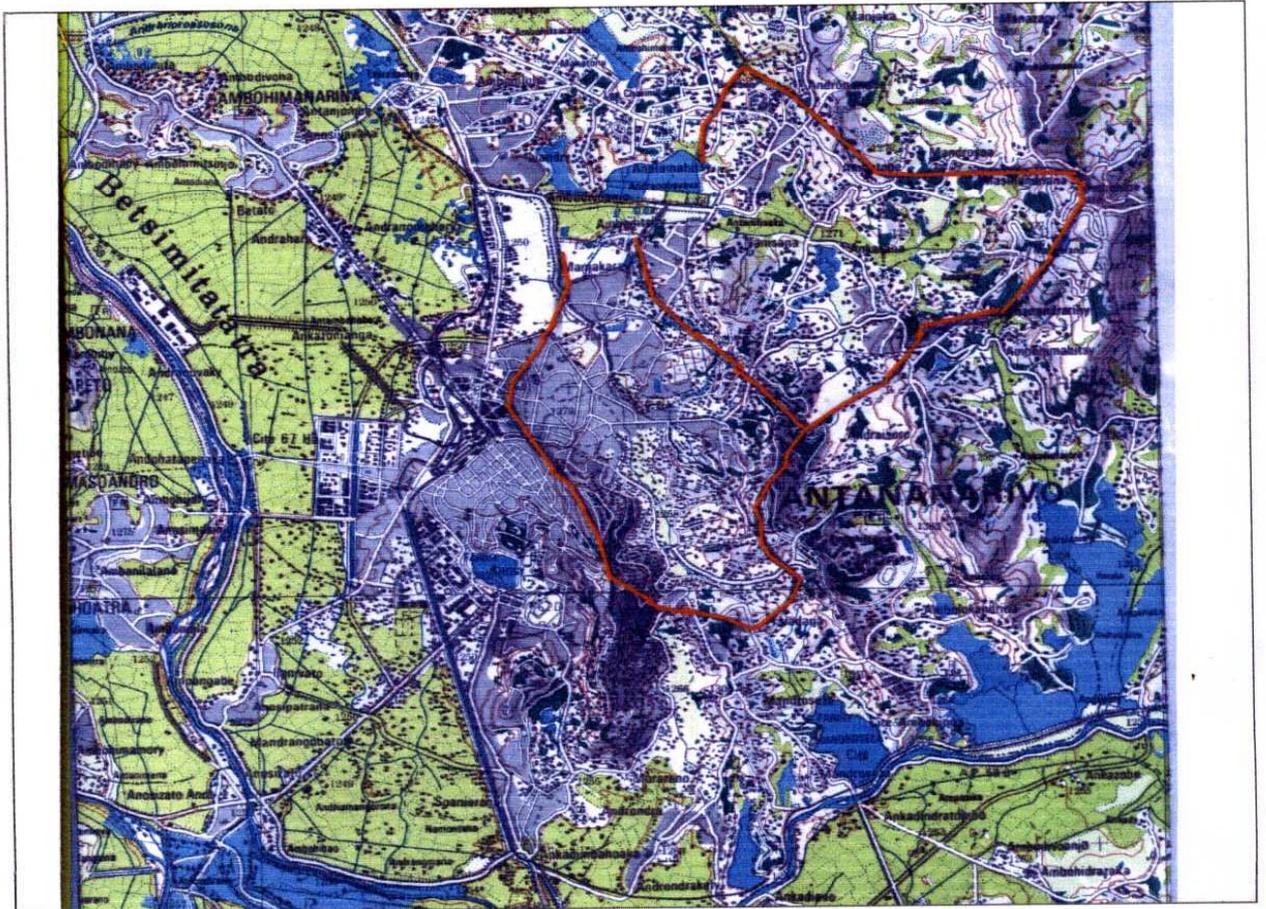
## CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DU SITE

-----

### I.1 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE LA PLAINE D'ANTANANARIVO

Comme la morphologie et l'occupation des sols de la plaine d'Antananarivo présente des difficultés pour le bon fonctionnement de l'assainissement de la plaine, des études conduites depuis plusieurs années pour la protection contre les inondations et la mise en valeur de la plaine d'Antananarivo ont permis d'établir un plan directeur d'assainissement de la plaine qui se traduit par : [24]

- Le rehaussement de la digue de la Mamba
- Le recalibrage du canal Andriantany d'une longueur totale égale à 13,66 km pour l'affectation de ce dernier à la seule fonction d'assainissement d'eaux pluviales et une partie des eaux usées. Le débit maximal que ce canal peut évacuer est de 27 m<sup>3</sup>/s et les débits excédentaires lors des crues exceptionnelles sont déchargés dans la plaine agricole par le déversoir de la gare de Soarano implanté sur la berge gauche avec 56 m de large pouvant transiter un débit maximal de 36 m<sup>3</sup>/s.
- L'aménagement du Marais Masay pour tamponner une grande partie des crues provenant des bassins versants de la vallée de l'Est et de la vallée Masay évitant ainsi le débordement du canal Andriantany.
- La création du canal GR (Génie Rural) dont l'origine est au niveau du barrage de Tanjombato et ayant pour but d'irriguer la plaine agricole en remplacement du canal Andriantany.
- La réhabilitation du canal C3 variant de 6 à 10 m de large et de 1 m de profondeur, destiné à drainer la plaine agricole comprise entre le GR et l'Andiantany et à recevoir pendant les grosses pluies les eaux excédentaires du canal Andriantany provenant du déversoir de la gare via bassin tampon B1.
- L'installation de la station de pompage d'Ambodimita ayant pour objectif de dénoyer les débouchés des égouts de la ville et de pomper les eaux excédentaires de la plaine



**FIGURE N°01**  
**SITUATION GEOGRAPHIQUE DU MARAIS MASAY A L'ECHELLE LOCALE**  
**ET DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS**

- en les refoulant vers la Mamba. La station est équipée de trois pompes débitant chacune 3 m<sup>3</sup>/s, soit au total 9 m<sup>3</sup>/s. Le pompage se met en marche lorsque la cote du plan d'eau atteint 1247,00 et s'arrête à la cote 1246,70.

Toutes les infrastructures afférentes au plan directeur d'assainissement de la plaine sont dimensionnées par la pluie décennale de la station d'Antananarivo. Pour les débits de fréquence rare, centennal par exemple, il peut y avoir un risque de débordement de l'Ikopa et on a envisagé de projeter un fusible à Ambohimambola ; si le débit de crue de l'Ikopa atteint 400 m<sup>3</sup>/s supposé centennale et valeur supposée maximale pour son lit mineur, le barrage fusible saute et les eaux excédentaires s'écoule dans le lit majeur, val d'inondation rive gauche de l'Ikopa en passant par la plaine d'Alasora , par le rétrécissement de tanjombato, par le rétrécissement d'Anosizato, et par le rétrécissement d'Itaosy avant de rejoindre l'Ikopa en aval du pont d'Ampasika.

## **I. 2. AMENAGEMENT DU MARAIS MASAY**

Le but de l'aménagement du Marais Masay est de construire un bassin destiné à recevoir les eaux de pluies des deux bassins versants importants : le bassin de la vallée de l'Est et celui de la vallée Masay pour pouvoir écrêter les crues de ces bassins avant de les rejeter dans le canal Andriantany tout en évitant le débordement de ce dernier. La superficie total du bassin est de 98 ha partagé en deux bassins par la grande rocade du Nord : le bassin Nord de 78 ha et le bassin Sud de 20 ha. La cote du fond du bassin est à 1247,00. On a prévu une hauteur d'eau minimale de 0,50 m en saison sèche, c'est-à-dire à la cote 1247,50. La cote des plus hautes eaux est à 1248,50 et le volume total d'eau stocké est de 1 million de m<sup>3</sup>, le marnage étant égal à 1 m. L'entrée d'eaux provenant des bassins versants est assurée par deux canaux :

- le canal du débouché de la vallée de l'Est mesurant 920 m de long et 16,50 m de largeur au plafond avec une crête de digue calée à la cote 1249,00. La pente longitudinale du canal étant égale à 0,04%, il peut transiter un débit de 20 m<sup>3</sup>/s pour une hauteur d'eau de 1,5m dans l'hypothèse d'un coefficient de Manning Strickler égal à 32. Le canal draine toutes les eaux pluviales et les eaux usées de la vallée de l'Est qui est fortement urbanisée, et à cet effet les eaux de ce canal sont chargées en

déchets organiques et en déchets plastiques de toutes sortes et donc font l'objet d'une source de pollution très importante du Marais Masay.

- Le canal du débouché de la vallée Masay qui est moins pollué que le premier, mesurant 280 m de long et 12,15 m de largeur au plafond. Le débit de ce canal est moins important et moins pollué car les crues sont déjà amorties par un étang partant de la route de Nanisana – Ambatobe jusqu'au débouché de la vallée.

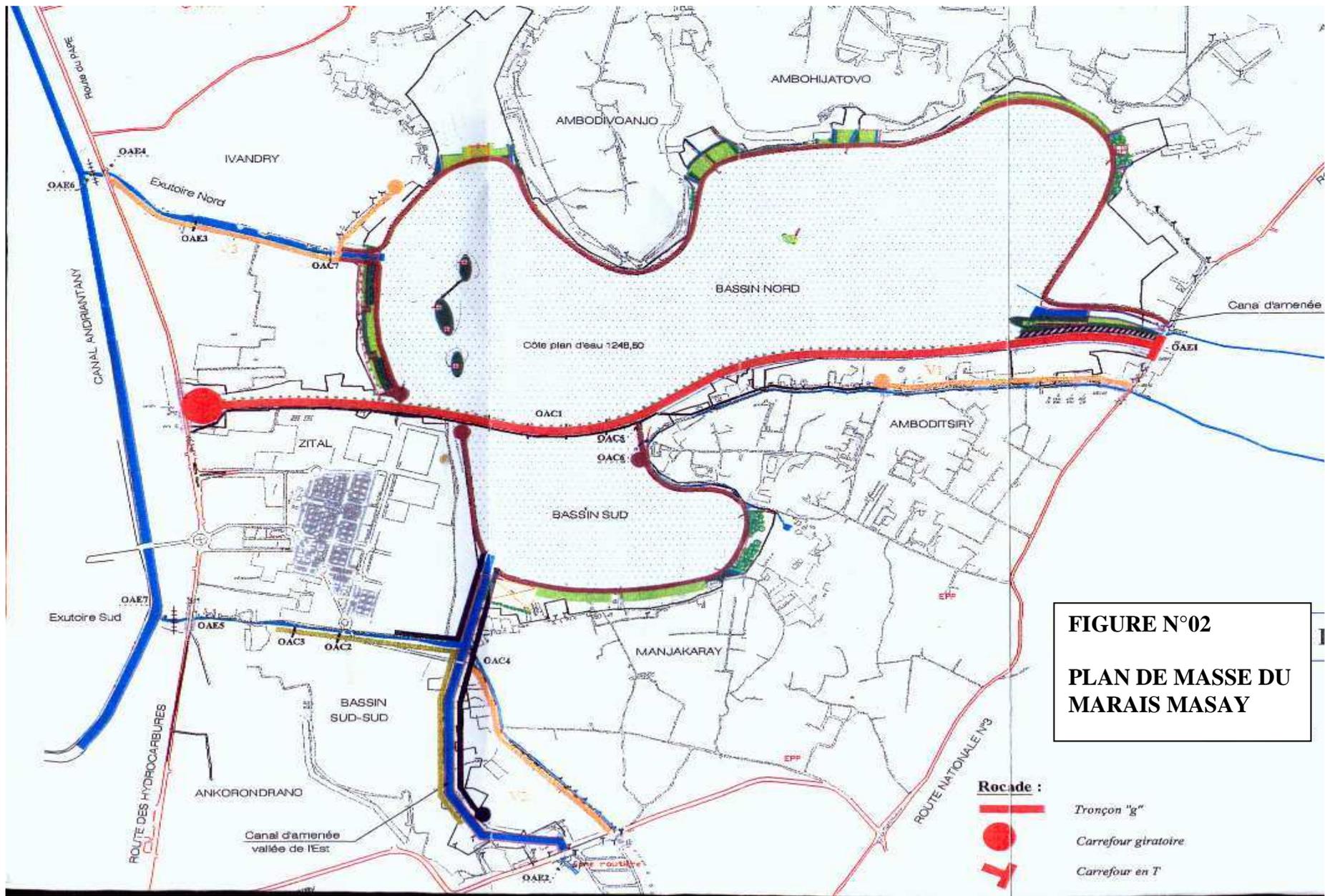
La sortie vers le canal Andriantany est assurée par deux exutoires :

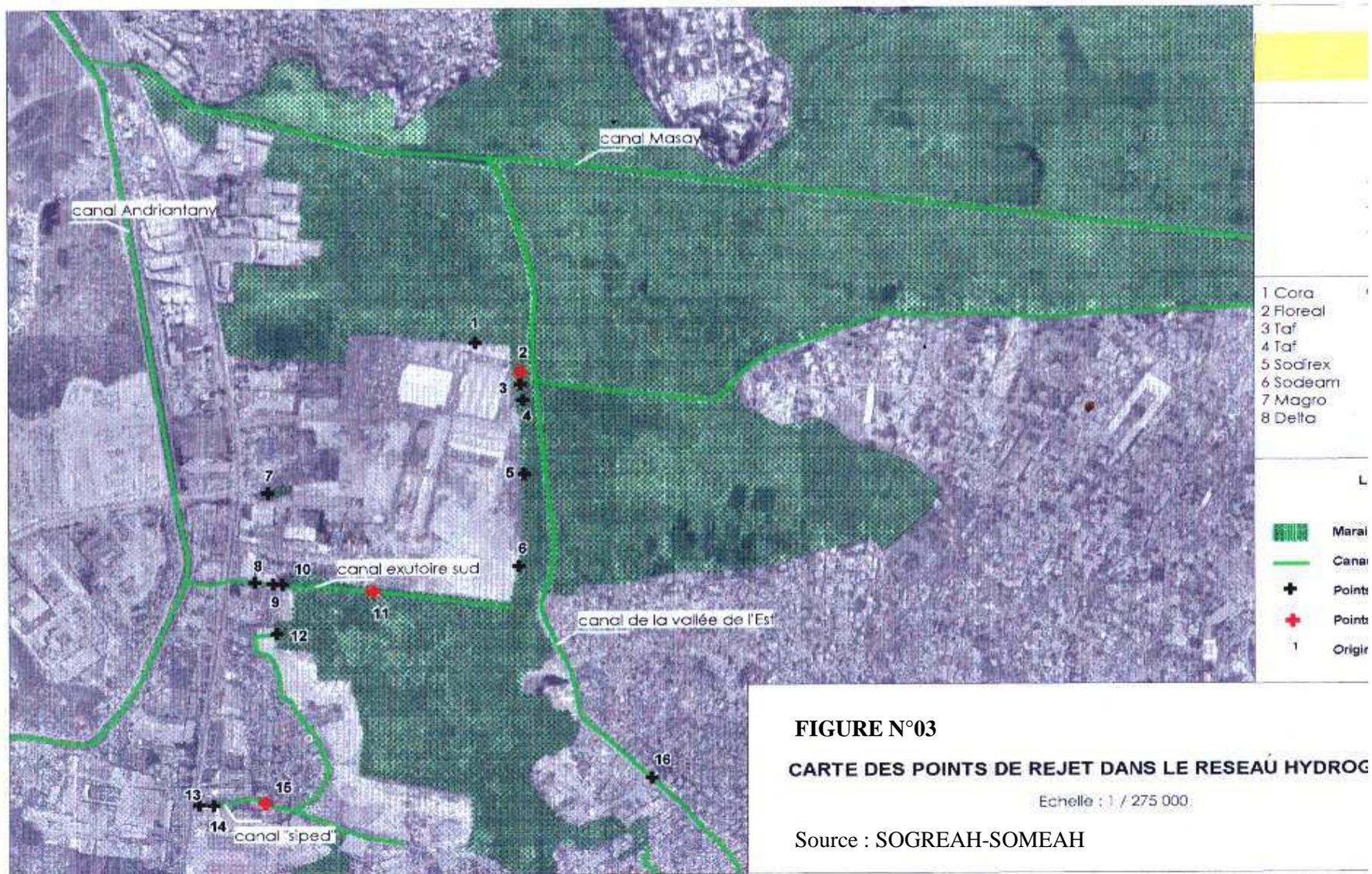
- exutoire nord muni de 6 buses de 800 mm de diamètre avec clapet anti-retour
- exutoire sud muni de 2 buses de mêmes caractéristiques.

Une grande rocade à 2x2 voies de longueur 2,141 km traverse le marais et relie la route des hydrocarbures et la RN3.

Des ouvrages d'équilibre ont été prévus pour permettre la communication entre les deux bassins nord et sud : un dalot triple de 3 x 3m x 1,5m et deux dalots doubles de 2 x 3m x 1,5m. Des digues de ceinture d'une longueur totale de 4600m ont été aménagées autour du marais dont la crête est à la cote 1249,00. Ces digues sont interdites à la circulation des véhicules mais ouvertes aux promeneurs pédestres ou à vélo. La largeur en crête est de 3 mètres.

Des zones d'espaces verts de superficie totale 7,15 ha sont prévues tout autour du lac pour les aménagements paysagers. Elles sont caractérisées par des engazonnements et des plantations de 11 espèces différentes.





**FIGURE N°03**  
**CARTE DES POINTS DE REJET DANS LE RESEAU HYDROG**

Echelle : 1 / 275 000

Source : SOGREAH-SOMEAH



### **I.3 HYDROMETEOROLOGIE DU SITE**

Les bassins versants tributaires du Marais Masay sont celui de la vallée de l'Est et celui de la vallée Masay, dit « troisième vallée ».

#### **I.3.1. BASSIN VERSANT DE LA VALLEE DE L'EST**

Ce bassin versant d'une superficie de 700 ha est fortement urbanisé. Il est délimité à l'Ouest par la crête passant par Faravohitra, puis Antaninandro jusqu'à Antanimena et à l'Est par Ambohidempona jusqu'à Soavimbahoaka en passant par Ampandrianomby puis par Ampasampito. Les eaux sont collectées par un canal partant d'Ampasanimalo et traversant les quartiers d'Ambaranjana, d'Ampandrana, de Besarety et d'Andravoahangy. Le bassin présente des pentes fortes en amont à partir d'une altitude d'environ 1450 m au Palais d'Andafiavaratra et des pentes très faibles en aval dans les quartiers de Besarety et d'Andravoahangy provoquant ainsi des inondations pluriannuelles d'autant plus que les sections des ouvrages d'assainissement sont insuffisantes et bouchées au niveau de certains points.

#### **I.3.2. BASSIN VERSANT DE LA VALLEE MASAY**

Ce bassin, appelé aussi 3<sup>ème</sup> vallée, est moins urbanisé que celui de la vallée de l'Est avec une superficie de 714 ha. Le bassin est limité au Sud par le quartier d'Andraisora, du Sud à l'Est par la route d'Ambatomaro puis par Soamanandrarinny et par la colline d'Ambohife Ilafy. Vers l'Ouest la limite suit les quartiers de Masinandiana, d'Ambatobe, d'Analamahitsy, d'Alarobia et d'Ambodivoanjo.

Les bassins versants étant supposés totalement urbanisés à terme, les études ont considéré une hypothèse maximaliste donc sécurisante de coefficient de ruissellement égal à 0,90 pour les deux bassins.

#### **I.3.3. PLUVIOMETRIE**

Le pré-dimensionnement des ouvrages du Marais Masay a été mené en considérant une pluie de projet basée sur l'épisode pluvieuse du 27 Décembre 1981 suivie

de 6 pluies plus fréquentes et par le traitement statistique des pluies horaires relevées de la station d'Antananarivo depuis 1983 reconstituant une averse synthétique décennale donnée par la courbe Intensité – Durée – Fréquence. Les intervalles de temps séparant les averses ont été étudiés statistiquement et supérieures à 19 heures. A partir de ces pluies ont été dimensionnés les canaux. Le débit transité par le canal du débouché de l'Est est de 20 m<sup>3</sup>/s pour une hauteur d'eau égale à 1,5 m, sa capacité maximale étant égale à 30 m<sup>3</sup>/s avant débordement. Pour le canal du débouché de la vallée Masay, le débit correspondant à une hauteur d'eau de 1,5 m est de 15 m<sup>3</sup>/s et sa capacité maximale est de 24 m<sup>3</sup>/s.

#### I. 3. 4. LES APPAREILS DE MESURES UTILISES

##### I. 3. 4. 1. MESURE DE VITESSE ET DE DEBIT

Pour les mesures de vitesse de l'eau, nous avons utilisé un micro moulinet de type C2 « 10 150 ». L'hélice utilisée est le N° 1-65572 dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$n < 2,68 \quad V = 0,0377 n + 0,012$$

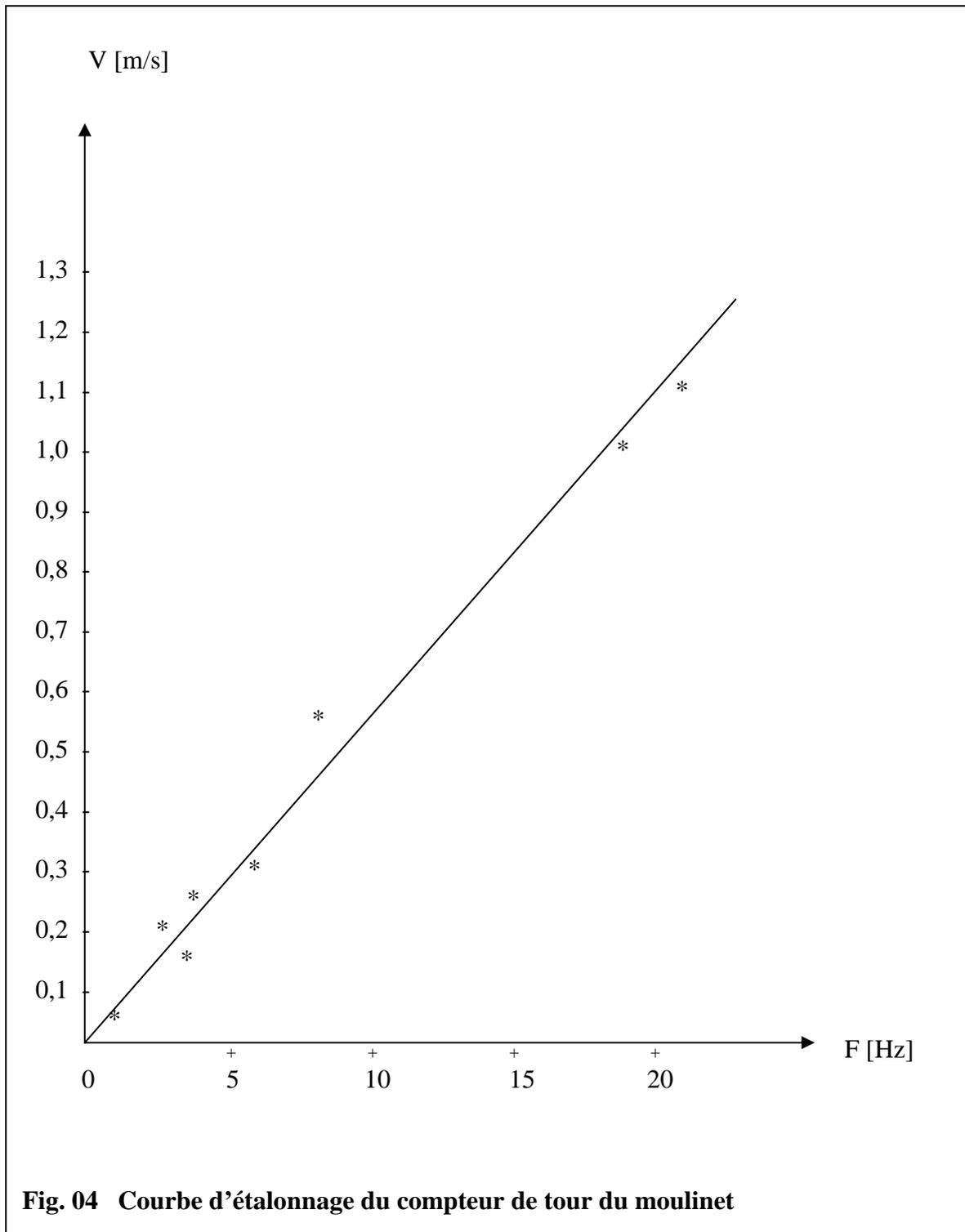
$$2,68 \leq n \leq 10,67 \quad V = 0,0555 n + 0,0344$$

$$n > 10,67 \quad V = 0,0540 n + 0,050$$

où V est la vitesse d'écoulement en m/s et n le nombre de tours par seconde de l'hélice.

L'appareil est connecté directement sur un compteur mécanique muni d'un bouton sur lequel il faut appuyer à chaque mesure de vitesse. Pour plus de commodité et pour raison de rapidité, nous avons utilisé un autre compteur. Il s'agit d'un compteur électrique Armfield étalonné avec un autre micro moulinet. Ainsi, pour pouvoir utiliser cet appareil on a du procéder à son étalonnage avec le moulinet C2 « 10 150 » et on a obtenu la courbe d'étalonnage suivante :

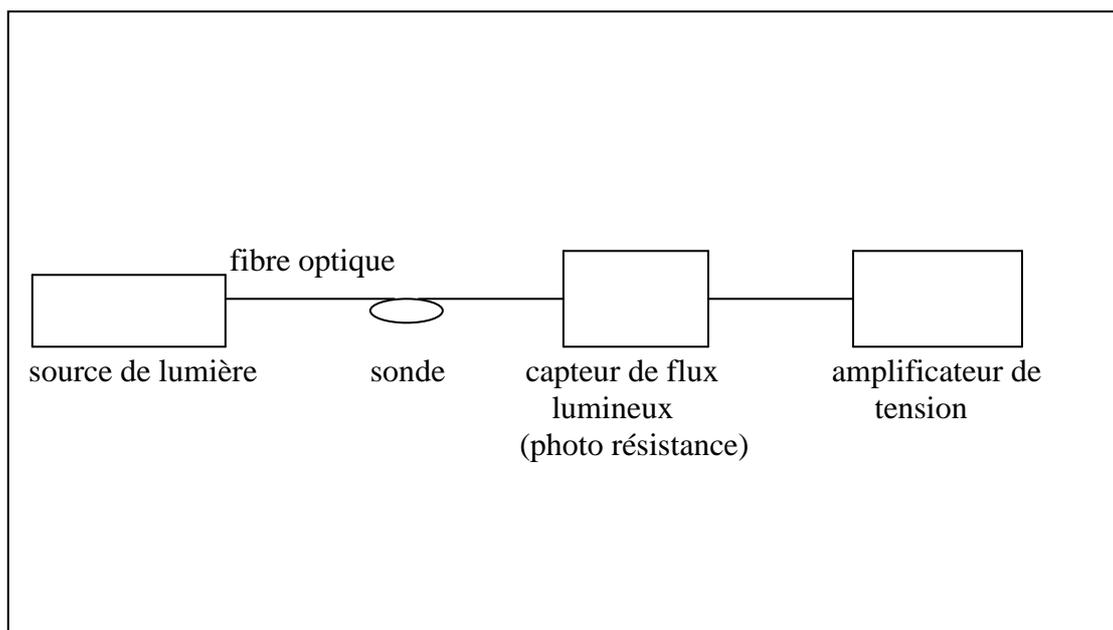
### I.3.4.2. MESURE DE CONCENTRATION



au

L'appareil est composé d'une source de lumière alimenté par un adaptateur de courant continu de 9 volts. Les faisceaux lumineux sont transmis par une fibre optique vers un capteur de flux lumineux qui se présente sous forme de photo résistance. La tension de sortie de la photo résistance est amplifiée par un amplificateur de tension avant d'être mesurée et affichée sur l'écran d'un testeur universel. La fibre optique est coupée en deux au niveau d'une sonde et les deux extrémités de la fibre sont espacées de deux ou trois millimètres pour que l'eau chargée en matières en suspension puisse passer entre les deux extrémités de la fibre. Pour que la lumière soit transmise jusqu'au capteur de flux les deux extrémités de la fibre doivent être bien alignées. Pour éviter la pénétration de la lumière extérieure environnante, la photo résistance doit être bien isolée de toute éventuelle lumière incidente du milieu extérieur (il faut qu'elle soit bien enfermée dans le noir).

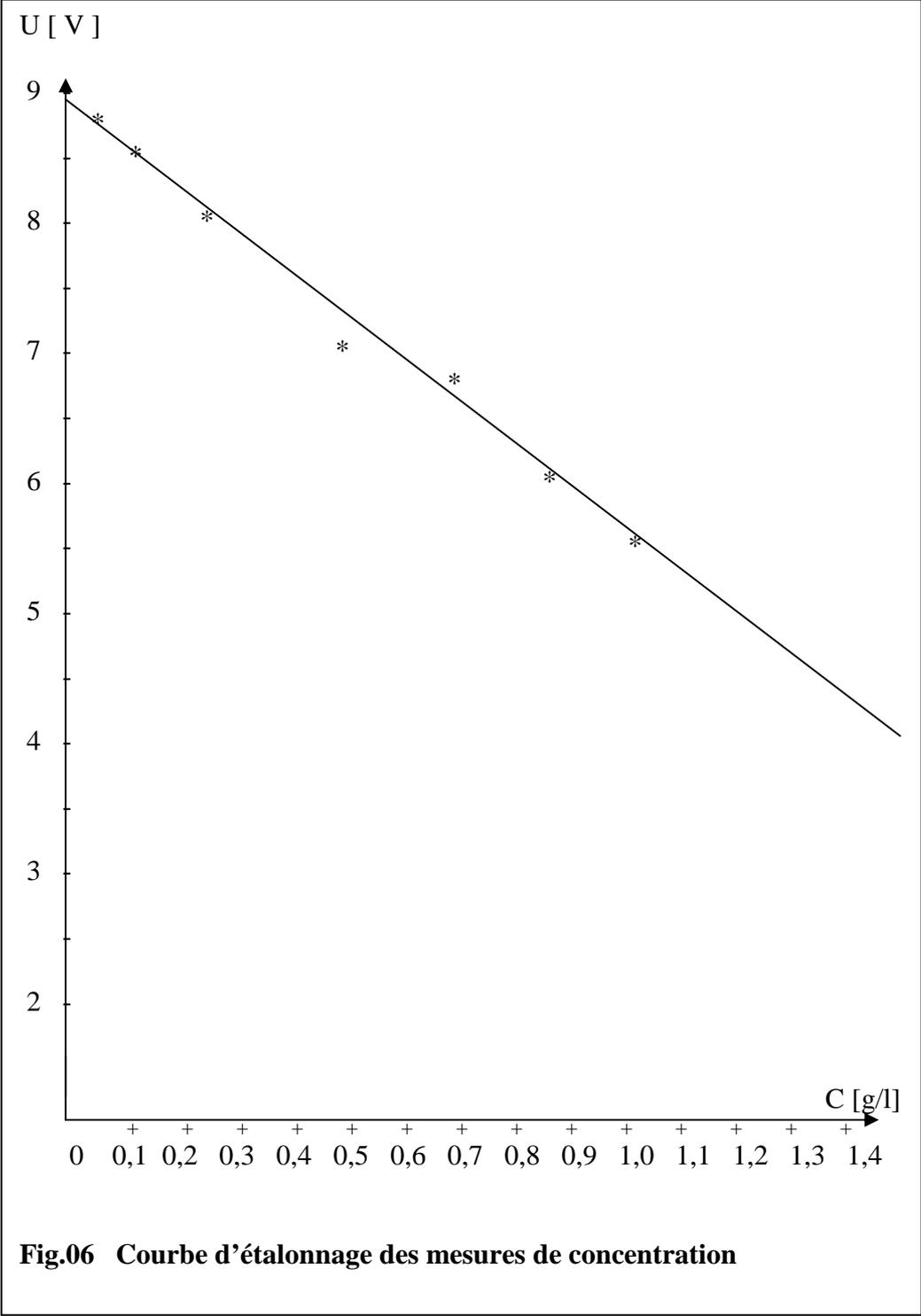
On peut schématiser l'appareil de la façon suivante :



**Fig. 05 Représentation schématique de l'appareil de mesure du teneur en matière solide en suspension**

Étalonnage de l'appareil :

Nous avons pris des bouteilles d'eau de robinet dans lesquelles on a mis différentes quantités de terre latéritique dont les diamètres des grains sont très petits afin d'avoir des matières en suspension et un liquide homogène. Les quantités de terre utilisées pour l'étalonnage ont été pesées à l'aide d'une balance électronique de grande précision.



#### **I.4 GEOMORPHOLOGIE DU SITE**

Le site du Marais Masay se trouve dans la zone d'Antananarivo Renivohitra qui est formée par des collines de formation géologique caractérisée par des granites migmatiques, des migmatites granitoïdes et du gneiss et par une zone de plaine caractérisée par une couche argilo sableuse alluvionnaire d'épaisseur allant jusqu'à vingt mètres et recouvrant un substratum gneissique. Le marais proprement dit fait partie de ladite plaine. Les deux bassins versants tributaires du marais Masay font partie des collines d'Antananarivo et des couches latéritiques recouvrent le substratum cristallin, mais avec des affleurements en quelques endroits des collines.

## CHAPITRE II

### CARACTERISTIQUES SOCIO – ECONOMIQUES DU SITE

La partie socio-économique de notre étude représente les résultats des investigations relatives aux impacts , tenant compte des intérêts des trois acteurs principaux : la population, les opérateurs économiques et l'Etat, de l'aménagement du marais Masay. Comme base d'investigation, on s'est surtout servi, des enquêtes sur terrain, portant sur des échantillons représentatifs des activités au sein des bassins versants de la vallée de l'Est et du bassin versant de la vallée Masay.

Le traitement des données recueillies lors des enquêtes a été étoffé par les données disponibles à travers les références bibliographique et webographique. Le but est de faire ressortir :

- si les activités humaines en amont du marais Masay présente un danger pour ceux qui se trouvent en aval ;
- dans quelle mesure ce plan d'eau reste efficace du point de vue dilution des éléments polluants en aval et enfin
- de quelle manière ce plan d'eau a-t-il contribué , positivement et/ou négativement aux changements des conditions de vie, d'hygiène, économique et au bouleversement de l'écosystème en général.

## II.1 LA ZONE D'INFLUENCE DU PROJET

### II.1.1.aspect démographique

Arrondissement	Superficie	Population	Densité	Nb ménage	Répartition % CUA
I	226 815	891, 463	254	46 289	21,0
II	130 309	1 350,636	96	26 594	12,0
III	129 188	682,918	189	26 365	11,9
IV	188 728	1 295, 558	146	38 516	17,4
V	301 655	2 471,529	122	61 562	27,8
VI	107 137	1 643,493	65	21 865	9,9
Total	1 083 732	8 335,597	130	221 180	100

**Tableau N° 02 : Effectif de la population de la Commune Urbaine d'Antananarivo en 2003** Source : Données de la CUA

Si la population totale de la commune urbaine d'Antananarivo s'élève à 1 083 732 habitants, 40,7 % des habitants de cette agglomération sont concernés directement par l'aménagement du marais Masay. En effet, l'aménagement considéré se trouve être à cheval entre deux arrondissements qui sont les arrondissements III et V.

### II.1.2. aspect économique – Inventaire des activités économiques dans la zone

Eu égard aux contraintes temporelles et financières disponibles, on a limité la zone d'enquête aux activités socio-économique de la zone périphérique du marais. On a un aperçu d'une tentative d'hierarchisation du thème à travers le Tableau 2 suivant.

D'une manière générale les activités sont classés en secteurs : agricole, industrielle et tertiaire ou service. On y a ajouté l'artisanat et le sous secteur domestique qui ont beaucoup d'impact sur le changement de l'écosystème aquatique.

Désignation	Identification		Localisation	Effectif des employés
Industries	Agro-alimentaire	Comadis	Ankorondrano	40
		Sodeam	Ankorondrano	-
		JB	Amboditsiry	350
		TAF	Ankorondrano	60
	Métallique et mécanique	Sodirex	Ankorondrano	50
		Henri Fraise et Fils	Ankorondrano	126
		Atelemec	Ankorondrano	30
	Textile	Floréal	Ankorondrano	1150
	Energétique	SIPED	Ankorondrano	155
	Bois et de ses dérivés	SNIC imprimerie	Ankorondrano	-
New Print		Ankorondrano	-	
Lapan'ny Hazo Kininina		Ambodivona	6	
Plastique et caoutchouc	Comacat	Ankorondrano	27	
	Vitafoam	Ankorondrano	-	
Chimique	Magie Color	Ankadifotsy	9	
	Acty-color	Manjakaray	12	
	Diana	Ankorondrano	30	
Service	Station service	Total	Ambodivona Ankorondrano	- 7
		Galana Nofy	Ankorondrano	10
		Galana	Ambodivona	10
		Jovena Valisoa	Ambatomainy	4
		Shell Ravintsara	Amboditsiry	6
	Tana Clean		Ankorondrano	
	Restaurant	Sunny hotel	Ankorondrano	8
		Booly frontière	Ankorondrano	5
	Commerce	Akash	Ankorondrano	2
		Sté feronnerie d'art	Andranobevara	13
		Promodim	Ankorondrano	
		Netter	Ankorondrano	30
		Top tôle	Ankorondrano	-
		Magro	Ankorondrano	-
		Mr bricolage	Ankorondrano	-
		Jumbo score	Ankorondrano	-
Zoom		Ankorondrano	-	
Tana water front		Ambodivona	-	
Courts	Ankorondrano	-		
Espace Médical		Ambodivona		
Pharmacie		Ambodivona	4	
Ecole ESCA		Antanimena		
Atisanat	Reparation automobile		Ambodivona	
	Réparation batterie		Ambodivona	1
	Abatoir		Anmbohitrahaba	4
Secteur agricole	Rizière		Andranobevara	
Domestique	Latrine à fosse perdu		Ankorondrano et	
	Fosse septique		Ambodivona	
				Ambodivona et Ankorondrano

**Tableau N° 03 : Inventaire des activités socio-économiques de la zone périphérique du Marais Masay**

Source : Enquête in situ  
Rapport SOMEAH – SOGREAH Juillet 2004

Appréhendé dans sa globalité, les activités socio-économique dans la zone périphérique du marais Masay suit un agencement structuré. Les entités industrielles se trouvent rassemblées le long de la route du Pape. Les activités de services et le petit artisanat s'agglutinent autour d'Ambodivona. Le secteur primaire est surtout rencontré au nord, du côté d'Andranobeava.

Le sous secteur domestique suit l'axe de la route nationale RN3 Analamahitsy, Amboditsiry, Ambatomainty, Manjakaray.

## **II.2 CHANGEMENTS CONSTATES DU MILIEU HOTE**

Il ressort à l'évidence que l'accroissement des activités dans la zone a comme corollaire des changements du milieu hôte. L'identification des changements survenus constitue l'objet de la présente section.

### **II.2.1.- Changement du milieu physique**

Les premières infrastructures industrielles s'établissaient dans la zone dans les années 50. Ce sont les cas de l'établissement JB, l'Ecole ESCA et la société Henry Fraise et Fils. Trois périodes d'accalmie furent observées entre 1955 et 2005. La première survenait dans le début des années 70, la seconde entre les années 1965 et 1970 et enfin troisièmement, entre les années 80 et 85. L'occupation du milieu s'est donc fait en trois étapes.

A l'étape 1, entre 1955 et 1970, correspond un taux d'implantation d'usine d'un établissement par an donc très lentement. De 1975 à 1990 le taux d'occupation doublait à deux établissements par an. Après l'année 2000 on constatait un boom d'occupation car le taux correspondant à cette étape est de 5 établissements par an.

Site	Année d'implantation	Surface occupée (m²)	Construction bâtie
JB	1965	3590	2684
TAF		4340	2550
Sodirex	1992	2280	2224
Henri Fraise et Fils	1955	17 900	12 540
Atelemec	1973	1820	490
SIPED	1975	7134	3980
SNIC imprimerie	1977	4100	2500
New Print			
Lapan'ny Hazo Kininina	1975	98	60
Comacat et Vitafoam	1980	1940	800
Magie Color	2002	60	60
Acty-color	2003	140	140
Comadis	1991	7828	2804
Sodeam		5300	3900
Diana	1991	2440	290
Station service total Ambodivona	2005		
Station service total Ankorondrano	2005	12457	4560
Station service Galana Nofy Ankorondrano	1962	789	36
Station service Galana Ambodivona			
Station service jovena Valisoa Ambatomainty	1972	120	60
Station service Shell Ravintsara Amboditsiry	1978	75	35
Tana Clean	2001	170	50
Hotel restaurant Sunny hotel	2005	450	300
Restaurant Booly frontière	2000	18	18
Akash	2000	20	20
Société feronnerie d'art	1971	600	
Promodim	1999	5000	1200
Netter	1991	2440	800
Top tôle	1991	27388	5151
Magro	2000	10044	3853
Mr bricolage			
Jumbo score	2000	16219	10332
Zoom	1995	10 600	5490
Tana watwr front	2002	30300	7563
Courts			
Espace Médical	1997	4560	2665
Pharmacie	2000	48	48
Ecole ESCA		46 800	13590
Reparation automobile			
Réparation batterie	2000	20	20
Abatoir	1990	625	25
Rizière			
Latrine à fosse perdu			
Fosse septique			

**Tableau N° 04 : Evolution de l'implantation des activités socio-économiques dans la zone périphérique du Marais Masay de 1950 à 2005**

Source : Enquête in situ  
Rapport SOMEAH – SOGREAH Juillet 200'

### **II.2.2.- Changement écologique**

Les données du Tableau 4 met en exergue le flux d'eaux résiduaires industrielles s'élevant à plus de cinq millions de litres par mois. Ce chiffre correspond aux données des 2 tiers d'entités industrielles étudiées. On peut imaginer aisement l'impact sur la détérioration de la qualité des eaux du marais Masay si l'on y associe la quantité énorme d'huile de vidange résultant des lavages du site, des véhicules et machines industrielles existantes.

Site	Consommation mensuelle en eau (m <sup>3</sup> )
JB	250
TAF	
Sodirex	120
Henri Fraise et Fils	
Atelemec	Faible
SIPED	1380
SNIC imprimerie	
New Print	
Comacat et Vitafoam	20
Magie Color	
Acty-color	40
Comadis	550
Sodeam	380
Diana	
Station service total Ambodivona	15
Station service total Ankorondrano	12
Station service Galana Nofy Ankorondrano	10
Station service Galana Ambodivona	15
Station service jovena Valisoa Ambatomainty	10
Station service Shell Ravintsara Amboditsiry	10
Tana Clean	130
Société feronnerie d'art	
Promodim	120
Floréal	239
Netter	
Top tôle	
Magro	400
Mr bricolage	
Jumbo score	810
Zoom	350
Tana watwr front	1000
Courts	
Espace Médical	15
Total	5 637

**Tableau N° 05 : Evolution de la consommation en eau courante des unités industrielles**

Source : Enquête in situ

Rapport SOMEAH – SOGREAH Juillet 2004

A ce phénomène s'ajoute, le phénomène d'inondations répétées durant la saison pluvieuse de cette zone comme le montre le Tableau 5.

Il importe de souligner qu'il s'agit ici de cas d'inondation très éphémère ne durant que quelques heures. Le problème d'inondation est patent aux abords du marais Masay, surtout avant 2004. On distingue nettement trois cas bien distincts .

1)- ceux des sites se trouvant à une hauteur plus de 1 m de la surface du marais. Ils n'ont jamais eu affaire à aucun débordement quelconque des eaux usées.

2)- ceux qui ont été victime d'inondation avant 2002 mais en sont totalement épargnés présentement. Et enfin

3)- ceux dont le cauchemar des saisons pluvieuses continue jusqu' à l'heure actuelle, même si l'intensité et la fréquence ont enregistré une baisse notoire.

Site	Année d'implantation	Inondation
JB	1965	Implantation en hauteur
TAF		
Sodirex	1992	Le site a été inondé en 2002 jusque dans les ateliers de vidange
Henri Fraise et Fils	1955	Le canal bouché au niveau du site déborde régulièrement en saison pluvieuse jusqu'à maintenant même si cela a diminué en intensité et en fréquence depuis l'aménagement du marais Masay
Atelemec	1973	
SIPED	1975	Le canal traversant le site déborde régulièrement en saison des pluies.
SNIC imprimerie	1977	
New Print		
Lapan'ny Hazo Kininina	1975	Le canal au niveau du site déborde en saison pluvieuse, cela a diminué en intensité et fréquence ces dernies temps
Comacat et Vitafoam	1980	Le canal bouché au niveau du site déborde régulièrement en saison pluvieux jusqu'à maintenant même si cela a diminué en intensité et en fréquence depuis l'aménagement du marais Masay
Magie Color	2002	Implantation en hauteur
Acty-color	2003	Implantation en hauteur
Comadis	1991	Le site n'a pas ncore eété inondé
Sodeam		
Diana	1991	Le site régulièrement i inondé en saison des pluies, l'eau stagne environ deux heures avant que l'évacuation se fasse normalement
Station service total Ambodivona	2005	Implantation après l'aménagement du marais Masay

Station service total Ankorondrano	2005	Implantation après l'aménagement du marais Masay
Station service Galana Nofy Ankorondrano	1962	Le site était souvent inondé usqu'en 2002
Station service Galana Ambodivona		Le site a été régulièrement inondé avant 2002
Station service jovena Valisoa Ambatomainy	1972	Le site a été régulièrement inondé de 50 cm avant 2004
Station service Shell Ravintsara Amboditsiry	1978	Implantation en hauteur
Tana Clean	2001	
Hotel restaurant Sunny hotel	2005	Implantation après l'aménagement du marais Masay
Restaurant Booly frontière	2000	Le canal bouché au niveau du site déborde régulièrement en saison pluvieux jusqu'à maintenant même si cela a diminué en intensité et en fréquence depuis l'aménagement du marais Masay
Akash	2000	Le canal bouché au niveau du site déborde régulièrement en saison pluvieux jusqu'à maintenant même si cela a diminué en intensité et en fréquence depuis l'aménagement du marais Masay
Société feronnerie d'art	1971	
Promodim	1999	Le site a été inondé de 5 cm lors du passage du cyclone Eline
Netter	1991	
Top tôle	1991	
Magro	2000	
Mr bricolage		
Jumbo score	2000	
Zoom	1995	
Tana watwr front	2002	Le site a été inondé en décembre 2002
Courts		
Espace Médical	1997	Débordement fréquent des canaux d'évacuation des eaux usées surtout avant 2004
Pharmacie Ambodivona	2000	
Ecole ESCA		Le terrain du footbal est régurièrement inondé en saison pluvieuse, au mois de novembre 2005, l'eau atteignait 1,5 m de hauteur. Et même le dojo est inondé.
Reparation automobile		
Réparation batterie	2000	
Abatoir	1990	Implantation dans une cuvette
Floréal	1989	Le site a été inondé de 10 cm à l'intérieur du bâtiment en Fev 2003

**Tableau N° 06 : Phénomènes d'inondation dans les sites industriels avant aménagement du Marais Masay**

Source : Enquête in situ  
Rapport SOMEAH – SOGREAH Juillet 2004

Quand on parle inondation du site, cela soulève beaucoup de désagrément de la population, non seulement, en terme de perte de temps, mais surtout en terme de travaux de

lavage pour l'enlèvement des boues drainées par l'eau, sans parler de l'odeur qui va avec. Il va de soi que la boue engendre une prolifération de moustiques et de dégradation de l'état de santé des gens du terroir. En effet les médecins que l'on a rencontré durant les enquêtes ont confirmé cette thèse.

Sur un tout autre plan on peut évoquer l'aspect de la pollution engendré par les eaux de pluies (EP). Ces dernières sont en général de bonne qualité. On ne rencontre pas encore de pluies acides à Madagascar. Elles sont saturées d'oxygènes et d'azotes, et ne contiennent aucun sel dissous. Pour le cas de la zone périphérique du marais Masay, l'eau de pluie est contaminée par les poussières atmosphériques, les détergents de lavage et des égoutures d'hydrocarbures. Les encres d'imprimerie, plusieurs types de produits chimiques tels : les soudes pour le lavages des bouteilles, les huiles de vidange, constituent autant de facteurs polluant le milieu.

Le Tableau 6. Représente l'état de lieu de la pollution dans la zone. Cet état nous traduit le danger potentiel représenté par les activités humaines. Il est de notre devoir de laisser un héritage sain à la génération futur. C'est la raison pour laquelle on a fait faire une analyse physico-chimique de l'eau du marais masay par le Centre National de Recherches sur l'Environnement. Les détails sur le résultat se trouvent en Annexe....

Site	Hydrocarbures (l/j)	Huile vidange (kg/j)	Zinc (kg/an)	Produit chimique (kg/an)	Détergent (kg/an)	Encres (kg/an)	Soude (kg/an)	Métaux lourds (kg/an)
TAF	131 200				360			
Sodirex	9 200							
Atelemec	28 400							
SIPED	33 700		224 700	47 000	1 100			80 000
SNIC imprimerie	46 400			1 210		6 900		
New Print	1 800			2 010	150 205	1 250		
Floréal	240 000				8 000			
Netrans	22 500							
Comadis				130			21 000	
Atelemec	28 400							
Diana	20 000			6 700				
Station service total Ambodivona	6 000	12 000						
Station service total Ankorondrano	15 000	9 000						

Station service Galana Nofy Ankorondrano	255 000	4 000						
Station service Galana Ambodivona	12 000							
Station service jovena Valisoa Ambatomainy	3 330	6 300						
Station service Shell Ravintsara Amboditsiry	9 000	3 600						
Jumbo score			1 450					
<b>TOTAL</b>	<b>861 930</b>	<b>34 900</b>	<b>226 150</b>	<b>57 050</b>	<b>159 665</b>	<b>8 150</b>	<b>21 000</b>	<b>80 000</b>

**Tableau N° 07 : Evaluation de la pollution dans la zone périphérique du Marais Masay en 2005**

Source : Enquête in situ  
Rapport SOMEAH – SOGREAH Juillet 2004

Le Tableau 6. illustre bien la contribution cruciale de l'aménagement du marais Masay sur l'amélioration de la condition de vie, de santé et de la conservation de l'équilibre de l'écosystème. D'une manière synoptique on voit que si le projet d'aménagement n'existe pas, les quantités de matières polluantes générées auraient du mal à se diluer dans la nature.

Classe	Désignation	Suspensions (MFC)	DBO5	DCO	PH	Zinc	Graisse	Nitrites	Azote amoniacal	Metaux lourds
Industrie agro-alimentaire	Sodeam	34	510	732	11,1		36,3			
	Comadis	18	13,7	91	9,63	0,14	29,3			
	JB									
	TAF									
Industrie mécanique	Sodirex	835	253 8	623 0	9	0,11	618			0,01 6
	Henri Fraise et Fils									
	Atelemec	130 0	624	652	8,3	0,00 8				0,00 8
Industrie textile	Floréal	831	10	340		0,12 5			0,14	0,02 4
Industrie énergétique	SIPED	25	2	369		153	41,3	0,36	22,8	0,63
Industrie du bois et de ses dérivés	SNIC imprimerie	153	105	192	10,8	0,35	46,7	0,01	0,02	0,02 1
	New Print	140	25	364	8,2	0,08			0,39	0,00 8
	Lapan'ny Hazo Kininina									
Industrie du plastique et du caoutchouc	Comacat									
	Vitafoam									
Industrie chimique	Magie Color									
	Acty-color									
	Diana									
Station service	Total									

	Galana Nofy	236 0	186 90	242 95	7,5		69,3			
	Jovena Valisoa									
	Shell Ravintsara									
	Galana Ambodivona									
Service hôtelière	Sunny hotel									
	Booly frontière									
Service de distribution	Akash									
	Promodim									
	Netter									
	Top tôle									
Service Grande surface de distribution	Magro									
	Mr bricolage									
	Jumbo score	634	380	960			64			
	Zoom									
	Tana water front									
	Courts									
Service sanitaire	Espace Médical									
Service. Distrib. Médicaments	Pharmacie									
Enseignement	Ecole ESCA									
Artisanat	Reparation automobile									
	Société feronnerie d'art									
	Réparation batterie									
	Abatoir									
Secteur agricole	Rizière									
Sous secteur domestique	Latrine à fosse perdu									
	Fosse septique									
Abréviation		ME S	DB O5	DC O	pH	Zn		NO2	NH4	Se
Unité		mg/l	mg/	Mg/		mg/	mg/	mg/	Mg/	mg/
Valeur limite		60	50	150	6-9	0,5	10	0,2	15	0,02

**Tableau N° 08 : Inventaire des activités industrielles génératrices de pollution dans la zone**

Source : Enquête in situ  
Rapport SOMEAH – SOGREAHA Juillet 2004

Les 861 m<sup>3</sup> d'hydrocarbures misent en jeu, les 34 m<sup>3</sup> d'huiles de vidanges présentes quotidiennement sur le terroir ; les 21 tonnes de soude et les 159 tonnes de détergents ne peuvent pas se volatiliser, donc les rejets y afférents nécessitent un pré traitement pour préserver la nature et la biomasse du site en question.

Il se trouve qu'à l'heure actuelle, les paramètres d'appréciation de la qualité des eaux, notamment la demande biologique en oxygène après 5 jours (DBO5) et la demande chimique en oxygène (DCO), restent en dessous des valeurs limites. Les valeurs mesurées sont de

12,60 pour la DBO5 et 113,57 pour la DCO tandis que les valeurs limites sont fixées par les normes à 50mg/l et 150 mg/l.

Cette réalité ne doit pas nous empêcher de rechercher les voies et moyens à mettre en œuvre pour faire en sorte que cela continue dans le bon sens : on arrive à garder cette valeur en dessous des valeurs limites, et pourquoi pas, à les faire descendre

Le Tableau N°7 permet d'apprécier d'une manière rationnelle la responsabilité de chaque secteur sur la dégradation de l'environnement. A priori ce tableau permet de montrer du doigt la branche d'activité portant préjudice à son milieu hôte.

Dans la réalité, chaque secteur apporte son lot de pollution. A titre d'exemple : Tous les voyants des différents caractéristiques de pollution : DBO5,DCO, métaux lourds, graisse nitrite...clignent au rouge sauf pour la pH.

Les stations services représente avec leur huile de vidange un danger potentiel. Il en va de même pour le sous secteur domestique à travers la pollution bactérienne des latrines et fosses septiques. Bref la protection de l'environnement constitue un enjeu national sinon universel qui appelle à la responsabilité de tout un chacun.

### **II.2.3. - Aspect économique du changement**

Une année de mise en service de l'aménagement du marais Masay constitue une période minimale requise pour apprécier son impact sur les activités humaines au sein de la zone périphérique. On est actuellement en mesure de porter un jugement de valeur sur la façon d'atteindre les objectifs.

Beaucoup de solutions anti-pollution envisagées dans le début des années 2000 sont en train de se mettre en place progressivement. Bon nombre d'entre eux font usage d'infrastructures fixes. Tels sont les cas de déshuileur, déversoir d'orage, bassin tampon ... Des procédures d'élimination à la source, telle que la mise en bac d'huile de vidange, utilisation de chiffon pour éliminer les égoutures ont l'avantage d'être moins cher mais exige de la part d'opérateur un état de conscientisation assez avancé.

Le coût des infrastructures de prétraitement varie de 9 à 320,5 millions de FMG. Une telle contrainte financière explique le fait que la plupart des entités industrielles n'en sont pourvues que du strict minimum requise d'infrastructure.

Au terme de l'analyse socio-économique, on peut affirmer que, jusqu'à l'heure actuelle, les activités humaines en amont ne présentent aucun danger pour ceux qui se trouvent en aval.

La zone du projet Marais Masay apporte un lot de bénéfice comme certains inconvénients. Les entités vivant ou travaillant dans la zone peuvent être classées en entité gagnante ou perdante. Pour les entités gagnantes on peut citer toutes les activités commerciales qui profitent de l'embellissement du paysage et trouve de ce fait leur chiffre d'affaire en augmentation. Le cas de la société de feronnerie d'art en est le plus flagrant. Le responsable de cette entité avance une augmentation des ventes de 500 %.

Les entités perdantes sont pour leur grande majorité constituées d'activité génératrice de pollution telles les réparateurs de véhicules, les stations service, les zones franches, la population riveraine qui voient leur état de santé se détériorer à travers le paludisme. Les inondations, bien qu'en très forte regression persiste encore marginalement, engendrant la multiplication des rongeurs le jours et les moustiques la nuit.

L'école ESCA constitue également un cas à part en matière d'inondation. La cause est d'une part, le niveau du terrain plus bas que le plan d'eau du marais. Les canaux au lieu d'évacuer les eaux usées servent de conduite d'amenée vers le point le plus bas. D'autre part, les eaux résiduaires, au lieu d'être évacuées vers les ouvrages d'assainissement, (qui sont complètement bouchés) se déversent sur les aménagements sportifs de l'école (jusqu'à 1.5 m de profondeur) à cause de la dimension des canaux ne pouvant drainer qu'une quantité négligeable de crue alors que le Marais Masay est dimensionné pour recevoir la totalité des crues provenant des bassins versants.

Entité Polluante	Dégrilleur	Déversoir d'orage	Déshuieur	Filtre à tourbe	Neutralisation	Charbon actif	Bassin tampon	Autres	Coût total
Sodeam	13,5		25		X			26,5	65
Comadis	10		50	25					85
JB	80	15	60			9	180	25	370
TAF	10		25						35
Sodirex	13,5		50						63,5
Henri Fraise et Fils	10	15	60					40	125
Atelemec	2		75					9	86
Floréal	17		150			4		9	180
SIPED	10		60			9	175	76	320,5
SNIC imprimerie	66		80		X		13	26,5	182,5
New Print	10		50						60
Magie Color	2		25		X	9	50	15	101
Acty-color	2		20		X	9	40	15	86
Galana Nofy	1		20					9	30
Jovena Valisoa	1		12					9	20
Booly frontière	1		6					9	16
Jumbo score			150						150
Espace Médical	4		20			9		20	53
Ecole ESCA	2		6					3	11
Réparateur de voiture	2		4					3	9

**Tableau N° 09: Coût des infrastructures anti-pollution par entité polluante ( en millions de Fmg)**

Source : Enquête in situ  
Rapport SOMEAH – SOGREAHA Juillet 2004

L'insécurité grandissante aux alentours immédiats du marais représente un autre impact négatif de l'aménagement. En effet, on constate ces derniers temps la recrudescence des crimes et détrousseurs de toutes sortes.

## CHAPITRE III

### POLLUTION DES EAUX

-----

#### III . 1 POLLUTION DES EAUX A L'ECHELLE MONDIALE

Avant de parler de la menace causée par la pollution du Marais Masay, mettons d'abord en évidence l'envergure du danger que présente la pollution des eaux par des exemples d'évènements défavorables voire catastrophiques qui se sont produits au cours des quatre dernières décennies dans le monde.

En général, les facteurs majeurs de la pollution sont le développement de l'industrie dans les pays industrialisés et la croissance démographique spontanée dans les pays en développement accompagnée de pauvreté généralisée.

Citons l'exemple du superpétrolier « Torrey-Canyon » qui, en mars 1967, s'échoua en pleine vitesse sur les récifs des Seven-Stones, dans l'archipel des îles Scilly en Grande Bretagne qui, en quelques jours, laissa échapper de ses soutes 117 000 tonnes de pétrole brut et en se dispersant, forma ainsi une gigantesque « marée noire » à la surface de l'océan. Malgré les moyens de lutte mis en œuvre comme l'épandage par la marine britannique de 15 000 tonnes de produits détersifs, dont les effets sur la faune s'avèrent plus nocifs que ceux du pétrole, on a constaté des dégâts de très grande importance sur la biomasse marine, tels que parcs à huîtres détruits, fonds marins riches en crustacés stérilisés, œufs pélagiques de « pilchards » tués sur de vastes surfaces, régression draconienne des effectifs de plusieurs espèces d'oiseaux marins avec des plages et côtes rocheuses souillées.

La pollution des eaux du Rhin par l'endosulfan, un insecticide organochloré survenue le 23 juin 1969 est également un évènement très pertinent sur la pollution des eaux. Effectivement le fleuve fut contaminé par un tonneau de produit pur perdu accidentellement par une péniche et les quelques dizaines de kilogrammes de matière active suffirent pour faire

périr en quelques jours plusieurs millions de poissons. La ville de Rotterdam, fut privée d'eau potable et les habitants de cette ville ne disposèrent que d'eau minérale pour la consommation ménagère.

L'explosion démographique du Tiers-Monde constitue également une cause majeure de dégradation de l'environnement. En effet, cette croissance démographique s'accompagne d'une déforestation et d'une désertification dramatique aboutissant à une érosion accélérée des sols, donc comblement en matières solides des eaux continentales et océaniques. A titre d'exemple, l'exploitation des forêts vierges en Malaisie pour l'exportation de leur bois précieux s'est accrue de 800% en dix ans. Quant à la mise en valeur de l'Amazonie dont à peine 3% de la superficie totale serait cultivable, elle se traduira en quelques décennies par la destruction irréversible de la plus grande forêt ombrophile du globe terrestre avec pour conséquences des désordres climatiques sérieux .

L'augmentation des problèmes de pollution a été évoquée dans un article de la Gazette du 14 Novembre 2005. Dans cette article on a mentionné que les causes primaires de la pollution à Madagascar sont les rejets industriels, domestiques et chimiques agricoles provenant de l'utilisation intensive d'engrais chimiques. Ce sont les pauvres qui sont les plus vulnérables à la pollution. Heureusement que Madagascar a déjà signé le 24 Septembre 2001 la convention de Stockholm concernant les Polluants Organiques Persistants (POPs) qui devraient être retirés du circuit. La communauté internationale a pris conscience des menaces que les rejets croissants des substances chimiques de synthèses pèsent sur l'environnement de la planète et la santé humaine notamment les Polluants Organiques Persistants comme les pesticides, les dioxines et furanne. Ces produits sont particulièrement dangereux car ils persistent dans l'environnement pendant de longues périodes avant de se décomposer en substances moins dangereuses et ils se déplacent sur de très longues distances et peuvent arriver à des milliers de kilomètres de leur source. Ils sont toxiques pour l'homme, pour la faune et flore et peuvent être la source de cancer, de malformation congénitale ou de stérilité. Ils peuvent aussi affaiblir la résistance de l'homme aux maladies.

### **III. 2 POLLUTION DES EAUX DU MARAIS MASAY, EUTROPHISATION ET POUVOIR AUTOEPURATEUR DU MARAIS :**

Pour le cas du Marais Masay, c'est un bassin destiné à écrêter les crues provenant des bassins tributaires, alors qu'une bonne quantité d'eaux usées est déversée dans le marais. Le débouché de la vallée de l'Est est la principale source de pollution du Marais Masay due aux rejets domestiques très chargés en matières plastiques de toutes sortes ainsi qu'en matières organiques ; ceci est dû à la forte urbanisation du bassin versant. En ce qui concerne les rejets industriels, presque la totalité des usines industrielles et des centres commerciaux bordant la route des hydrocarbures et se trouvant dans l'enceinte ZITAL utilise le Marais Masay comme milieu récepteur des eaux usées industrielles sans traitement préalable.

Or la situation géographique urbaine du Marais Masay exige une certaine qualité de ses eaux pour préserver l'environnement et la santé des riverains. L'exutoire Marais Masay étant dans le canal Andriantany qui, lui-même se déverse dans l'Ikopa devrait également avoir cette qualité pour protéger les utilisateurs d'aval contre d'éventuelles contaminations.

La notion de pollution ne se réfère pas à la pureté des eaux, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux actions humaines.

A part les pollutions mécaniques qui sont dues à l'érosion accélérée des sols du bassin versant suite aux différentes actions humaines et qui se présentent sous forme de matières solides en suspension qui vont se déposer dans les canaux de débouché et dans le marais lui-même, les matières organiques à l'état solide, dissoutes ou colloïdales jouent également un rôle important dans l'analyse de la pollution des eaux.

L'appréciation des charges organiques a été effectuée à l'aide du test de  $DBO_5$  (Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours). Ce test consiste à mesurer la consommation d'oxygène d'un échantillon pendant une durée de cinq jours. La consommation d'oxygène observée est due à l'action de dégradation des matières organiques par les microorganismes présents dans l'échantillon.

La plupart des substances naturelles sont facilement biodégradables par les bactéries et les champignons et caractérisées par une consommation rapide d'oxygène notamment pour les effluents domestiques. Mais il existe aussi des substances d'origine naturelle en particulier végétale et qui sont difficilement biodégradables comme la lignine par exemple ou les produits de synthèse comme les détergents dont la structure moléculaire résiste à la dégradation bactérienne (« durs »).

La dégradation bactérienne des substances organiques s'effectue par le biais d'une grande variété d'enzymes produites par les bactéries même pour la métabolisation de certains substrats inhabituels tels que les phénols malgré leur toxicité à l'égard de certaines bactéries.

Dans certains cas la présence de substances bactéricides ou bactériostatiques peut fausser les résultats et exige une prudence dans la détermination de la DBO.

D'après cette brève analyse, on peut conclure qu'une même charge organique peut donner des différentes valeurs de  $DBO_5$  selon la nature des substances en cause et la zone de transfert des charges.

La biodégradation peut être décrite par une réaction cinétique de premier ordre de la forme :

$$\frac{dL}{dt} = -K_1 L$$

où

L – charge organique (DBO) correspondant au temps t

$K_1$  - constante de vitesse dans le processus de biodégradation exprimée par heure

t - temps écoulé depuis l'origine de la pollution

En intégrant cette équation différentielle et en passant par le logarithme népérien, on obtient :

$$L = L_0 e^{-K_1 t}$$

Où  $L_0$  - la DBO au départ, assimilable à la demande ultime en oxygène (DBO 20 jours).

La valeur de  $K_1$  est déterminée au laboratoire lors de la détermination de la  $DBO_5$

Les résidus de la dégradation des déchets organiques sont des sels nutritifs des plantes sous forme d'azote, de phosphore et de carbone. Si les conditions de la température et de la transparence de l'eau sont favorables, des algues se développent et il en résulte une modification du bilan d'oxygène dans le milieu récepteur. Grâce à la photosynthèse, les algues libèrent de l'oxygène ; mais un temps froid ou plusieurs jours continus de temps couvert peut provoquer la mort des algues entraînant ainsi une charge importante de DBO.

Les bactéries utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour le processus de dégradation biologique : c'est le cas de dégradation aérobie. Mais lorsque la quantité d'oxygène n'est pas suffisante, il peut se produire une dégradation anaérobie notamment au fond du marais où la lumière pénètre difficilement. Cette décomposition est la source d'odeur nauséabonde par le dégagement de gaz  $H_2S$ .

La vitesse d'écoulement dans le marais étant très faible (de l'ordre de 0,1 m/s en passage de crue) une partie des matières biodégradables sédimentent au fond du marais. Par expérience on peut l'estimer à 30% de la fraction sédimentable de DBO. Il peut y avoir des boues vivantes qui absorbent une partie des matières organiques réduisant ainsi la DBO. Ce fait est également rencontré dans les milieux aquatiques très pollués. L'adhérence entre les particules constituant ces dépôts peut entraîner leur remise en suspension dès que la vitesse augmente. Cette remise en suspension peut être aussi la conséquence d'une fermentation par élévation de la température sous l'influence des gaz dégagés par ce processus. C'est le cas rencontré à la fin des travaux de curage du Marais Masay où l'on a observé des remontés de tourbes à l'extrémité ouest du bassin nord et du bassin sud suivant l'ancienne trace du canal Masay. On peut interpréter ce phénomène de la façon suivante :

Une partie des matières organiques s'est déposée au fond à cause de la vitesse très faible d'écoulement dans le marais. L'adhérence entre les particules de ces dépôts, l'augmentation de la vitesse d'écoulement pendant les crues et notamment suivant la trace de l'ancien canal Masay qui pourrait être l'origine d'un court circuit hydraulique, et la fermentation de ces matières organiques due à leur décomposition anaérobie peuvent bien être l'origine de la remise en suspension des boues.

La présence de substances chimiques réductrices telles que les sulfites et les sels ferreux demande une consommation d'oxygène. Ainsi le pouvoir réducteur des eaux peut être déterminé par le test de la demande chimique en oxygène (DCO). Le principe de ce test réside dans la mesure de la consommation en oxygène d'un oxydant pour l'oxydation des matières organiques contenues dans l'échantillon à froid en milieu acide ou à chaud en milieu alcalin (oxydabilité) pendant deux heures, soit le bichromate de potassium mélangé avec de l'acide sulfurique en ébullition.

La pollution du marais peut également entraîner son eutrophisation, notamment lorsqu'il y a augmentation des teneurs en matières nutritives comme l'azote et le phosphore entraînant ainsi une production excessive de plantes aquatiques et d'algues. Le rythme de production de ces plantes peut être supérieur à celui du processus de leur destruction et consommation, et dans ce cas, les matières fermentescibles s'enrichissent et le processus d'eutrophisation s'accroît.

L'eutrophisation s'accompagne d'un accroissement des poissons d'une part, mais d'autre part, l'envasement du fond du lac entraîne une raréfaction de l'oxygène du fond qui devient progressivement abiotique et les algues qui s'enfoncent dans l'eau et qui se putréfient entraînent une mortalité massive des poissons. Ainsi l'eutrophisation du marais et la sédimentation des transports en suspension entraîne une diminution progressive de la profondeur d'eau dans le marais et des opérations systématiques de dragages sont inévitables pour le maintien des profondeurs.

### III.2.1 LA POLLUTION TELLURIQUE

#### *L'EROSION*

Comme les érosions géologiques sont des phénomènes très lents qui n'influencent pas sur le comblement du Marais Masay à l'échelle de sa durée de vie et sur le

volume de dragage périodique nécessaire, nous ne parlerons dans ce paragraphe que d'érosions accélérées.

Le transport solide d'un écoulement est caractérisé par le degré d'érosion du sol du bassin versant drainé par le cours d'eau et du lit du cours d'eau lui-même.

L'érosion du bassin versant se traduit par l'enlèvement d'une mince couche de sol lors d'un orage (érosion en nappe) ou lors du passage d'un vent fort (érosion éolienne) ou encore par l'activité de l'homme lorsqu'il exploite la terre : c'est l'érosion accélérée.

L'érosion en nappe produite par le détachement des particules de sol dû aux chocs des gouttes d'eau de pluie s'accompagne d'une érosion en rigole qui se traduit par l'enlèvement des particules solides par le ruissellement d'eau de pluie dans les parties déprimées du sol ayant une certaine pente longitudinale.

Les rigoles se forment aussitôt que le ruissellement commence en surface. Le nombre de rigoles ainsi formées dépend des irrégularités de la surface du sol ainsi que de la vitesse de ruissellement. Le détachement des particules de faible diamètre s'accroît avec l'accroissement de la vitesse et la quantité des matériaux enlevés est proportionnelle au carré de la vitesse. Les matériaux enlevés sont transportés pour rejoindre le réseau hydrographique du bassin versant et les plus gros diamètres se déposent lorsque l'écoulement rencontre une zone de faible pente.

Nous avons ainsi un écoulement biphasique liquide – solide dont le liquide est caractérisé par sa masse volumique, sa viscosité et sa température, et la phase solide par des granulats sans cohésion définis par la masse volumique, la dimension, la forme et la granulométrie. L'écoulement peut être stationnaire ou non stationnaire, uniforme ou non uniforme, filaire ou bidimensionnel ou tridimensionnel et défini par le tirant d'eau, la pente, la section mouillée et l'accélération de la pesanteur.

Si les matériaux ont la même dimension que ceux qui tapissent le fond, alors il pourrait y avoir des échanges entre les parois et la charge en suspension au gré des ralentissements ou accélérations du courant. Pour les plus gros diamètres, le transport s'effectue par cheminement à la paroi en roulant ou en glissant les uns sur les autres, appelé transport par charriage. Les diamètres plus fins cheminent sans se déposer

jusqu'à ce qu'ils rencontrent un plan d'eau au repos où ils décantent : c'est le transport en suspension.

Le moindre gradient longitudinal de débit solide s'accompagne d'une variation de surface traduite par l'équation de conservation de volumes

$$\int_s \frac{\partial \eta}{\partial t} d\sigma + \frac{\partial Q_s}{\partial x} = 0$$

La vitesse moyenne dans les canaux de débouché étant relativement faible (de l'ordre de 0,8 m/s pour le débit maximum dans le canal du débouché de la vallée de l'Est), nous nous intéressons seulement du transport en suspension dans ces canaux et dans le marais lui-même. L'écoulement étant laminaire, le transport en suspension correspond à une grande dispersion de particules et s'effectue en général sans interaction notable des particules solides entre elles sauf quand la concentration en particules solides devient élevée.

### **III.3. ANALYSES DES EAUX DU MARAIS MASAY ET INTERPRETATION DES RESULTATS :**

Pour avoir une vision plus réaliste du degré de pollution du marais, nous avons effectué les analyses citées ci-dessous au laboratoire du Centre National de Recherches sur l'Environnement. Tous les échantillons ont été conditionnés par nous-même et ce sont des laboratoires spécialisés qui ont effectué les analyses.

\* Analyse physico-chimique :

- la DBO<sub>5</sub> (Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours)
- la DCO (Demande Chimique en Oxygène)
- Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)
- Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>---</sup>)

\* Analyse bactériologique (recherche de germe test de contamination fécale)

\* Analyse des métaux lourds

Ces analyses ont été effectuées en quatre points du marais :

- débouché de la vallée de l'Est
- débouché de la vallée Masay
- au niveau du dalot triple
- à la sortie nord du marais

Lors de l'élaboration de l'Avant Projet Détaillé de l'aménagement du marais Masay en 2000, nous avons effectué ces mêmes analyses et pour pouvoir comparer facilement la situation actuelle avec celle d'avant le projet, dressons un tableau des résultats d'analyse :

III.3.1 ANALYSE PHYSICO- CHIMIQUE :

Echantillon	Débouché vallée de l'Est		Débouché vallée Masay		Dalot triple		Ouvrage de sortie	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
DBO <sub>5</sub> mg/l	40	7,00	30	5,59	-	12,60	17	8,15
DCO mg/l	-	22,88	-	53,92	-	54,74	-	113,57
Nitrate	2,87	1,34	0,80	0,57	-	4,90	0,61	4,23
Phosphate	11	Absence	9	Absence	-	absence	10	Absence

**Tableau N°10 – Valeurs des DBO<sub>5</sub>, DCO, Nitrate et Phosphate avant et après aménagement**

Paramètres	DBO <sub>5</sub>	DCO	Nitrate	Phosphate
Normes [mg/l]	50	150		

**Tableau N° 11 – Valeurs des normes de certains paramètres physico - chimiques**

Interprétation des résultats :

La DBO<sub>5</sub> a considérablement diminué pour tous les points d'étude ; cette diminution peut être justifiée par le pouvoir auto épurateur du plan d'eau, c'est-à-dire qu'il y a un

processus de dégradation microbiologique des matières organiques quand l'eau séjourne pendant quelques jours dans le marais alors qu' avant l'aménagement du marais Masay les eaux usées coulaient dans un canal et rejoignaient directement le canal Andriantany et il est tout à fait normal que les valeurs antérieures sont élevées. Toutes les valeurs des DBO<sub>5</sub> trouvées ne dépassent pas la valeur limite préconisée par les normes qui est égale à 50 mg/l. Même scénario pour l'explication de l'absence du phosphate après aménagement. Donc du point de vue charge en matière organique, le site est classé dans la catégorie de classe moyenne, c'est-à-dire loisirs possibles mais baignade interdite [40].

En ce qui concerne la DCO, au niveau de l'ouvrage de sortie, on a enregistré la valeur maximale égale à 113,57 mg/l. Cela est sans doute dû à la présence des usines industrielles se trouvant à proximité de la sortie du marais et déversant leurs eaux usées directement dans le marais. Néanmoins, les valeurs trouvées sont également inférieures à la valeur limite 150 mg/l mais il faut déjà arrêter le rejet direct dans le marais ou du moins procéder à un suivi strict de l'évolution des rejets en qualité et en quantité car du point de vue charge en DCO, le site est qualifié dans la catégorie hors classe [40] (contamination excessive, aucun usage possible à part la navigation).

Pour les nitrates, toutes les valeurs sont hors norme car elles sont toutes supérieures à 0,2 mg/l, valeurs maximale limite préconisée par les normes.

### III.3.2 ANALYSE DES METAUX LOURDS :

Paramètres	Débouché vallée Masay	Canal Masay	Canal aval Andriantany	Normes
pH	7,0	7,0	6,0	6,0 à 9,0
Arsenic (As) [mg/l]	Absence	Absence	Absence	0,010
Chrome (Cr) [mg/l]	0,062	0,346	0,355	0,100
Nickel (Ni) [mg/l]	0,128	4,312	1,500	0,200
Cuivre (Cu) [mg/l]	0,100	0,447	0,396	0,250
Zinc (Zn) [mg/l]	0,323	0,279	0,371	1,000
Plomb Pb) [mg/l]	0,036	0,260	0,197	0,100

**Tableau N°12 Résultats d'analyse des métaux lourds avant aménagement (en 2000)**

Paramètres	Débouché V. de l'Est	Débouché V. Masay	Dalot triple	Ouvrage de sortie	Normes [mg/l]
Phosphore [mg/l]	1,390	2 ,070	1,880	0,620	
Sulfure [mg/l]	Absence	Absence	0,010	0,010	10
Potassium [mg/l]	18,510	15,260	14,370	13,070	
Calcium [mg/l]	30,050	8,080	13,270	14,020	
Chrome VI [mg/l]	0,100	0,110	0,120	0,120	0,100
Manganèse [mg/l]	0,072	0,022	0,016	0,029	5,00
Fer [mg/l]	0,193	0,809	0,350	0,457	10,00
Cuivre [mg/l]	Absence	Absence	Absence	Absence	0,250
Zinc [mg/l]	0,140	0,110	0,050	0,050	1,0
Plomb [mg/l]	0,00285	0,01109	0,0046	0,0123	0,100

**Tableau N° 13 Résultats d'analyse des métaux lourds après aménagement (en 2005)**

### Interprétation des résultats :

En comparant les résultats d'analyse des eaux dans le marais avant et après aménagement, on constate avant l'aménagement du marais que dans le canal Masay en aval du confluent du canal du débouché de la vallée de l'Est et celui de la vallée Masay, la plupart des éléments sont hors normes comme le chrome, le cuivre, le plomb et le nickel. On constate que ces valeurs sont supérieures à celles mesurées après aménagement. Ce fait peut être justifiée par la dilution de l'eau du marais. Néanmoins on constate encore un dépassement de valeur pour le chrome au niveau du dalot triple et à la sortie du marais (0,120 mg/l contre la valeur limite égale à 0,100 mg/l). Par contre le cuivre est pratiquement absent en tout point de mesure après aménagement.

### III.3.3 ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Paramètre	Débouché vallée de l'Est		Débouché vallée Masay		Canal Masay	Dalot Triple	Canal Andriant	Sortie Nord
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Escherichia Coli Par 100 ml	86000	présence	2000	Présence	39400	présence	21200	Présence
Coliformes Par 100 ml	88000	310	2600	210	99200	430	33600	430
Streptocoques Fécaux Par 100 ml	43400	présence	1100	présence	5400	présence	8600	Présence

**Tableau N°14 Valeurs des paramètres bactériologiques avant et après aménagement**

#### Interprétation des résultats :

Le tableau N° 13 montre que les valeurs ont considérablement diminuée. Cela est dû à la présence du processus de dégradation microbiologique et par la dilution de charges polluantes dans le marais. Mais si le site du marais Masay est destiné à être un centre de loisir, il faut que les germes pathogènes soient absents [40]

## CHAPITRE IV

### MODELISATION MATHÉMATIQUE DU TRANSFERT DES MATIÈRES EN SUSPENSION DU MARAIS

-----

L'étude de la dispersion des matières en suspension dans ce rapport a été menée avec l'utilisation de trois outils mathématiques répondant efficacement aux besoins de notre étude:

- le modèle mathématique de convection diffusion qui représente analytiquement le phénomène physique en question
- la méthode des éléments finis qui est l'outil de discrétisation du milieu continu pour la numérisation des fonctions obtenues par le modèle
- le matlab qui est l'outil informatique utilisé pour le traitement des calculs.

#### IV.1 LE MODELE :

La dimension des particules (supérieure à  $0,24 \mu$  pour les vases) permet de classer les phénomènes purement mécaniques ; mais même au repos il existe de très fines particules qui font l'objet de phénomènes physico-chimiques selon des lois encore assez mal connues.

L'analyse mécanique de l'écoulement biphasique liquide – solide procède de la même démarche qu'en mécanique des fluides monophasique. Il suffit d'écrire les équations du mouvement et de leur joindre les conditions initiales et les conditions aux limites appropriées. En écoulement laminaire la substance supposée neutre (même masse volumique que le liquide) diffuse selon le processus de transfert :

$$\text{Flux (par unité de surface)} = - D \overrightarrow{\text{grad } c} \cdot \vec{n}$$

Où  $D$  – coefficient de diffusion moléculaire

$c$  – concentration de la substance

$\vec{n}$  - vecteur normal à la surface

Le bilan de la concentration dans un volume de contrôle fixe  $V$  est traduit par l'équation de conservation de masse suivante :

$$\int_v \frac{\partial c}{\partial t} dv + \int_s c \vec{v} \cdot \vec{n} ds = \int_s D \overrightarrow{\text{grad } c} \cdot \vec{n} ds$$

$\vec{n}$  étant la normale extérieure à la surface.

Par la suite, en tout point on peut écrire :

$$\int_s c \vec{v} \cdot \vec{n} ds = \int_v \text{div } c \vec{v} dv$$

et

$$\int_s D \overrightarrow{\text{grad } c} \cdot \vec{n} ds = \int_v \text{div } D \overrightarrow{\text{grad } c} dv$$

et par la suite, on :

$$\int_v \left[ \frac{\partial c}{\partial t} + \text{div } c \vec{v} - \text{div } (D \overrightarrow{\text{grad } c}) \right] dv = 0$$

Donc en un point quelconque du milieu on a :

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \text{div } c \vec{v} = \text{div } (D \overrightarrow{\text{grad } c}) \quad (01)$$

Cette équation est valable pour un écoulement laminaire.

Pour un écoulement turbulent, l'équation prend la même forme mais avec un coefficient de diffusion  $D$  différent. Dans ce dernier cas on peut considérer que la concentration  $c$  à l'instant  $t$  est la somme de la concentration moyenne  $\bar{c}$  et de la concentration de fluctuation  $c'$

$$c = \bar{c} + c'$$

et que la vitesse  $v$  à l'instant  $t$  est la somme de la vitesse moyenne  $\bar{v}$  et de la vitesse fluctuante  $v'$

$$v = \bar{v} + v'$$

La moyenne de l'équation (01) donne :

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \text{div } \bar{c} \bar{v} + \text{div } \overline{c'v'} = \text{div } (D \overrightarrow{\text{grad}} c)$$

Ou sous la forme suivante :

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \text{div } \bar{c} \bar{v} = \text{div } (D \overrightarrow{\text{grad}} c - \overline{c'v'}) \quad (02)$$

Par analogie entre les équations (01) et (02), on pourrait considérer que  $-\overline{c'v'}$  est dû à un transfert turbulent et pourrait prendre une forme analogue :

$$-\overline{c'v'} = D_t \overrightarrow{\text{grad}} c$$

Ici le coefficient de diffusion turbulent  $D_t$  est un tenseur du 2<sup>nd</sup> ordre.

La matrice associée à ce tenseur est de la forme :

$$[D_t] = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{zy} & D_{zz} \end{bmatrix}$$

Si nous nous plaçons dans le trièdre principal, alors le tenseur prend la forme suivante :

$$[D_t] = \begin{bmatrix} D_{xx} & & \\ & D_{yy} & \\ & & D_{zz} \end{bmatrix}$$

En écoulement turbulent,  $D$  est négligeable devant  $D_t$ , et dans ce cas l'équation (02) s'écrit de la manière suivante :

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} + w \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (D_{xx} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_{yy} \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (D_{zz} \frac{\partial \bar{c}}{\partial z}) \quad (03)$$

**Hypothèses simplificatrices :**

Le lac étant peu profond ( $h_{\max} = 1,5\text{m}$ ) et de très faible vitesse d'écoulement (de l'ordre de  $10^{-3}$  m/s, on peut considérer un écoulement laminaire bidimensionnel ; et l'équation de convection – diffusion qui traduit un tel écoulement peut prendre la forme suivante :

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right) \quad (04)$$

Ici  $u$  et  $v$  sont les composantes suivant  $x$  et  $y$  de la vitesse moyenne

$c$  - concentration

$D$  - coefficient de diffusion supposée homogène et isotrope

C'est une équation aux dérivées partielles linéaire de type elliptique.

Sa résolution analytique présente des difficultés insurmontables ce qui nous oblige à s'orienter vers les résolutions numériques. Parmi les résolutions numériques récemment utilisées, on peut citer la méthode des différences finies et la méthode des éléments finis. Comme dans notre cas l'écoulement est supposé bidimensionnel, la méthode des éléments finis est mieux adaptée à ce type d'écoulement et peut donner des résultats très satisfaisants si le maillage est plus fin et les conditions initiales et les conditions aux limites sont posées correctement.

## IV. 2 LA METHODE DES ELEMENTS FINIS

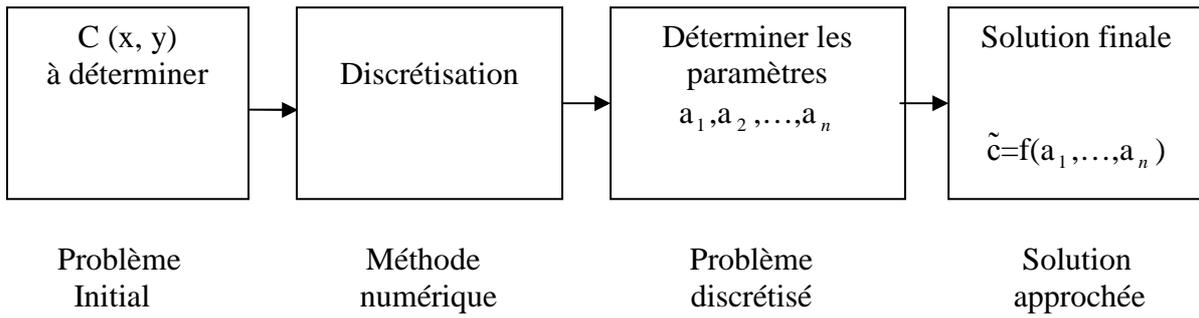
C'est un outil mathématique puissant utilisé pour la résolution des problèmes physiques mathématiques. Le problème peut se présenter sous deux formes différentes mais équivalentes. La première est très familière à l'ingénieur : elle consiste à poser un certain nombre d'équations différentielles décrivant et définissant le comportement physique d'un domaine supposé continu. L'autre postule un principe variationnel valable sur tout le domaine étudié ; la solution du problème est alors la fonction qui minimise une quantité  $\Pi$  définie par intégration appropriée de la fonction inconnue (concentration  $c$  dans notre cas) ainsi que ses dérivées spatiales et temporelles. La grandeur  $\Pi$  qui est une fonction de fonctions est appelée fonctionnelle.

Le modèle mathématique du transport en suspension que nous allons résoudre numériquement est décrit par l'équation (04). C'est un modèle de convection – diffusion bidimensionnel traduisant le transfert de masse en suspension. La difficulté dans la détermination de la solution exacte d'un tel problème réside dans le fait que le nombre d'inconnues est infini. Ces inconnues sont, dans notre cas, les concentrations  $c(x,y)$  en tout point du lac.

Le principe des méthodes numériques consiste en un remplacement du nombre infini d'inconnus par un nombre fini de paramètres : c'est la discrétisation.

Une fonction approchée de la fonction exacte peut être formée à partir de ces paramètres. En général, cette fonction sera d'autant plus proche de la solution exacte que le nombre de paramètre est grand et que la dimension de l'élément est petit.

Le principe de résolution peut être schématiser comme suit :



**IV.2.1 DISCRETISATION DU PROBLEME A PARTIR D'UNE FORMULATION VARIATIONNELLE :**

L'approximation de c peut s'écrire sous la forme d'un polynôme

$$\tilde{C} = \sum N_i a_i = \mathbf{N} \mathbf{a}$$

Où  $N_i$  sont des fonctions de x et de y appelées fonctions d'interpolation

$a_i$  les paramètres d'approximation qui peuvent être considérés comme les valeurs de la concentration  $c_i$  aux nœuds dans le cas d'une approximation nodale.

Donc

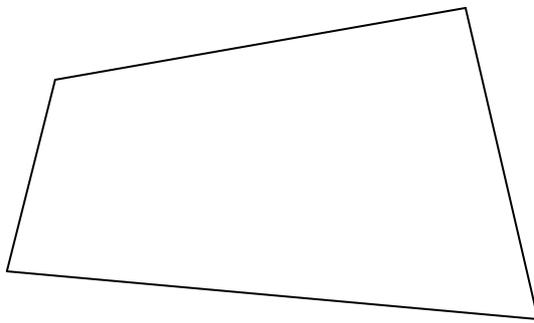
$$\tilde{c}(x, y) = N_1(x, y) c_1 + N_2(x, y) c_2 + \dots + N_n(x, y) c_n \quad (05)$$

ou sous forme matricielle

$$\tilde{c} = [N_1, N_2, \dots, N_n] \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ c_n \end{Bmatrix}$$

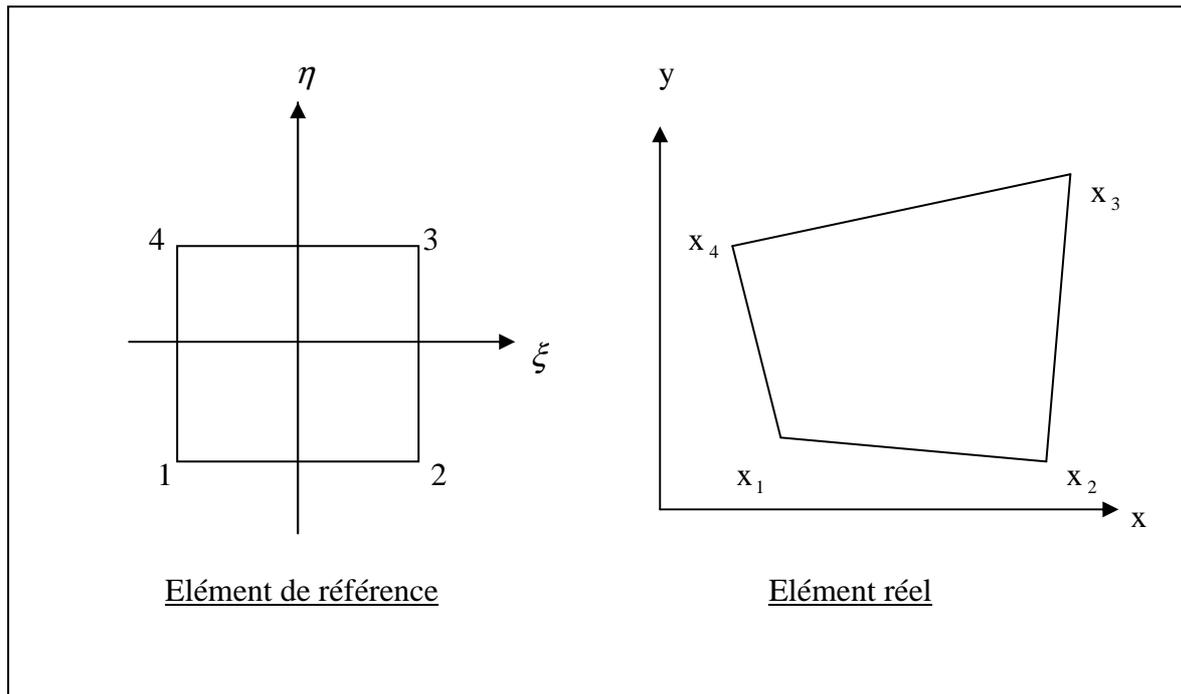
#### IV.2.2 CONSTRUCTION DE LA FONCTION D'INTERPOLATION « N »

Le problème étant bidimensionnel, on peut discrétiser le domaine en éléments triangulaires ou quadrilatères. Pour diminuer le nombre d'éléments pour un même nombre de nœuds, choisissons des éléments quadrilatères linéaires à quatre nœuds qui ont la forme suivante



**Fig. 07** Forme générale d'un élément quadrilatéral

Les nœuds géométriques étant confondus avec les nœuds d'interpolation, l'élément quadrilatère est isoparamétrique



**Fig. 08** Elément de référence et élément réel quadrilatéral iso paramétrique à 4 noeuds

Nous utilisons une base polynomiale non complète bilinéaire  $\langle P \rangle$  pour respecter la symétrie et la continuité entre les éléments :

$$\langle P \rangle = \langle 1 \quad \xi \quad \eta \quad \xi\eta \rangle \quad (06)$$

Le degré de ce polynôme est égal à 2 et le nombre de variables nodales ou nombre de degrés de liberté est  $n_d = 4$

Ecrivons les relations entre les variables généralisées  $a_i$  et les variables nodales  $u_n$  :

On a :

$$\{ u_n \} = [ P_n ] \{ a \}$$

avec :

$$[P_n] = \begin{bmatrix} \langle P_1(\xi_1)P_2(\xi_1)\dots P_n(\xi_1) \rangle \\ \langle P_1(\xi_2)P_2(\xi_2)\dots P_n(\xi_2) \rangle \\ \dots\dots\dots \\ \langle P_1(\xi_n)P_2(\xi_n)\dots P_n(\xi_n) \rangle \end{bmatrix}$$

Inversons la matrice nodale  $[P_n]$ , pour cela multiplions à gauche par  $[P_n]^{-1}$  la relation entre les variables généralisées et les variables nodales, on obtient :

$$[P_n]^{-1} \{u_n\} = \{a\}$$

D'une part,

$$u(\xi) = \langle P(\xi) \rangle \{a\} = \langle P(\xi) \rangle [P_n]^{-1} \{u_n\}$$

d'autre part, on a :

$$u(\xi) = \langle N(\xi) \rangle \{u_n\}$$

Soit :

$$\langle N(\xi) \rangle \{u_n\} = \langle P(\xi) \rangle [P_n]^{-1} \{u_n\}$$

ou encore :

$$\langle N(\xi) \rangle = \langle P(\xi) \rangle [P_n]^{-1}$$

or

$$\langle P \rangle = \langle 1 \quad \xi \quad \eta \quad \xi\eta \rangle$$

$$u(\xi) = \langle P \rangle \{a\}$$

$$\xi = \pm 1 \quad \text{et} \quad \eta = \pm 1$$

d'où, en chacun des 4 nœuds de coordonnées  $\xi_i$ , on a

$$[P_n] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\{ \xi_n \} = \begin{Bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{Bmatrix} \quad \text{et} \quad \{ \eta_n \} = \begin{Bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

Les produits scalaires des différentes colonnes de la matrice  $[P_n]$  étant nuls, cette matrice est orthogonale.

Chaque vecteur colonne ayant pour norme 4, on a l'inversion :

$$[P_n]^{-1} = \frac{1}{4} P^T = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (07)$$

$$\begin{aligned} \langle N \rangle &= \langle N_1 N_2 N_3 N_4 \rangle = \langle P \rangle [P_n]^{-1} \\ \langle N \rangle &= \left\langle \frac{1-\xi-\eta+\xi\eta}{4}, \frac{1+\xi-\eta-\xi\eta}{4}, \frac{1+\xi+\eta+\xi\eta}{4}, \frac{1-\xi+\eta-\xi\eta}{4} \right\rangle \end{aligned} \quad (08)$$

Soit :

$$\langle N \rangle = \frac{1}{4} \langle (1-\xi)(1-\eta), (1+\xi)(1-\eta), (1+\xi)(1+\eta), (1-\xi)(1+\eta) \rangle$$

L'élément étant isoparamétrique, on a :

$$\langle \bar{N} \rangle = \langle N \rangle$$

$$X(\xi, \eta) = \langle N_1 N_2 N_3 N_4 \rangle \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{Bmatrix} \quad \text{et} \quad Y(\xi, \eta) = \langle N_1 N_2 N_3 N_4 \rangle \begin{Bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \end{Bmatrix}$$

#### IV.2.3. APPROXIMATION PAR LA METHODE DES RESIDUS PONDERES

L'équation différentielle (04) sera résolue par la méthode des résidus pondérés : elle consiste à rechercher des fonctions  $u$  qui annule la forme intégrale suivante :

$$W(c) = \int_v \langle \Psi \rangle \{ R(c) \} dV = \int_v \langle \Psi \rangle \{ f(c) + f_v \} dV = 0$$

où  $R(c)$  - résidu  
 $c$  - variables inconnues dépendant des coordonnées  
 $\Psi$  - fonction de pondération

Dans notre cas l'approximation de  $c$  peut s'écrire sous la forme d'un polynôme

$$c = \sum N_i c_i = \mathbf{NC}$$

où  $c_i$  sont les valeurs nodales de  $C$ , donc il s'agit d'une approximation nodale.

En écrivant l'équation (04) sous la forme générale  $D(c) = 0$ , la forme intégrale de la méthode des résidus pondérés correspondant à l'équation (04) s'écrit de la manière suivante :

$$\int_A N D(c) dA = 0$$

Soit :

$$\int_A N \left[ D \left( \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + u \frac{\partial N}{\partial x} + v \frac{\partial N}{\partial y} \right] dA \{C\} = Q \quad (09)$$

$Q$  étant le débit.

Utilisons l'intégration par parties pour diminuer l'ordre maximum des dérivées de  $N$  ; on obtient ainsi des formes d'intégrales faibles.

Pour cela, rappelons d'abord les formules d'intégration par parties pour un problème à deux dimensions :

$$\begin{aligned} \iint F \frac{\partial N}{\partial x} dx dy &= - \iint \frac{\partial F}{\partial x} N dx dy + \oint_s F N dy \\ &= - \iint \frac{\partial F}{\partial x} N dx dy + \oint_s F N l ds \end{aligned}$$

et

$$\iint F \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} dx dy = - \iint \frac{\partial F}{\partial x} \frac{\partial N}{\partial x} dx dy + \oint_s F \frac{\partial N}{\partial x} l ds$$

où

$$l = \cos \theta \quad (\text{cosinus de l'angle formé par la normale extérieure et l'axe des } x)$$

N est une fonction harmonique et les conditions aux limites devant être vérifiées, les intégrales de contour sont nulles.

On obtient après intégration par partie

$$\left[ \int_A \left[ N \left( u \frac{\partial N}{\partial x} + v \frac{\partial N}{\partial y} \right) + D \left( \frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \frac{\partial N}{\partial y} \right) \right] dA \right] \{C\} + \left[ \int_A NN dA \right] \{\dot{C}\} = \{Q\} \quad (10)$$

Dans cette équation matricielle,  $\int_A NN dA$  est le terme de non stationnarité qu'il faut tenir compte pour un problème de propagation. Dans notre cas nous nous intéressons seulement de la répartition des concentrations dans l'espace, c'est-à-dire un problème d'équilibre et ainsi, nous ne tenons pas compte de ce terme.

Ainsi on obtient la forme matricielle suivante :

$$\left[ \iint ([A] [B] + [B^T] [B]) dx dy \right] \{C\} = \{Q\} \quad (11)$$

où

$$[A] = \begin{bmatrix} uN_1 & vN_1 \\ uN_2 & vN_2 \\ uN_3 & vN_3 \\ uN_4 & vN_4 \end{bmatrix} \quad [B] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_2}{\partial x} & \frac{\partial N_3}{\partial x} & \frac{\partial N_4}{\partial x} \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} & \frac{\partial N_2}{\partial y} & \frac{\partial N_3}{\partial y} & \frac{\partial N_4}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad [B^T] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_1}{\partial y} \\ \frac{\partial N_2}{\partial x} & \frac{\partial N_2}{\partial y} \\ \frac{\partial N_3}{\partial x} & \frac{\partial N_3}{\partial y} \\ \frac{\partial N_4}{\partial x} & \frac{\partial N_4}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Il est plus commode de travailler avec les variables  $\xi$  et  $\eta$  de l'élément de référence qu'avec x et y de l'élément réel et l'équation (11) devient :

$$\left[ \iint ([A] [B] [J] + [B^T] [B] [J]) d\xi d\eta \right] \{C\} = \{Q\} \quad (12)$$

La résolution de cette équation sera effectuée à l'aide de Matlab.

### **Conditions aux limites :**

Les conditions aux limites ont été définies par des mesures de concentration et de débit en quatre points du marais après la pluie du 04 février 2005:

- au débouché de la vallée de l'Est :  $Q = 3,80 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $C = 1,60 \text{ mg/l}$
- au débouché de la vallée Masay :  $Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $C = 0,95 \text{ mg/l}$

- au niveau du dalot triple :  $Q = 1,68 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $C = 1,10 \text{ mg/l}$
- à la sortie du marais :  $Q = 1,30 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $C = 0,60 \text{ mg/l}$

Pour calculer les dérivées en  $\xi$  et en  $\eta$  de la fonction N à partir de ses dérivées en x et en y, on utilise la matrice jacobienne de la transformation géométrique

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N}{\partial \eta} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \end{Bmatrix} \quad (11)$$

que l'on peut noter par :  $\{\partial_{\xi} N\} = [J] \{\partial_x N\}$

En général, c'est l'inverse  $[J]^{-1}$  de la matrice  $[J]$  que l'on utilise dans la pratique car on doit exprimer les dérivées de N en x, y et z à partir des dérivées de N en  $\xi$  et  $\eta$

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial x} & \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ \frac{\partial \xi}{\partial y} & \frac{\partial \eta}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{\partial N}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N}{\partial \eta} \end{Bmatrix} \quad (12)$$

que l'on note par :  $\{\partial_x N\} = [j] \{\partial_{\xi} N\}$

où  $[j] = [J]^{-1}$

avec  $[J]^{-1} = \frac{1}{\det(J)} \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial \eta} & -\frac{\partial y}{\partial \xi} \\ -\frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial x}{\partial \xi} \end{bmatrix}$

et  $\det(J) = \frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta}$

Pour un élément quadrilatéral isoparamétrique à quatre noeuds, en dérivant l'expression (08), on obtient l'expression suivante :

$$[J] = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -(1-\eta) & (1-\eta) & (1+\eta) & -(1+\eta) \\ -(1-\xi) & -(1+\xi) & (1+\xi) & (1-\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{bmatrix}$$

soit

$$[J] = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -x_1 + x_2 + x_3 - x_4 & -y_1 + y_2 + y_3 - y_4 \\ +\eta(x_1 - x_2 + x_3 - x_4) & +\eta(y_1 - y_2 + y_3 - y_4) \\ -x_1 - x_2 + x_3 + x_4 & -y_1 - y_2 + y_3 + y_4 \\ +\xi(x_1 - x_2 + x_3 - x_4) & +\xi(y_1 - y_2 + y_3 - y_4) \end{bmatrix}$$

et

$$\det [J] = A_0 + A_1 \xi + A_2 \eta$$

avec

$$A_0 = \frac{1}{8} [(y_4 - y_2)(x_3 - x_1) - (y_3 - y_1)(x_4 - x_2)]$$

$$A_1 = \frac{1}{8} [(y_3 - y_4)(x_2 - x_1) - (y_2 - y_1)(x_3 - x_4)]$$

$$A_2 = \frac{1}{8} [(y_4 - y_1)(x_3 - x_2) - (y_3 - y_2)(x_4 - x_1)]$$

#### IV.2.4 MATRICE DES COORDONNEES GLOBALES (CORG)

Pour faciliter la localisation et le traitement des coordonnées des nœuds, nous considérons que les nœuds sont les points d'intersection d'une série de courbes d'équation de la forme

$$y_n = 50 \frac{|n|}{n} 2^{|n|-1} + \frac{x^2}{1000}$$

avec  $n \in \mathbb{Z}^*$  et  $y_0 = \frac{x^2}{1000}$

et d'une série de droites d'équation  $x_k = \text{const}$

noeud	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
X	400	420	416	414	410	400	380	370	359	350	350	350
Y	-80	50	100	140	190	250	340	380	400	322	225	172

noeud	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
X	350	350	350	350	300	300	300	300	300	300	300	300
Y	122,5	72,5	22,5	-120	-140	-10	40	90	140	190	290	490

noeud	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
X	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
Y	500	-160	-77,5	-27,5	22,5	72,5	122,3	222,5	422,5	460	-175	-102

noeud	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
X	50	50	50	50	50	50	-50	-30	-10	0	-10	-20
Y	-52,5	2,5	52,5	102,5	202,5	250	-180	-101	-51	0	51	101

noeud	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>111</b>	<b>112</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>115</b>	<b>116</b>	<b>117</b>	<b>61</b>	<b>51</b>	<b>52</b>
X	-30	-40	-80	-60	-40	-30	-40	-50	-60	-95	-95	-100
Y	202	230	-195	-95	-46	3	54	105	206	265	-318	-320

noeud	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
X	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-200	-200	-200	-200
Y	-190	-90	-40	10	60	110	210	270	-340	-160	-60	-10

noeud	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>
X	-200	-200	-200	-200	-200	-230	-250	-270	-400	-400	-400	-400
Y	40	30	140	240	440	840	1060	-360	-350	-240	-40	60

noeud	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>91</b>
X	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-600	-600	-520	-460
Y	110	160	210	260	360	560	960	1140	-250	-35	95	100

noeud	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>
X	-440	-420	-405	-530	-550	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-640
Y	130	170	215	352	350	355	460	560	760	1160	1240	1260

noeud	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>121</b>	<b>122</b>				
X	-750	-750	-750	-840	-690	-465	-670	-660				
Y	470	600	700	1090	1250	300	-55	-160				

**Tableau N° 15 : Matrice des coordonnées globales**

#### IV.2.5 MATRICE DE CONNECTIVITE (CONEC)

	E L E M E N T S														
Nœud	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17
2	2	3	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18
3	15	14	13	12	11	10	9	24	23	22	21	20	19	18	27
4	16	15	14	13	12	11	10	23	22	21	20	19	18	17	26

	E L E M E N T S														
Nœud	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	18	19	20	21	22	23	24	32	31	30	29	28	27	26	35
2	19	20	21	22	23	24	25	33	32	31	30	29	28	27	36
3	28	29	30	31	32	33	34	42	41	40	39	38	37	36	44
4	27	28	29	30	31	32	33	41	40	39	38	37	36	35	43

	E L E M E N T S														
Nœud	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
1	36	37	38	39	40	41	117	116	115	114	113	112	111	51	52
2	37	38	39	40	41	42	61	117	116	115	114	113	112	111	53
3	45	46	47	48	49	50	60	59	58	57	56	55	54	53	63
4	44	45	46	47	48	49	59	58	57	56	55	54	53	52	62

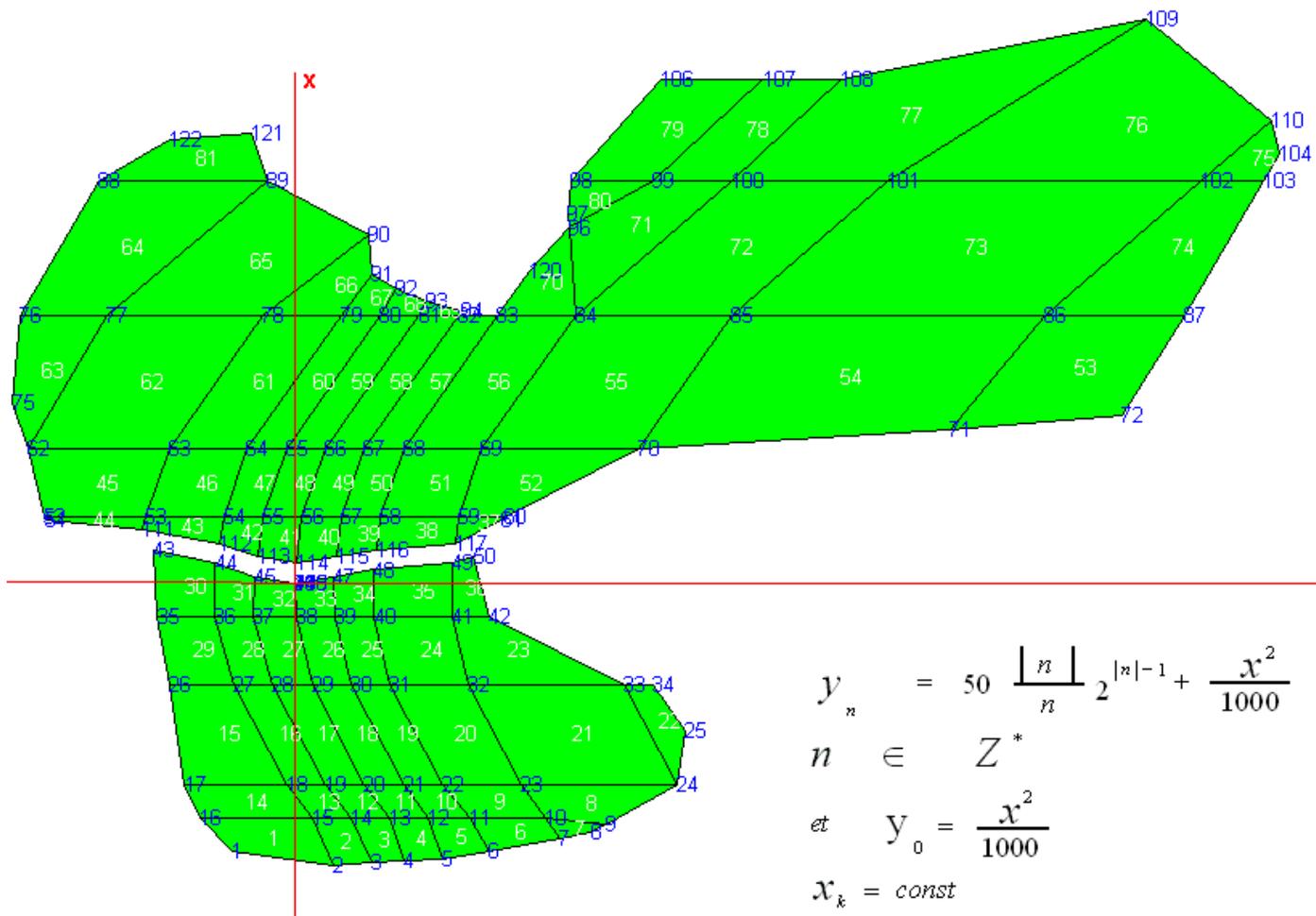
	E L E M E N T S														
Nœud	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	53	54	55	56	57	58	59	71	70	69	68	67	66	65	64
2	54	55	56	57	58	59	60	72	71	70	69	68	67	66	65
3	64	65	66	67	68	69	70	87	86	85	84	83	82	81	80
4	63	64	65	66	67	68	69	86	85	84	83	82	81	80	79

	E L E M E N T S															
Nœud	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
1	63	62	75	76	77	78	79	80	81	83	84	84	85	86	103	101
2	64	63	62	77	78	79	80	81	82	84	100	85	86	87	104	102
3	79	78	77	89	90	91	92	93	94	96	99	101	102	103	110	110
4	78	77	76	88	89	90	91	92	93	120	96	100	101	102	102	109

	E L E M E N T S															
Noeud	77	78	79	80	81											
1	100	99	98	97	88											
2	101	100	90	96	89											
3	109	108	107	99	121											
4	108	107	106	98	122											

**Tableau N° 16 : Matrice de connectivité (CONEC)**

## MAILLAGE EN 81 ELEMENTS QUADRILATERAUX DU MARAIS MASAY



**Fig. 09 :** Maillage en éléments quadrilatéraux

### IV.3. PRESENTATION DE MATLAB

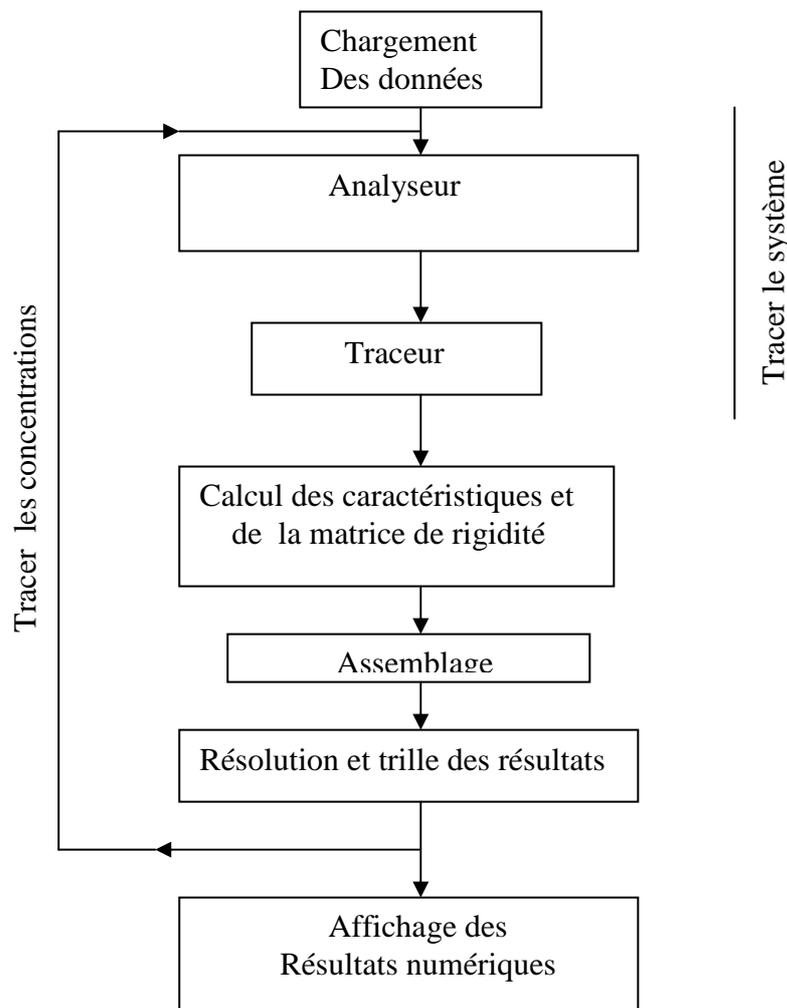
Matlab est un outil de simulation avec un langage de programmation simple mais très efficace et rapide notamment pour la résolution des équations matricielles. Il possède un vaste ensemble de fonctions pré-programmées et directement utilisables par une simple introduction des données et des opérations à effectuer.

Matlab peut être utilisé avec différents systèmes d'exploitation à savoir Windows, Unix, Linux, Mac OS.

Matlab permet également de réaliser des visualisations graphiques très rapides en 1-D, 2-D et 3-D, de tracer des courbes d'expérimentations, de réaliser des programmes complexes sans avoir besoin de reprogrammer les fonctions classiques.

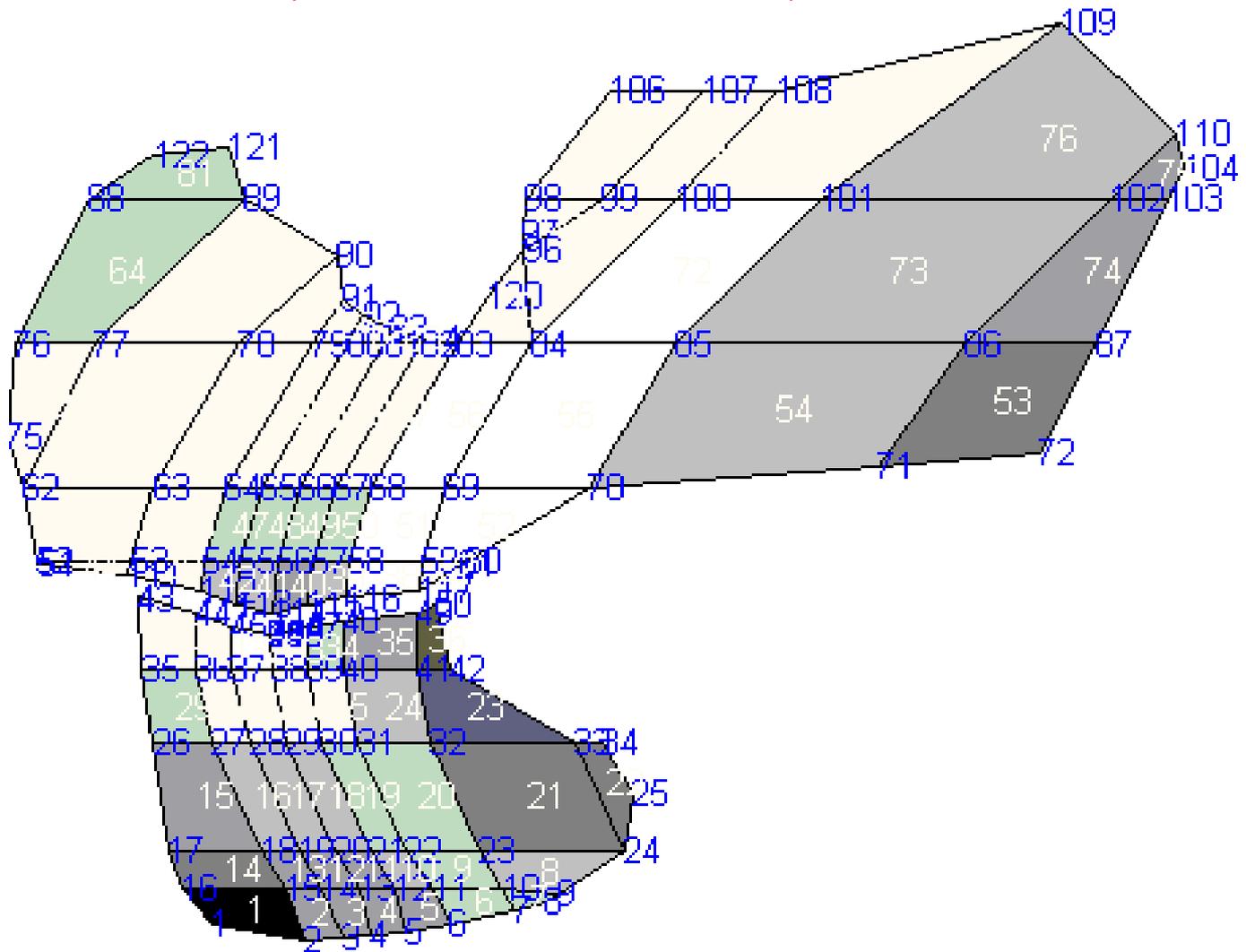
Matlab est un outil précieux et indispensable pour les scientifiques et qui répond efficacement aux besoins de notre étude.

L'organigramme se présente comme suit :



**DISPERSION DES MATIERES SOLIDES EN SUSPENSION  
DANS LE MARAIS MASAY**

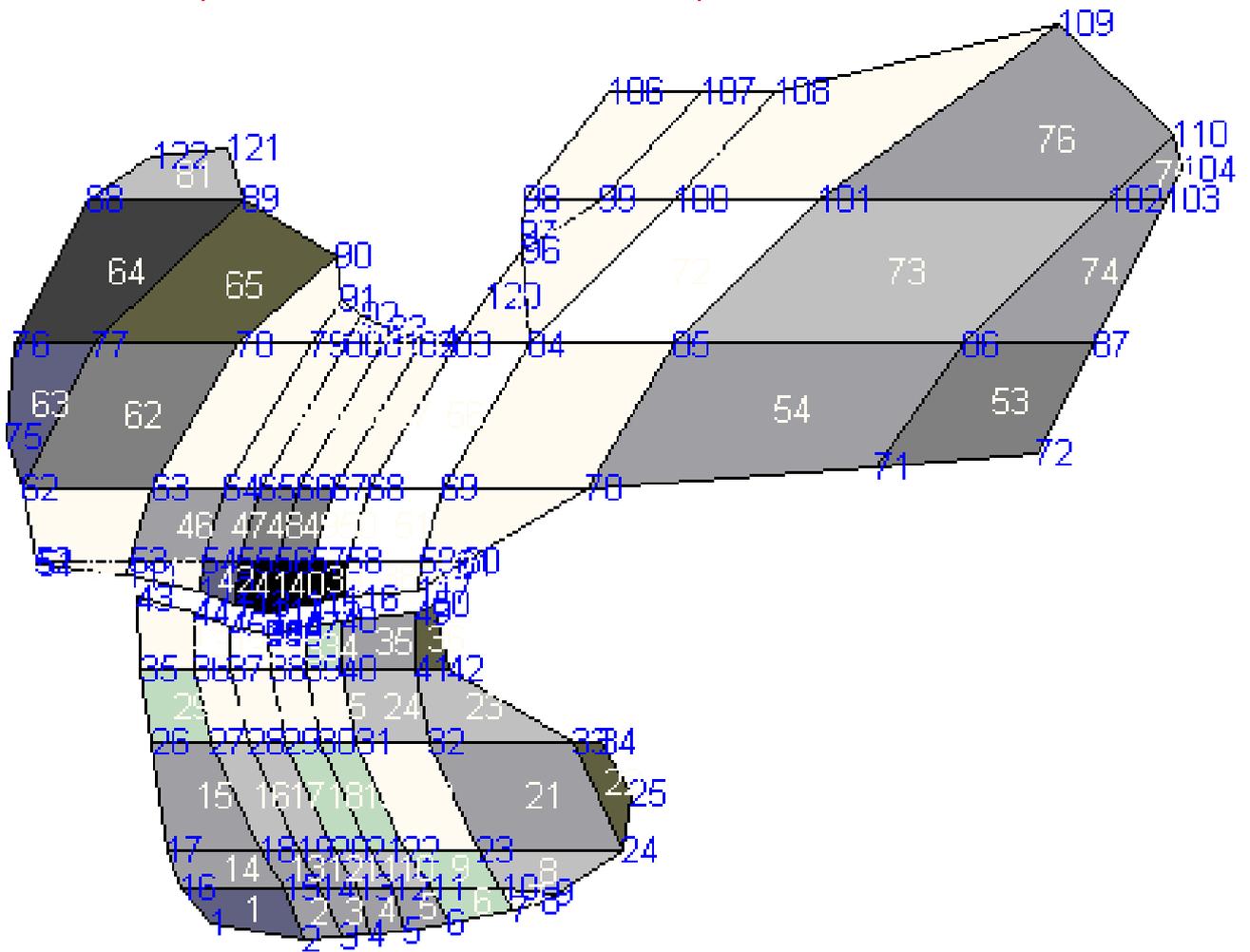
Répartition des concentrations en particules



**Fig. 10 :** Répartition des charges en matières en suspension dans le Marais Masay

**DISPERSION DES POLLUTIONS ORGANIQUES (DBO<sub>5</sub>)  
DANS LE MARAIS MASAY**

**Répartition des concentrations en particules**



**Fig. 11 :** Répartition des charges en DBO<sub>5</sub> dans le Marais Masay

#### IV.4 INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA MODELISATION

##### REPARTITION DES CHARGES EN MATIERE EN SUSPENSION DANS LE MARAIS:

Selon la figure N° 05, les zones les plus chargées en matières en suspension se localisent à l'entrée des débouchés, au niveau du dalot triple, et au niveau de la sortie du marais. Cela s'explique par l'augmentation des vitesses dans ces zones par rapport à celles des autres points du marais. Effectivement, on peut observer une remise en suspension des particules qui se sont décantées au fond du lit lorsque la vitesse augmente entraînant ainsi une augmentation de la concentration. La validité de cette répartition repose sur le calage du modèle à partir des valeurs mesurées en quelques endroits du marais (voir la courbe d'étalonnage des mesures de la concentration de la figure N° 03). Les points critiques se localisent au débouché de la vallée de l'Est avec une concentration moyenne de l'ordre de 1,60 g / l et au débouché de la vallée Masay avec  $C = 0,78$  g / l, la valeur limite maximale préconisée par les normes étant de 0,1 g/l. L'annexe III montre que 3,3 % seulement sont dans les normes et le reste est trop chargé en matière en suspension.

## CHAPITRE V

### LES SOLUTIONS APPORTEES : L'ADEQUATION DES OUTILS D'INTERPRETATION

#### V.1. LA STABILISATION DE LA GESTION DE LA POLLUTION

##### ETAT DE REFERENCE :

Rappelons que le Marais Masay est un milieu récepteur d'eaux usées industrielles et domestiques des quartiers environnants et ceux qui se trouvent dans les bassins versants tributaires du marais. A cet effet, avant l'aménagement du marais, les résultats d'analyse des eaux dans les canaux traversant le marais montrent que certains paramètres de pollutions sont au-delà de la limite préconisée par les normes et d'autres, en nombre moins important, sont en quantité acceptable. Après aménagement du marais, on a constaté le cas contraire : la plupart des paramètres sont dans les normes à l'exception d'un petit nombre d'éléments ; cela peut s'expliquer par la dilution de ces éléments dans le marais et par son pouvoir auto épurateur. Or le Marais Masay n'est pas destiné à l'épuration des eaux usées, et que par l'accroissement de la production et du nombre d'industries origines de pollutions, le degré de pollution du marais pourrait s'accroître dans le temps. Aussi, est-t-il important de voir comment chaque éléments influe sur la situation de la pollution avant (en 2000) et après aménagement du marais (en 2005). Cette étude de stabilité a été menée à l'aide d'une analyse factorielle. Elle consiste à remplacer une matrice de valeurs difficile à lire et à interpréter par une autre matrice d'approximation plus simple que la première : une matrice d'indépendance et une matrice des écarts à l'indépendance pouvant être représentées graphiquement suivant deux systèmes d'axes perpendiculaires comme montrent les figures ci-contre

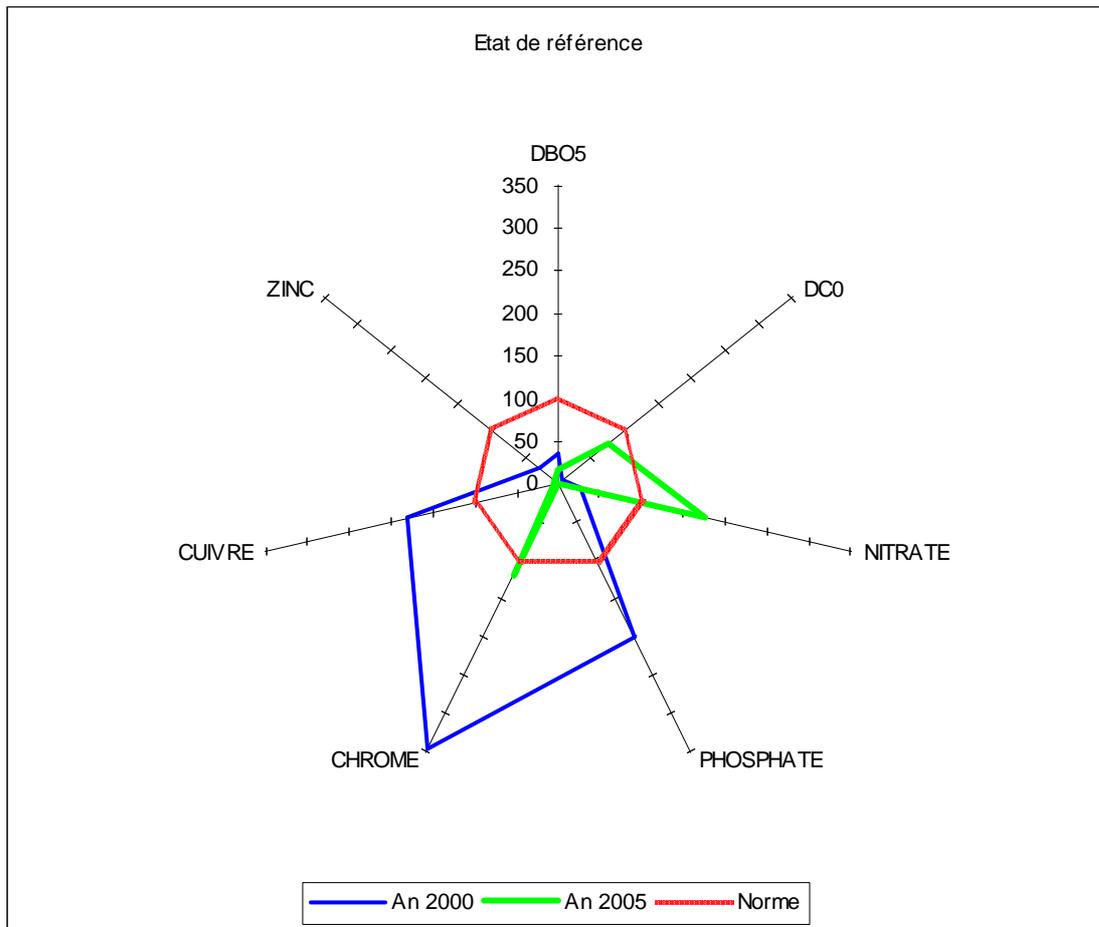
Le logiciel utilisé est SPSS. C'est un logiciel de traitement d'informations utilisant une base de données collectées sur Excel ou Accès .

Le traitement se fait de la manière suivante :

- tri des données
- sélection des données
- traitement proprement dit du SPSS

Les résultats obtenus peuvent être des résultats statistiques, ou des courbes, ou des tendances. Dans notre cas les résultats se présentent sous forme de tendances. Le logiciel SPSS donne la stabilisation d'un phénomène à partir d'un seuil. Ce logiciel, généralement utilisé dans les recherches permet de modéliser le comportement d'un projet ou d'un phénomène quelconque à base de données statistiques.

Nous présentons ci-dessous les résultats d'analyse des états de pollution en deux étapes (2000 et 2005 ) comparée avec la norme admise :



**Fig. N° 12 Etat de référence de pollution à la sortie du Marais Masay**

Dans cette figure, les valeurs des éléments sont exprimées en pourcentage de la valeur de la norme

La courbe représentée en rouge représente les valeurs des normes pour chaque élément, donc 100% pour tous les éléments. L'échelle des valeurs pour chaque élément est représentée par une demi-droite issue de l'origine.

La courbe bleue représente les valeurs de chaque élément en 2000.

La courbe verte représente les valeurs de ces mêmes éléments en 2005

Les résultats montrent qu'en 2000, avant l'aménagement du marais tous les paramètres mesurés étaient hors normes à l'exception de la DBO5 et qu'en 2005 après aménagement du marais la plupart de ces éléments sont dans les normes à l'exception du nitrate et du chrome qui dépasse légèrement la norme.

L'explication de cette diminution de charge est la dilution car avant aménagement le marais est presque sec le long de l'année sauf en cas de crue de fréquence rare. Ainsi, les mesures effectuées en 2000 concernent de l'eau usée peu diluée et les échantillons ont été pris dans un canal traversant le marais.

Les graphes suivants représentent les tendances de chaque élément sur la norme, sur l'état en 2000 et sur l'état en 2005

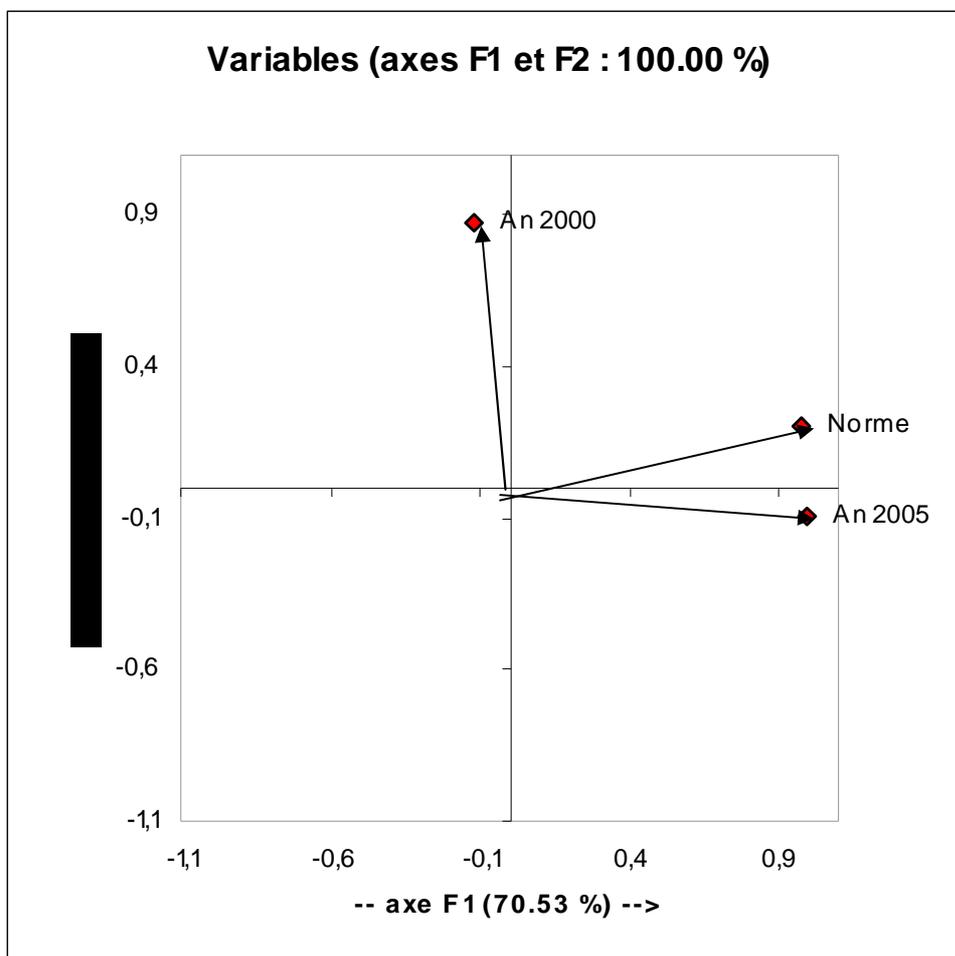
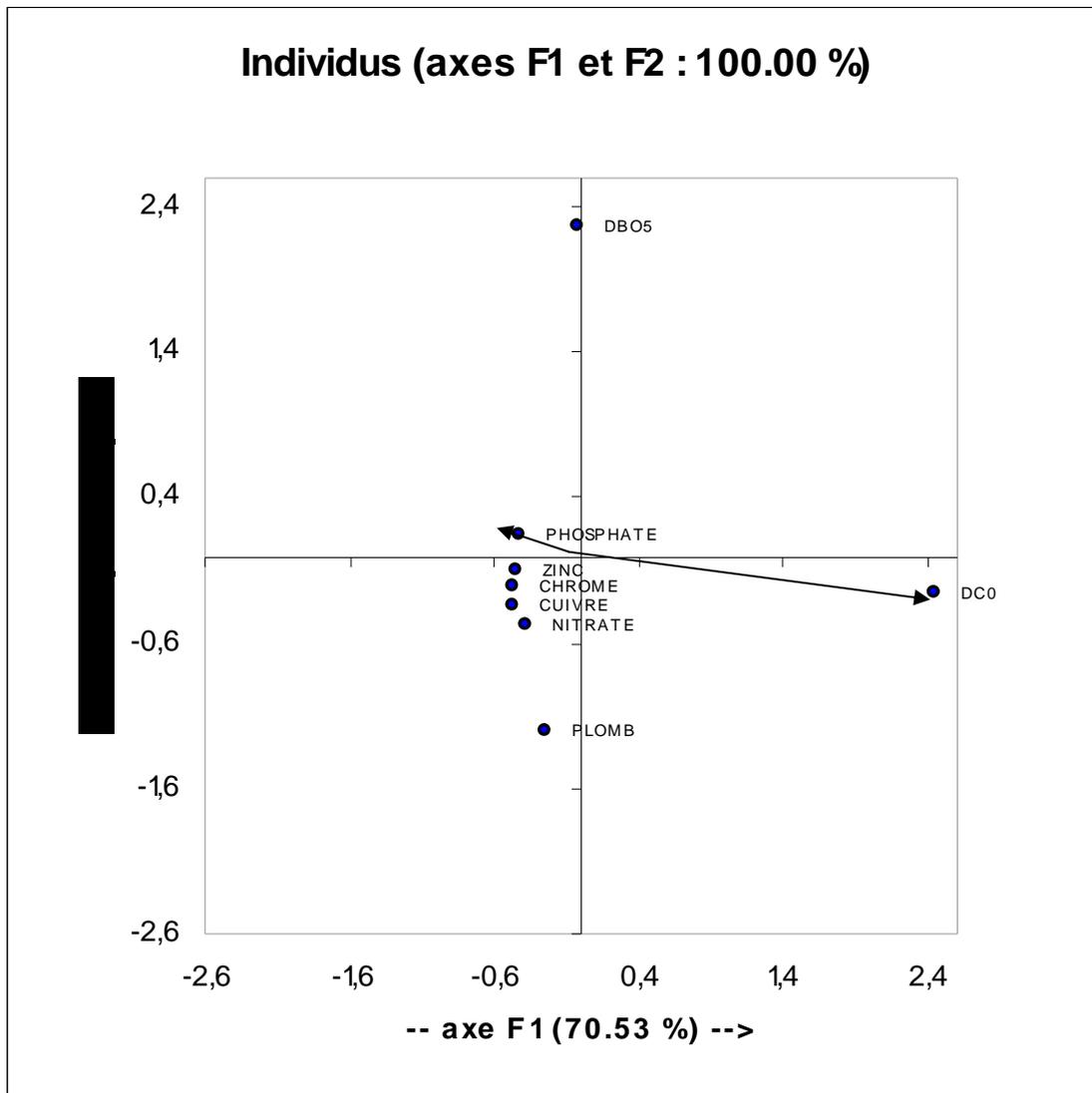
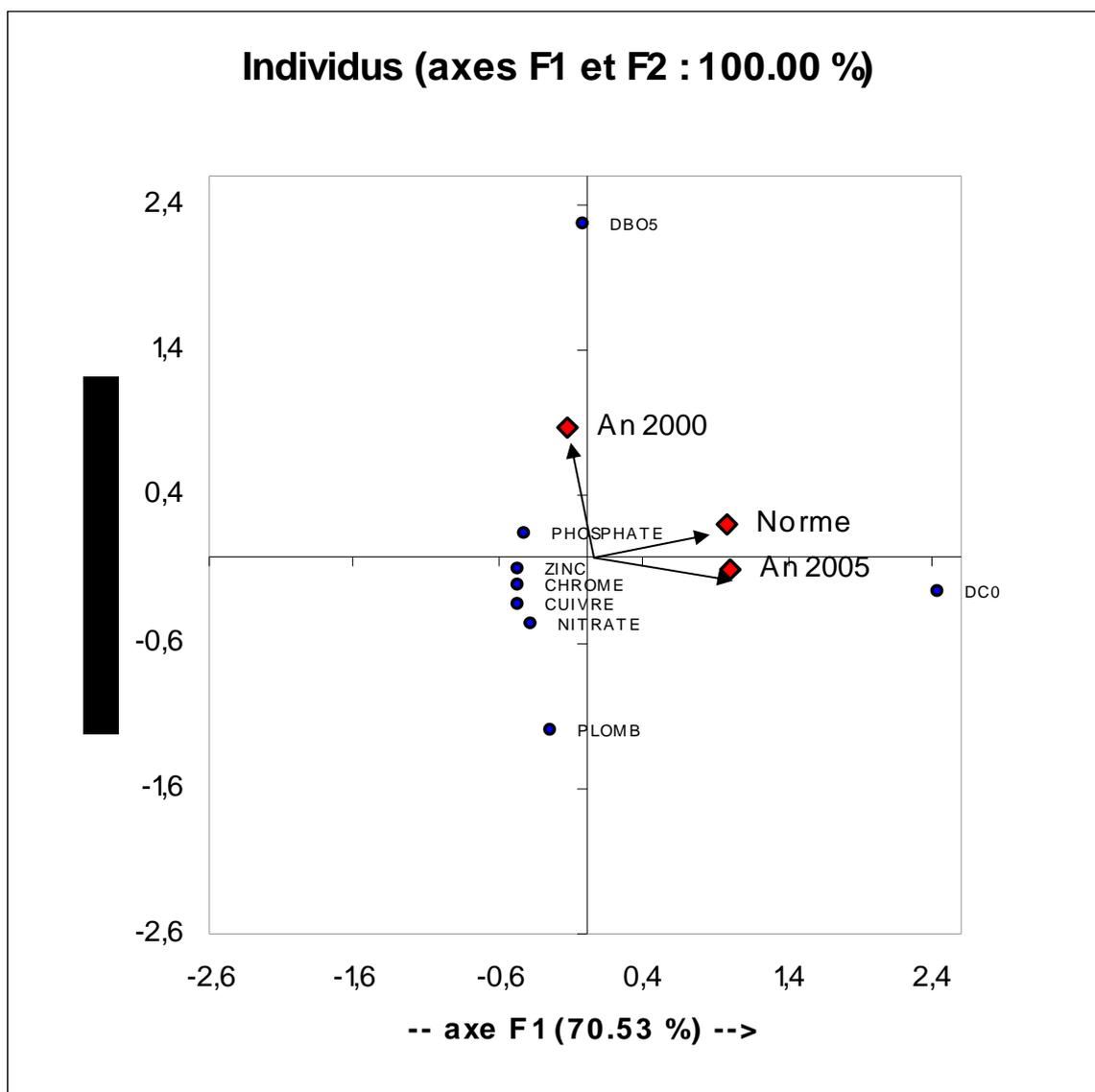


Fig N° 13 Vecteurs représentatifs de la norme, de l'état de pollution en 2000 et en 2005

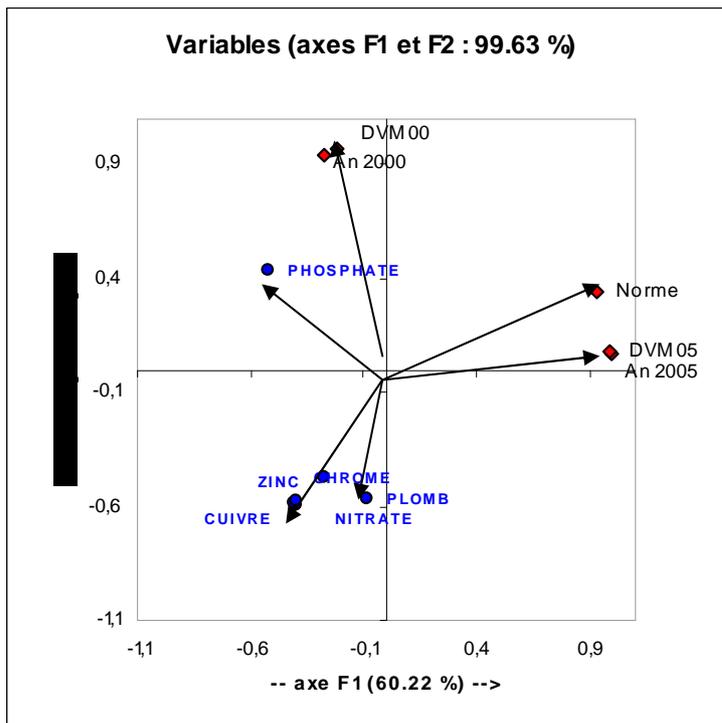
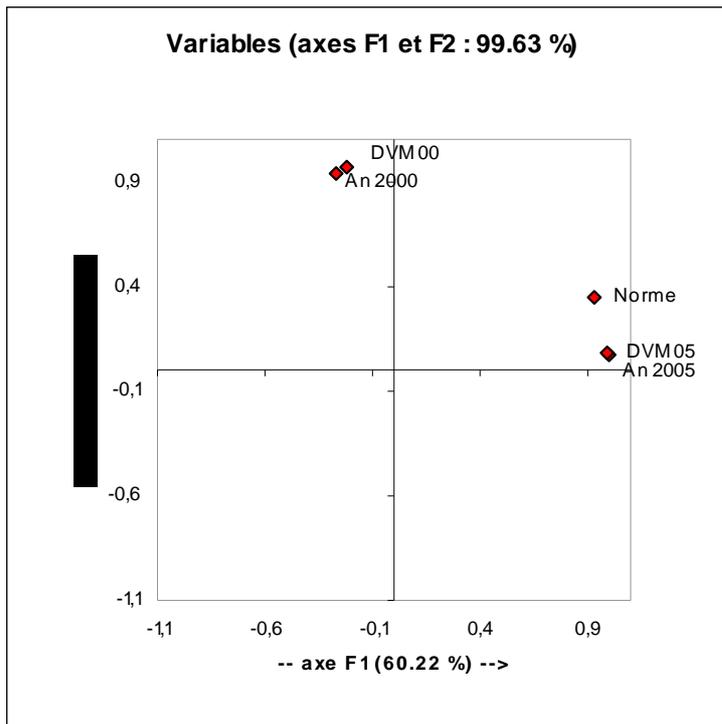


**Fig. N° 14** Graphe de comparaison des paramètres polluants avec la DBO5 et la DCO



**Fig. N° 15** Graphe de comparaison de tous les éléments polluants avec la norme, et avec l'état de pollution en 2000 et en 2005

Résultats d'analyse tenant compte de l'influence de la pollution au niveau du débouché de la vallée de l'Est



**Fig. N° 16** Graphe de comparaison de tous les éléments polluants avec la norme, et l'état de pollution en 2000 et en 2005 en tenant compte des valeurs mesurées au débouché de la vallée Masay (DVM)

En comparant deux vecteurs représentant respectivement une ligne et une colonne,

- lorsqu'ils sont en conjonction, il y a une attraction entre ces 2 vecteurs car l'angle formé par les 2 vecteurs est nul ou inférieur à  $90^\circ$  et cela veut dire qu'il y a attraction
- lorsqu'ils forment un angle de  $90^\circ$ , la projection de l'un sur l'autre est nul, c'est-à-dire qu'il y a indépendance
- lorsqu'ils forment un angle supérieur à  $90^\circ$ , la projection de l'un est sur la prolongation de l'autre, le produit scalaire des 2 vecteurs est négatif : les 2 états sont en opposition, donc il y a une répulsion.

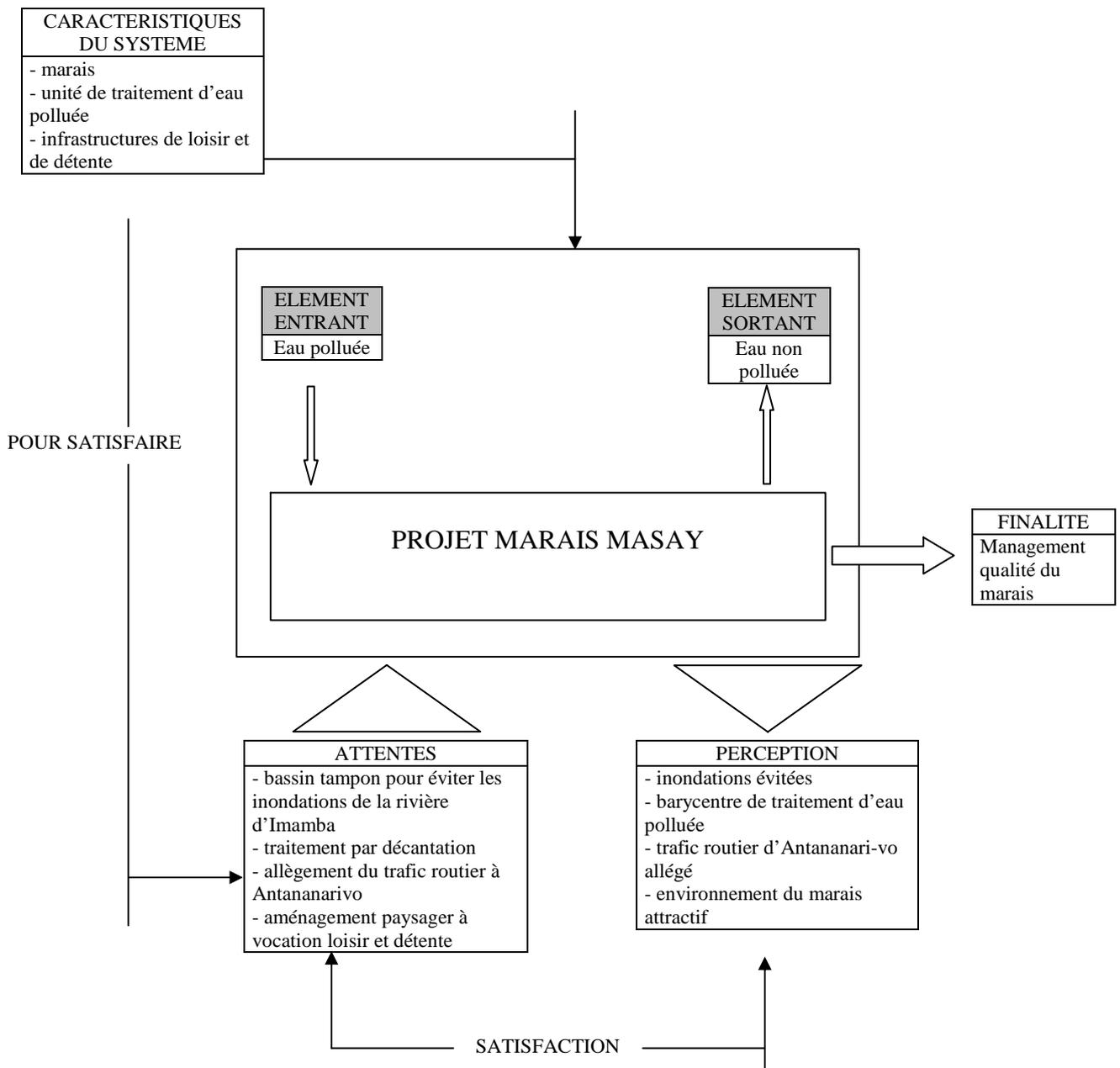
## V.2. INTERPRETATION DES RESULTATS

- Le vecteur représentant la norme et celui qui représente l'état de pollution du marais en 2005 sont en conjonction, donc il y a attraction, c'est-à-dire que les valeurs obtenues en 2005 sont plus proches des normes.
- Le vecteur représentant la norme et celui qui représente l'état de pollution du marais en 2000 sont presque en quadrature donc il y a indépendance entre les 2 états.
- Le vecteur représentant l'état de pollution en 2000 et celui de 2005 sont en opposition, donc il y a répulsion.
- A l'exception de la DBO et de la DCO, tous les paramètres sont en opposition avec l'état de pollution de 2005 et de la norme, mais en conjonction avec l'état de pollution de l'année 2000
- En conclusion, on peut dire qu'aux points de rejets les charges en matière de pollution sont hors normes et par la présence du marais les valeurs diminuent par dilution et restent inférieures à la valeur limite des normes et trouvent leur stabilité. Mais si la production des usines augmente dans le temps et si le nombre d'usine augmente également, on pourrait observer dans le futur une augmentation du degré de pollution du marais, donc la solution adéquate est l'installation des unités de pré traitement aux points de rejet.

## CHAPITRE VI

### EVALUATION ECONOMIQUE DU PROJET MARAIS MASAY OU LA RELATIVITE DES OBJECTIFS SOCIO-ECONOMIQUES D'UN PROJET A CARACTERES MULTIPLES : AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, ECOLOGIQUE ET LE BIEN ETRE DE LA POPULATION

Il s'agit d'évaluer le Projet Marais Masay. Le concept de ce projet, inspiré sur le Management Qualité utilisant la méthode 3L, est présenté dans la figure ci-dessous.



Source : auteur à partir du concept de la qualité supporté par la méthode 3L

Les entités de ce projet comprennent :

- le marais avec les usines, les entreprises et les riverains déversant de l'eau polluée
- le pourtour du marais
- les deux carrefours giratoires reliés par la rocade

L'évaluation économique du projet s'est portée sur le système composé par les entités ci-dessus.

L'étude économique de la mise en valeur du site du Marais Masay est complexe. En effet pour trouver l'équilibre sur un marché, il faut maximiser la satisfaction de tous les acteurs. La problématique du cas du Marais Masay repose sur l'existence des externalités négatives reliées à la pollution de eaux du marais. Ces externalités proviennent d'une part, des pollutions dues aux rejets industriels des usines implantées le long de la route des hydrocarbures. Les types de rejet ont été identifiés qualitativement et quantitativement par les études menées par SOGREAH en 2004 pour chaque industrie et les externalités y afférentes sont donc individualisables. D'autre part, les rejets domestiques prédominants proviennent du bassin versant de la vallée de l'est engendrant également des pollutions sous forme d'externalités diffuses. Le problème de dépollution du Marais Masay repose sur le fait que certaines industries ne sont pas en mesure d'atteindre les normes qui leur seront assignées et qui pourraient dépasser leurs plafonds d'émissions. Pire encore pour les artisans et les riverains pollueurs qui ont généralement un niveau de vie relativement bas et qui ne peuvent ni payer les taxes correspondants à la somme donnant la possibilité de dépolluer le marais, ni construire des fosses septiques individuelles, ni de se brancher à un réseau séparatif d'assainissement.

L'optimum de Pareto est le concept-clé de l'analyse économique formalisée des problèmes relatifs à l'environnement. Cet optimum est défini comme un état tel qu'on ne puisse augmenter la satisfaction d'un agent économique sans diminuer celle d'un autre agent au moins. Le site du Marais Masay est un environnement construit. La politique de dépollution du site devrait utiliser deux types d'instruments : la réglementation et les instruments économiques. Ces derniers sont justifiés par la théorie des externalités et le marché de droit à polluer. Il est à noter que s'il y a externalités, un équilibre général correspondant à la maximisation de l'utilité de tous

les agents pris indépendamment les uns des autres, et à l'équilibre du marché peut ne pas être un optimum de Pareto. Il en résulte que le concept de base pour l'analyse économique dans le cas où existent des externalités est le concept d'optimum de Pareto et non celui d'équilibre général. Selon le mécanisme d'Adam Smith, la maximisation des satisfactions individuelles ne conduit plus nécessairement à un état socialement optimal pour la collectivité qui devrait impliquer que chaque individu respecte le bien être des autres individus composant la société. Dans l'analyse économique que l'on peut faire des problèmes de l'environnement, une structure juridique appropriée concernant notamment les droits de propriété est un point fondamental.

Ni la théorie d'Adam Smith sur l'économie de marché, ni le concept de l'optimum de Pareto ne semble répondre d'emblée à la problématique de l'environnement malgache vis-à-vis des industriels et opérateurs « pollueurs » locaux. Le cas de la pollution du Marais Masay ne s'identifie pas facilement aussi à la théorie de R. Coase : à titre d'exemple de situation similaire pouvant être soumise à deux situations juridiques différentes fondées sur les droits de propriété,

- On considère un milieu constitué d'un éleveur de bétail et d'un cultivateur dont les exploitations sont contiguës. Les avantages des deux parties s'interfèrent :
- le bétail de l'éleveur cause des dommages aux champs du cultivateur car ses bestiaux peuvent accéder librement aux champs du cultivateur en l'absence de clôture.

R. Coase voit deux situations possibles pour un système juridique ad hoc, un système fondé sur les droits de propriété accepté par les acteurs.

- Première situation juridique : La loi est en faveur des éleveurs en général. Alors, l'éleveur peut laisser son troupeau circuler librement sur les champs de son voisin. Le cultivateur aura avantage dans ce contexte en négociant avec l'éleveur de façon à lui verser une indemnité conséquente pour que cet éleveur diminue la taille de son troupeau. Cette démarche est fondée sur le principe du calcul du coût marginal des dommages subis, évidemment au profit marginal de l'éleveur. Nous nous arrêtons volontairement à cette base descriptive de cette situation juridique à titre de simplification.

- Une autre situation juridique que R. Coase a imaginé :

Le cultivateur a un droit de propriété absolu sur ses terres selon la loi. L'éleveur, dans ce cas, est alors tenu à indemniser son voisin cultivateur des dommages subis, dommages qui doivent

tenir compte que le cultivateur a la possibilité de ne pas clôturer sa propriété. On utilise alors un autre coût marginal dans cette optique.

Pour dénouer cette situation ambiguë (entre la première et la deuxième situation juridique), R. Coase pense qu'il faut trouver un autre optimum social ne dépendant pas de la situation juridique. Dans ce cas, une solution idéale semble être à la portée des deux parties concernées puisque ni l'éleveur, ni le cultivateur n'ont pas de problème pour indemniser.

En effet, dans le cas de la problématique de l'environnementale malgache, la plupart du temps le conflit étant position de déséquilibres financiers ou très souvent, on a à faire entre les deux entités : les opérateurs qui détiennent une puissance financière certaine et une population cible réputée pauvre et illettrée qui ne peut que subir la situation sans l'interposition d'une force neutre (dans notre cas, il s'agit de la mairie d'Antananarivo ou de l'Etat).

La théorie de l'externalité dans ce contexte n'a pas de solution toute faite et c'est là que nos travaux, même si ce n'est qu'au niveau de débroussaillage, prennent leur originalité. Au stade de notre étude, nous nous abstenons de faire une modélisation de la résolution des problèmes d'interface cités plus haut malgré la disponibilité de plusieurs outils. Liées aux contraintes du système (industriel, population cible, autorité et technologie), nous nous permettons de considérer des hypothèses supplémentaires.

Pour alléger ce problème de coût de dépollution des eaux du marais, la politique de dépollution devrait considérer une approche par étape pour parvenir à l'objectif final qui est l'application effective des normes pour tous les pollueurs (industriels, artisans, riverains). L'approche devrait tenir compte du contexte social, politique et économique. Une fois que les objectifs par étape soient définis moyennant la possibilité financière de tous les pollueurs concernés, l'organisme chargé de l'exécution des lois en vigueur devrait être strict sur l'application de ces lois.

Pour éviter un modèle sophistiqué, nous sommes partis de l'hypothèse suivante qui considère l'internalisation des externalités négatives dues aux émissions polluantes par des réglementations intériorisées dans le comportement des agents économiques :

- il faut appliquer judicieusement le système pollueur/payeur ;
- l'entité compensatrice (la mairie dans notre cas) proposerait dans une première étape un système de taxation pérenne qui permet à moyen terme de faire prendre en charge par la

mairie une unité de recyclage de l'eau polluée en cas de défaillance de pollueurs dans leurs responsabilités ;

- le pollueur concerné a le droit de négocier un seuil de taxation supportable par son entreprise ;

- notre repère ne peut être que la TRIE (Taux de Rentabilité Interne Economique).

Les seuls paramètres qui change du TRIE concernent :

- ✦ la flexibilité d'appréciation des intérêts de chaque partie en fonction du maximum supportable par l'opérateur ;

- ✦ la notion d'avantage et de coût ne doit pas suivre systématiquement les variables classiques utilisées dans l'industrie. A titre d'exemple, la prétention de la population cible d'avoir un environnement propre ou d'avoir un paysage amélioré n'a pas de prix quantifiable mathématiquement. Il s'agit plutôt d'un jugement de valeur que la population cible souhaite intégrer dans l'évaluation économique du projet.

Nous sommes alors partis de ce degré de liberté pour interpréter les résultats de nos calculs sur une approche classique de calcul de TRIE une analyse coût-avantage.

Pour obtenir un modèle ad hoc, il faut affirmer les différents paramètres qui doivent intervenir dans la modélisation. Les résultats obtenus actuellement nous permettent de faire une interprétation lisible pour un proche avenir. Nous préférons laisser la modélisation structurée au chercheur qui aura le privilège de relayer nos travaux de recherche dans ce domaine pionnier.

## Tableau N°17 : Tableau de valeurs du TRIE – Scénario 1

### CALCUL DU TRIE DU PROJET

Le Taux de Rentabilité Interne Economique TRIE est la valeur du taux d'actualisation qui annule la Valeur Actuelle Nette (VAN) pour une durée de vie n :

Avec

$$VAN = \sum_{k=0}^{k=n} \frac{a_k - I_k}{(1+i)^k}$$

où :  $i$  : le taux d'actualisation  
 $a_k$  : la somme des avantages pour une année k (coût marginal)  
 $I_k$  : la somme des investissements pour une année k

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
i	0,1992	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
1/(1+i)^k	1,000	0,834	0,695	0,580	0,484	0,403	0,336	0,280	0,234	0,195	0,163	
ak	0	1759 435 880	1759 435 880	1759 435 880	1759 435 880	1759 435 880	1792 735 880	1792 735 880	1792 735 880	1792 735 880	1792 735 880	
ik	7 435 200 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ak – ik	-7435200 000	1759 435 880	1759 435 880	1759 435 880	1759 435 880	1759 435 880	1792 735 880	1792 735 880	1792 735 880	1792 735 880	1792 735 880	
ak – ik/(1+i)^k	-7435200 000	1467 369 524	1222 807 936	1020 472 810	851 566 966	709 052 659	602 359 256	501 966 046	419 500 196	349 583 497	292 215 948	<b>1 694 838</b>

#### Hypothèses particulières:

- 1- Le projet est indépendant des avantages de la rocade.
- 2- pas de recettes de contravention sur les infractions sur la rocade comme avantages du projet
- 3- 1/10è des recettes de restauration sont des avantages du projet
- 4- 50% des emplois créés par ce projet sont des avantages
- 5- Les unités de traitement sont groupés en trois panneaux suivant la modélisation de transfert des matériaux solides
- 6- Comme hypothèse complémentaire: l'opérateur pollueur négocie la taxe relative à la pollution. Il propose Ar 3 millions au lieu de Ar 6 millions pour la relative à la capacité de 50 m3/h.

Suivant les hypothèses particulières

Pour  $i=0,1992$  VAN= Ar 1 694 838

Pour  $i=0,1993$  VAN= Ar 1 857 334

-3 450 277,00

3 759 367,00

19,92% <TRIE< 19,93%

Même dans les conditions les plus sévères : gestion autonome du marais sans subvention et avec une limite très modeste du prix que l'opérateur est prêt à payer pour la pollution, le projet Marais Masay reste dans la limite d'un projet perenne et rentable économiquement avec un TRIE autour de 19% c'est-à-dire avec un bénéfice juste à entretenir un projet durable!

Notre simulation sur les calculs de TRIE démontre que : malgré les conditions les plus sévères imposées à la gestion du Marais Masay dans le cadre d'une approche Management Qualité, l'analyse coûts avantages a mis en évidence la stabilité des valeurs de TRIE autour de 19,50% permettant ainsi la pérennité d'un projet autonome avec les contraintes environnementales bien maîtrisées.

## **Tableau N°18 : Tableau de valeurs du TRIE – Scénario 2**

### **CALCUL DU TRIE DU PROJET**

Le Taux de Rentabilité Interne Economique TRIE est la valeur du taux d'actualisation qui annule la Valeur Actuelle Nette (VAN) pour une durée de vie n :

Avec

$$VAN = \sum_{k=0}^{k=n} \frac{a_k - I_k}{(1+i)^k}$$

où :  $i$  : le taux d'actualisation  
 $a_k$  : la somme des avantages pour une année k (coût marginal)  
 $I_k$  : la somme des investissements pour une année k

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
i	0,2023	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
1/(1+i)^k	1,000	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,331	0,275	0,229	0,190	0,158	
ak	0	1777 435 880	1777 435 880	1777 435 880	1777 435 880	1777 435 880	1810 735 880	1810 735 880	1810 735 880	1810 735 880	1810 735 880	
ik	7 435 200 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ak – ik	-7435200 000	1777 435 880	1777 435 880	1777 435 880	1777 435 880	1777 435 880	1810 735 880	1810 735 880	1810 735 880	1810 735 880	1810 735 880	
ak – ik/(1+i)^k	-7435200 000	1478 826 652	1229 985 629	1022 025 631	851 391 786	707 419 480	599 353 576	497 952 367	414 658 516	344 039 817	286 096 269	<b>-3450 277</b>

#### **Hypothèses particulières:**

- 1- Le projet est indépendant des avantages de la rocade.
- 2- pas de recettes de contravention sur les infractions sur la rocade comme avantages du projet
- 3- 1/10è des recettes de restauration sont des avantages du projet
- 4- 50% des emplois créés par ce projet sont des avantages
- 5- Les unités de traitement sont groupés en trois panneaux suivant la modélisation de transfert des matériaux solides

Suivant les hypothèses particulières

Pour i= 0,2023 VAN= Ar 117 911 -3 450 277,00

Pour i= 0,2022 VAN= Ar -1 828 239 3 759 367,00

20,22% <TRIE< 20,23%

La gestion du Marais Masay doit être autonome à court terme. Si on supprime toute forme de subvention (avantages générées par la rocade) et si on considère la prévision d'emploi réduite de moitié, on constate que le projet reste économiquement rentable (supérieur à 15%) avec les taxes imposées sur la pollution (Ar 180 millions+Ar 14 millions). On observe déjà au niveau de ce scénario 2 que le TRIE est très sensible au 1/100è près. La gestion autonome s'annonce être une gestion "à l'étroite" c'est-à-dire une marge de manoeuvre très limitée.

## **Tableau N°19 : Tableau de valeurs du TRIE – Scénario 3**

### **CALCUL DU TRIE DU PROJET**

Le Taux de Rentabilité Interne Economique TRIE est la valeur du taux d'actualisation qui annule la Valeur Actuelle Nette (VAN) pour une durée de vie n :

Avec

$$VAN = \sum_{k=0}^{k=n} \frac{a_k - I_k}{(1+i)^k} \quad \text{où : } \begin{array}{l} i : \text{ le taux d'actualisation} \\ a_k : \text{ la somme des avantages pour une année k (coût marginal)} \\ I_k : \text{ la somme des investissements pour une année k} \end{array}$$

Année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
i	0,2989	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,37	
1/(1+i)^k	1,000	0,770	0,593	0,456	0,351	0,270	0,208	0,160	0,123	0,095	0,073	
ak	0	2389 435 880	2389 435 880	2389 435 880	2389 435 880	2389 435 880	2422 735 880	2422 735 880	2422 735 880	2422 735 880	2422 735 880	
ik	7 435 200 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ak – ik	-7435200 000	2389 435 880	2389 435 880	2389 435 880	2389 435 880	2389 435 880	2422 735 880	2422 735 880	2422 735 880	2422 735 880	2422 735 880	
ak – ik/(1+i)^k	-7435200 000	1839 865 627	1416 935 477	1089 582 761	838 691 994	645 147 687	503 929 063	387 637 741	297 996 513	230 159 909	176 859 719	<b>-8393 509</b>

#### **Hypothèses générales:**

- 1- Le projet est indépendant des avantages de la rocade.
- 2- 1/10è des recettes de contravention sur les infractions sur la rocade sont des avantages du projet
- 3- 1/10è des recettes de restauration sont des avantages du projet
- 4- Les emplois créés par ce projet sont des avantages dans sa totalité (lutte contre le chômage)
- 5- Les unités de traitement sont groupés en trois panneaux suivant la modélisation de transfert des matériaux solides.

Suivant les hypothèses générales

Pour i= 0,2989      VAN=      Ar 117 911      -8 393 509,00

Pour i= 0,2985      VAN=      Ar -1 828 239      6 043 006,00

29,85% <TRIE< 29,89%

Tenant compte des hypothèses simplificatrices supra, le Taux de Rentabilité Interne Economique TRIE du projet est compris entre 29,85% et 29,89%.

Le TRIE est nettement supérieur à 15% dans le cadre d'un projet socio-économique tel que le cas du Projet Marais MASAY, on peut conclure que ce projet est économiquement viable.

Toutefois il est nécessaire d'étoffer les données sur ce projet pour mieux maîtriser ses valeurs limites supportables par les acteurs économiques. Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier les facteurs pouvant influencer les décisions.

Dans l'évaluation, la « méthode des effets » ou « méthode par analyse coûts-avantages » a été adoptée. Il s'agit d'une démarche de l'analyse économique d'un projet par rapport à l'économie nationale. C'est un outil d'aide à la décision permettant de classer des projets par rapport aux coûts et avantages de la collectivité. L'analyse coûts-avantages consiste à l'appréciation relative des valeurs ajoutées en fonction des objectifs définis. L'analyse signifie en conséquence étude des impacts des valeurs ajoutées sur les revenus de la collectivité. Tels impacts peuvent être quantifiables ou non quantifiables. La méthode des effets est donc un moyen d'articuler en même temps les approches micro et macro-économiques. Partant de ce concept de la relativité des coûts-avantages par rapport à la triade de Kélada J, les travaux réalisés permettent de redimensionner les avantages et les coûts par rapport aux objectifs du projet entre autres l'amélioration du quotidien de la population en générale.

Un investissement, pour un complexe de loisirs et un restaurant, est prévu. Ceci a pour objectif de dynamiser des activités économiques autour du marais ou le long de la rocade et de pondérer financièrement les effets néfastes du coût de la pollution.

Un scénario optimiste a été envisagé. Il consiste à faire payer à l'entité polluuse 3 000 000 Ar au lieu de 6 000 000 Ar coût suite à une négociation relative à la capacité de 50 m<sup>3</sup> / h.

Un Taux de Rentabilité Interne Economique ou TRIE est simulé et est compris entre 19,92% et 19,93% pour des Valeurs Actuelles Nettes ou VAN sont respectivement de Ar 1 694 838 et de Ar – 1.857 334.

L'analyse s'est portée sur 10 ans, soit la durée utilisée par BRL Ingénierie lors de l'étude de rentabilité de la rocade.

Le Projet Marais Masay, qui est un projet socio-économique, est rentable sur une étude simulée sur dix ans. Le TRIE est supérieur à 15%.

Notre étude présente une avantage sur les autres études réalisées jusqu'ici :

- elle se porte sur plusieurs entités au lieu d'une pour l'étude effectuée par le BRL

- création d'autres pôles d'activités économiques

La triade du Management Qualité, selon Kélada, y retrouve leur intérêt :

- *les investisseurs* verront leurs investissements recouverts à temps
- *les usagers* jouiront des infrastructures de loisirs ou de circulation
- *les employés* des entreprises et du complexe de loisirs retrouveront satisfaction

Mais il est à noter le quasi indépendance du projet vis-à-vis des entreprises polluées. Ces dernières pourront être redevables soit de 10% du coût opératoire annuel d'une unité de traitement soit 50%. Le premier constitue un prix plancher exigé pour assurer la rentabilité du projet. Le second est le prix que l'entreprise est disposée à payer au maximum.

Dans ce chapitre nous avons utilisé l'approche « Management Qualité » supporté par plusieurs méthodes entre autres la méthode 3L et l'analyse coût - avantage

Le Management Qualité est une stratégie globale par laquelle une entreprise met tout en œuvre pour qu'elle excelle sur toutes les dimensions du produit fini exigé par le client [ 1 ]. Elle sera supportée par la méthode 3L :

- Logique Hiérarchique
- Logique Transversale
- Logique de soutien

La Logique Hiérarchique s'appuie sur le système qualité.

La Logique Transversale concerne les processus dans ses facettes :

- contrat
- conception
- contrôles et essais
- identification et traçabilité

Et la Logique de Soutien va porter essentiellement sur

- le document
- le produit
- l'équipement de contrôle
- les actions correctives et préventives
- l'audit qualité interne
- la formation
- la technique statistique (enquête, traitement, interprétation)

Le système Marais Masay avec les paramètres concernés vont être étudiés suivant la démarche dictée par la méthode 3L.

Enfin, le Management Qualité doit être mesuré. Pour ce faire, il faut être capable de mesurer le degré de satisfaction des besoins de chacun des trois acteurs de la triade : les

actionnaires, les clients et les personnels dans la satisfaction des besoins de chacun des trois acteurs de la triade : les actionnaires, les clients et les personnels de l'entreprise [ 3 ].

## VI.1. AUDIT DU MARAIS MASAY :

Il s'agit d'auditer le bien être collectif. Le collectif serait assimilé à la triade : investisseurs – employés – consommateurs selon Kèlada J. Les entrepreneurs déversent leurs eaux usées dans le marais ; les employés sont les gens qui travaillent pour ces entrepreneurs ; la population riveraine et en aval sont les consommateurs.

SUJETS	REponses	ECART/COMMENTAIRES
<u>Investisseurs et Entrepreneurs :</u> - <u>Investissement de 34 Milliards de Fmg</u>	* les infrastructures relatives à l'investissement ont été relevées. * la rentabilité de l'investissement est traduite par le volume de trafic desservant la rocade et par la population utilisant le site comme lieu de promenade et de détente.	* Ceci traduit également que le projet a été achevé. * C'est un projet social, et la rentabilité serait traduite par un TRI autour de 15%.
<u>Les employés d'entreprises :</u> - aisance de travail dans ces entreprises sources de pollutions	* les entreprises continuent à fonctionner	* il serait envisagé que ni la pollution ni les mesures d'atténuations de la pollution n'auront d'impact sur la motivation de ces employés.
<u>Population riveraine et en aval :</u> - qualité de l'eau	* la population riveraine n'utilise pas l'eau du marais. Dans ce cas, la qualité de l'eau n'a pas d'impact sur elle	* puisqu'il y a écart par rapport à la norme (eau potable / eau pollué), la population est exposée aux risques

<p>- qualité de l'air</p> <p>- coût de l'eau</p>	<p>* la population en aval en est utilisateur et rencontre un problème de pollution de l'eau</p> <p>* la population en aval n'en a pas de problème particulier</p> <p>* à terme la population riveraine en subira une pollution atmosphérique avec la croissance de la densité</p> <p>* pratiquement aucun incident sur la population riveraine</p> <p>* revient cher sur la population en aval du fait que la pollution leur oblige à chercher de l'eau plus loin du lieu habituel</p>	<p>* l'écart va nécessiter un investissement coûteux permettant de réparer les préjudices de la population</p> <p>* des mesures d'atténuation d'impact devraient être envisagées pour rendre aisée la vie de la population en aval. En d'autres termes il serait souhaitable de ramener la situation à l'initiale.</p>
--	---	--

**Tableau N° 20 : Tableau d'audit du Marais Masay**

## VI.2. ANALYSE DU RISQUE:

On peut définir le risque comme la probabilité de diverger de façon significative par rapport au plan original du projet [40].

### • Identification et quantification du risque :

Le risque afférent au projet Marais Masay concerne la probabilité de ne pas satisfaire :

- au budget prévisionnel
- aux bénéfices escomptés
- à la possibilité d'implantation des unités de traitement des rejets industriels
- à l'efficacité des campagnes de sensibilisation des riverains sur l'utilisation des fosses septiques et sur la qualité des rejets domestiques dans le marais
- à la qualité des eaux du marais après projet
- au bon fonctionnement de la structure de gestion à mettre en place.

La gestion du risque de ce projet doit comprendre les étapes de planification, d'organisation, de réalisation et de contrôle.

Nous nous permettons de classer le projet Marais Masay comme un projet à moyenne taille en supposant qu'il s'agit d'un projet compris entre 2 et 10 années-personnes. Ainsi le niveau de risque maximal est supposé égal à 45%.

- **Evaluation de l'acceptabilité du risque :**

C'est l'organisation qui décide si le risque est acceptable après évaluation. Donc le début du projet est conditionné par trois critères :

- l'acceptabilité du risque du projet
- la mise en place des moyens pouvant diminuer le risque
- les résultats de l'analyse avantage-coût

- \* **Identification des moyens de contrôle du risque :**

L'identification des moyens de contrôle se fait en deux étapes : étape de diminution des risques et étape de contrôle des risques.

Etape de diminution du risque :

On peut diminuer le risque en fragmentant le projet en un certain nombre de sous-projets qui sont :

- projet d'implantation d'unités de traitement d'eaux usées
- projet d'aménagement des infrastructures de loisirs
- projet d'élaboration de la structure de gestion du site
- projet de sensibilisation des pollueurs concernés.

On peut également réduire le nombre fonctions à supporter ou le nombre de transactions

Etape de contrôle des risques :

Situons d'abord le projet par projection tridimensionnelle du risque selon les trois grands domaines du risque :

- structure : risque élevé car la structure fait intervenir plusieurs domaines de spécialité : environnement, génie civil, tourisme, génie de l'eau, écologie.
- Technologie : risque faible car on n'a besoin ni d'un outil informatique puissant pour monter le projet ni d'un contrôle informatisé car la quantité de variable n'est pas très grande.

- Envergure relativement élevée car en comparant avec les autres projets de financement extérieur menés à Madagascar, le projet Marais Masay peut être considéré d'une grande envergure du point de vue risque et car c'est un projet à caractère particulier faisant intervenir des externalités.

Finalement, en projetant les niveaux de risque de ces trois domaines sur un système tridimensionnel, on peut conclure que le niveau de risque selon l'importance du moyen de contrôle est moyen.

### **VI.3. ANALYSE SWOT**

#### Analyse SWOT relative à la prise en charge par la CUA de la gestion du Marais Masay

L'analyse "Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats" ou "SWOT" est l'appellation anglo-saxon de l'analyse « Forces – Faiblesses – Opportunités – Menaces » ou FFOM. Elle concerne l'analyse d'un projet par rapport à lui-même et par rapport au milieu extérieur.

Par rapport à lui-même, les forces et faiblesses du projet sont inventoriées et classées par degré d'importance. Les forces sont les atouts du projet lui permettant d'atteindre ses objectifs et les faiblesses sont les handicaps du projet. Et par rapport au milieu extérieur, les opportunités et menaces du projet sont hiérarchisées. Les opportunités sont des circonstances qui peuvent faciliter le développement du projet ; tandis que les menaces sont des facteurs pouvant porter atteinte à la finalité du projet.

L'analyse SWOT doit commencer par l'analyse du contexte du projet. Ensuite, ce dernier sera délimité en fonction de ses objectifs de ses extrants et de ses intrants. Et des séances de brain storming permettront de dégager les forces – faiblesses - opportunités – menaces du projet.

STRENGTHS (forces)	WEAKNESSES (faiblesses)
1-autorité évidente 2-synergie parfaite avec le gouvernement	1-manque de techniciens en la matière 2-manque de vision sur le long terme 3-habitude de s'atteler à des affaires courantes qu'à des affaires stratégiques 4-manque de sensibilisation interne en terme de pollution
OPPORTUNITIES (opportunités)	THREATS (menaces)
1-crédibilité de la CUA au niveau local, régional et mondial 2-opérationnalité : AGETIPA , APIPA, SAMVA	1-inertie de la population 2-chantage des entreprises (menace de fermeture)

**Tableau N° 21 : Tableau de l'analyse SWOT de la CUA**

La position actuelle de la CUA, comme étant une autorité évidente et en symbiose avec le gouvernement et quelques entreprises d'infrastructures publiques, lui permettrait d'initier un plan cadre pour le Management Qualité des rejets domestiques et industriels. En fait, hiérarchiquement chaque composante pourrait soutirer son bénéfice. Comme il s'agit d'une opération économique que l'Etat devrait s'en dégager, la gestion devrait revenir à un organisme autonome de type AGETIPA ou APIPA.

En conclusion, on peut dire que le phénomène est comparable à un système de marché.

Un système de marché fonctionnant correctement est un outil efficace pour répartir les ressources en fonction des besoins des consommateurs. Si les consommateurs et les producteurs arrivent à maximiser leur propre satisfaction, les ressources disponibles se répartiront d'une manière à maximiser le bien-être collectif. La gestion du Marais Masay devrait tenir compte de cette maximisation du bien-être collectif si on voudrait bien avoir une gestion saine et rationnelle.

Effectivement, si l'Etat a investi un montant de trente quatre milliards de fmg pour l'aménagement du Marais Masay dans le but non seulement d'écarter les crues

provenant de deux bassins versants importants mais aussi de relier par une rocade la RN3 avec la route des hydrocarbures et d'avoir un aménagement paysager en bordure du marais ; d'alors, l'environnement devrait être protégé.

La pollution des eaux du Marais Masay est un exemple classique de « déséconomies externes technologiques ». En effet, les rejets domestiques et industriels dans le marais ne coûtent presque rien pour les pollueurs d'amont ; et pour le moment la municipalité « autorise » pratiquement le déversement des eaux usées dans le marais. Mais les eaux du Marais Masay déversent dans l'Andriantany et ce dernier dans la Mamba, affluent de l'Ikopa. Les utilisateurs d'aval ou future utilisateurs s'il n'en existe pas encore vont engager plus de dépenses qu'il faut pour éviter la pollution de la rivière Ikopa.

Prenons l'exemple d'une agglomération rurale qui utilise l'eau de la rivière Ikopa comme eau potable. Dans le cas où les paysans attrape des maladies d'origine hydriques, les soins médicaux vont leur coûter cher vu leur pouvoir d'achat relativement bas. Dans le futur il peut y avoir d'autres activités comme la pêche, l'adduction d'eau ou l'irrigation par exemple en aval. Les coûts de traitement des eaux seraient plus élevés que les dépenses à engager pour éviter la pollution de la rivière. Même si les moyens techniques modernes de traitement des eaux usées existent, ils sont encore chers et le meilleur moyen de lutter contre la pollution est la prévention par des réglementations adéquates.

Les riverains et les gens qui utilisent le site comme lieu de promenade ou de détente devraient être satisfaits de l'environnement du marais notamment les utilisateurs d'aval de l'effluent du marais et c'est ainsi que la gestion de ce dernier devrait être basée sur un approche stratégique.

## RECOMMANDATIONS

Aux apports solides venant de l'érosion accélérée des bassins versants tributaires du marais s'ajoutent les matières organiques décantables et les résidus minéralisés de l'épuration bactérienne sous forme de sels nutritifs des plantes (azote, phosphore, carbone). La sédimentation est plus accélérée dans le bassin sud dans lequel débouche le bassin versant de la vallée de l'Est qui est la principale source de pollution du Marais Masay. Le bassin nord est moins pollué en charge organique car il est plus ou moins à l'abri de des pollutions venant de la troisième vallée par l'existence d'un étang directement en son amont qui mesure à peu près 60 ha et qui joue un rôle de bassin de prétraitement et d'amortisseur de crue. Même cas pour le bassin sud qui a un certain degré de pouvoir auto épurateur, et que l'écoulement est en général du sud vers le nord.

Donc pour limiter le degré de pollution des eaux, nos recommandations reposent sur quelques variantes :

### VARIANTE 1 :

Le bassin sud peut jouer le rôle de bassin de lagunage. Le lagunage peut bien être non aéré et ce type de traitement s'adapte bien au climat tropical car la lumière est suffisante pour pouvoir pénétrer dans l'eau à cause de la faible profondeur et que la température de l'air est aux environs de 20°C en général, favorisant ainsi l'épuration biologique. En effet lorsque la profondeur d'eau est faible (1,5 m au maximum pour le Marais Masay) la photosynthèse favorise le développement des algues au fond et fournissant ainsi de l'oxygène nécessaire aux bactéries pour détruire la pollution organique. Tant qu'il n'y a pas d'orage, on peut isoler le bassin nord du bassin sud et les rejets domestiques de la vallée de l'Est séjournent pendant quelques jours dans le bassin sud avant de rejoindre l'exutoire sud au niveau de Midi Madagascar et qui est constitué par 2 buses de diamètre 800 mm munies de clapet anti-retour. Les vannes de ces dalots ne seraient ouvertes que lors d'un passage de crue provenant de la vallée de l'Est pour que l'écêtement de la crue soit effectif. Le lagunage est une épuration naturelle : les microorganismes bactériens utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour détruire la pollution organique. L'eau étant très polluée, la lumière ne peut pas bien pénétrer jusqu'au fond et la photosynthèse ne peut pas fournir tout l'oxygène nécessaire à l'épuration aérobie.

Dans ce cas il y a lieu au niveau des boues qui se déposent au fond du lac une épuration anaérobie qui est la source de dégagement d'odeur nauséabonde (dégagement de gaz H<sub>2</sub>S).

En ce qui concerne les rejets industriels, un prétraitement serait indispensable. Dans le rapport d'étude de pré traitement des rejets industriels dans le Marais Masay, le groupement SOGREAHSOMEAH propose des unités de traitement propres pour chaque usine industrielle. La faisabilité économique d'un tel projet dépend de la possibilité de chaque établissement. Et pour réduire le coût total des installations, nous proposons de regrouper un certain nombre d'industries selon sa situation géographique et le type de rejets. Dans ce cas, trois unités de traitement devraient être montées selon l'emplacement géographique des industries. Ainsi, chaque groupe d'industries aura une unité de pré traitement commune implanté à proximité de l'ensemble selon les possibilités offertes par le site. Dans la plupart des cas, ce pré traitement concerne le dégrillage pour arrêter les corps flottants de grande dimension, le déshuileur pour séparer l'huile et les hydrocarbures de l'eau, et le décanteur pour diminuer les charges en matières en suspension. Quelquefois un rajout de produit chimique est nécessaire pour neutraliser l'eau dans le cas d'un PH hors norme. Dans ce cas, le réseau d'eaux pluviales et le réseau d'eaux usées seront séparés pour éviter d'éventuels débordements en cas d'orage.

#### VARIANTE 2 :

Le bassin Sud -Sud qui n'est pas encore aménagé peut être utilisé comme bassin de lagunage dont le rôle et le fonctionnement sont les mêmes que ceux de la première variante. Les deux buses de l'exutoire Sud peuvent être utilisées pour évacuer les débits de ce bassin et dans ce cas les deux bassins Nord et Sud du marais jouent uniquement le rôle d'écrêteur de crue avec pour exutoire les six buses de diamètre 800 mm au Nord du marais. Dans ce cas le bassin Sud – Sud peut être totalement isolé des deux autres bassins de laminage et ces derniers ne sont plus sujets de rejets domestiques et industriels. Ainsi, on peut maximiser la satisfaction de la population par l'instauration d'un club nautique ou autre centre de loisirs dans les aires des aménagements paysagers. On peut également instaurer l'activité de pêche tout en déviant les eaux usées domestiques des riverains du bassin Nord vers le bassin de lagunage. Les recettes obtenues par ces activités peuvent être utilisées pour renforcer le budget alloué pour les dépenses en dragages systématiques, opérations qui

coûtent cher. Les matériaux de dragage peuvent également être mis en valeur comme produits d'engrais.

L'inconvénient du lagunage est l'effet des dégradations anaérobies qui polluent l'air par le dégagement de mauvaise odeur surtout pour les habitations et centres commerciaux se trouvant à proximité du bassin Sud - Sud.

Dans ces deux cas, le projet devrait négocier auprès de l'Etat Malagasy de bénéficier 25% des avantages générés par la rocade

Le projet devrait convaincre l'Etat d'être crédité des 25% des avantages créés par l'installation de trois unités de traitements d'eaux polluées.

La source des avantages du projet devrait s'appuyer sur le complexe la rocade et sur le projet d'un complexe de loisirs pour atténuer la dépendance vis-à-vis des entités pollueurs.

### VARIANTE 3 :

On peut aussi envisager un réseau séparatif pour l'assainissement des quartiers se trouvant dans le bassin versant de la vallée de l'Est et celui de la vallée Masay et les eaux usées domestiques et les rejets industriels de toutes les usines se trouvant à proximité du site seront traitées dans une seule station d'épuration qui sera installée dans le bassin Sud – Sud ou sur un autre endroit au bord du marais. Dans ce cas le Marais Masay peut jouer son propre rôle de bassin de laminage de crue et le site étant à l'abri de toute pollution, peut être exploité et géré rationnellement pour pouvoir en tirer le maximum de profit. Une telle solution est à moyen ou à long terme car le pouvoir d'achat de la population pour le moment ne permet pas le branchement à un collecteur séparatif.

Sur le plan national, chaque commune devrait avoir un plan de veille, de suivi et de gestion des rejets domestiques et industriels. Les actions afférentes à un tel plan devraient être opérationnelles et que chaque commune ait son autonomie budgétaire et gestion mais sous tutelle d'un organe de conseil national compétent en la matière.

La pollution est une affaire internationale et les projets concernant les rejets d'eaux usées, leur gestion et leur traitement devraient être en partenariat avec des bailleurs ad hoc. L'éducation et la sensibilisation de la population urbaine et rurale sont inévitables pour avoir un rendement effectif. La recherche dans ce domaine est également d'une grande importance pour l'évaluation et le suivi de l'évolution du degré de pollution dans l'espace et dans le temps. A cet effet, il s'avère nécessaire d'envisager un partenariat avec les centres des recherches spécialisés ou avec des universités. A ce propos les problèmes spécifiques à notre pays sont en priorité pour la recherche de solution adéquate.

## CONCLUSION

L'aménagement a apporté un changement notable sur le plan urbanisme et aménagement paysager de la ville d'Antananarivo. Sur le plan technique et social, ce projet a induit beaucoup d'impacts que ce soit positifs ou négatifs. Les impacts positifs se focalisent sur les avantages économiques engendrés par la présence de la rocade et tout ce qui est effet induit (amélioration de l'habitat, de la circulation,...), tandis que les impacts négatifs concernent particulièrement du site et celle des contenus biologiques des eaux du marais. Cette thèse a apporté sa contribution effective sur une nouvelle vision physique de la répartition des matières en suspension du marais à travers la modélisation du transfert supporté par les outils de la méthode des éléments finis et matlab. Effectivement le suivi de la migration de la pollution et l'étude rationnelle des solutions à entreprendre doit tenir compte dorénavant de ce modèle mathématique. La possibilité de travailler avec des unités de recyclage par panneaux se révèle à être une solution la plus recommandée pour accompagner les unités industrielles présentes autour du lac actuellement, tout en laissant une coudée franche à tout moment sur l'extension du nombre d'unités industrielles autour du marais et de son voisinage à moyen et à long terme. Le scénario stable et idéal serait d'avoir trois unités de recyclage à capacité flexible. Jusqu'à présent, chaque « entreprise pollueur » doit faire un engagement pour la création d'une unité de recyclage. La question qui se pose serait donc l'effet de masse en rassemblant ces unités de recyclage dans un même panneau.

Le concept de l'externalité facilite la vision économique d'un tel projet. Toutefois, il faut caler avec des données précises les calculs à effectuer pour faire refléter non seulement les coûts et avantages des opérateurs mais aussi ceux de cette population cible condamnée à être silencieuse.

En effet, avec les simulations faites dans le calcul du TRIE, une optimisation du bien être collectif de tous les acteurs n'est pas un vain mot pour pérenniser les résultats attendus à moyen et à long terme. Toutefois, laissons venir la gestion efficace de ce Marais Masay pour voir si nous avons les moyens de maîtriser les phénomènes de pollution à travers le temps dans le cadre d'une demande de management qualité avec les compétences nécessaires. Un TRIE autour de 20% nous laisse optimiste sur la pérennisation de la gestion du site Marais Masay et d'entrevoir la possibilité d'application des outils d'ingénierie constitué lors de cette étude à d'autres lacs ou marais présentant des difficultés environnementales.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- J. BORMANS. Analyse des Eaux Résiduaires Industrielles  
Receuil des conférences  
Editions Eyrolles - Edition Cebedoc 1974
  
- 1- C. GOMELLA et M GUERREE . Les eaux usées dans les agglomérations urbaines  
ou rurales ; T2 (le traitement)  
Eyrolles 1982
  
- 3- MM. GUERREE ; GOMELLA et BALETTE. Pratique de l'assainissement des  
des agglomérations urbaines et rurales  
Eyrolles Paris 1970
  
- 4- A. V. KNEESE. Economie et Gestion de la qualité des eaux  
Dunod Paris 1967
  
- 5- Association Nationale de la Recherche Technique – Collection de l'A.N.R.T.  
Lutte contre la pollution des eaux – recherches actuelles.  
Eyrolles – Gauthier – Villars 1971
  
- 6- Jean BONTOUX. Introduction à l'étude des eaux douces. Eaux naturelles, eaux usées,  
eaux de boisson  
Edition Cebedoc. Liège 1983
  
- 7- M. A. GAMRASNI. Association Française pour l'Etude des Eaux - AFEE  
Utilisation énergétique des boues et déchets. Etude technique de synthèse.  
Paris 1984
  
- 8- P. PESSON. La pollution des eaux continentales  
Gauthiers – Villars Editeur
  
- 9- François RAMADE. Eléments d'écologie ; écologie appliquée 5è édition.

Ediscience internationale 1995

- 10- F. EDELIN. Epuration biologique des eaux résiduaires  
Edition Cebedoc s.p.r.l. Belgique
- 11- M. Hussain. Méthode des éléments finis. 1<sup>ère</sup> partie et 2<sup>ème</sup> partie  
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Département Génie Civil  
3<sup>ème</sup> cycle d'études. Décembre 1978
- 12- M. LAKEHAL. Méthode des éléments finis en magnétoélastiques  
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
- 13- Gouri DHATT – Gilbert TOUZOT  
Une présentation de la méthode des éléments finis  
Collection Université de Compeigne. 2<sup>ème</sup> édition – Paris 1984
- 14- G. MARCHOUK – V. AGOCHKOV. Introduction aux méthodes des éléments finis  
Traduit du Russe. Edition Mir Moscou 1981
- 15- Pierre - Arnaud RAVIART. Les méthodes d'éléments finis en mécanique des  
fluides. Collection de la Direction des Etudes et de Recherches d'Electricité  
de  
France. Edition Eyrolles Paris 1981
- 15- R. H. GALLAGHER ; J. T. ODEN; C. TAYLOR; O. C. ZIENKIEWICZ  
John Wiley & Sons  
Finite Elements in Fluids; volume 1 – viscous flow and hydrodynamics  
Chichester – New York – Brisbane – Toronto. 1978
- 16- Michel HUG. Mécanique des fluides Appliquée aux Problèmes d'Aménagement et  
Energétiques  
Eyrolles 1975
- 17- J. C. LEBRETON. Dynamique fluviale. Collection de la Direction des Etudes et  
Recherches d'Electricité de France

Eyrolles Paris 1974

- 18- H. N. C. BREUSERS ; A. J. RAUDKIVI. Scouring  
Hydraulic structures design manual  
Association Internationale de Recherches Hydrauliques  
A. A. Malkema / Rotterdam / Brookfield / 1991
- 19- Pierre CHAPERON ; Joël DANLOUX ; Luc FERRY. Fleuves et rivières de  
Madagascar  
Edition ORSTOM, DMH, CNRE - Paris 1993
- 20- E. D. F. Direction des Etudes et Recherches. Département Laboratoire  
d'Hydraulique. Aménagement de la Plaine d'Antananarivo à Madagascar.  
Rapport N°4 - Phase 3.
- 21- Louis DURET. Estimation des débits de crues à Madagascar. 1976
- 22- Chintu LAI. Numerical Modeling of Unsteady Open – Channel Flow  
US Geological Survey National Center  
Reston, Virginia.
- 23- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville - BPPA  
Etude du Val d'inondation rive gauche de l'Ikopa (3 volumes)  
SOGREAH SOMEAH 2000
- 23- Ministère des Transports, des Travaux Publics et de l'Aménagement du territoire  
BPPAR – Supervision des Travaux d'Aménagement du Marais Masay  
Manuel de Gestion et d'Entretien des infrastructures.  
BRL Ingénierie - BRL Madagascar. 2004
- 24- Bureau du Projet de Développement de la Plaine d'Antananarivo  
Etude d'Urbanisation de la Partie de la Plaine Nord Déclarée Urbanisable  
Notes d'expertise Hydraulique ; BCEOM - Mai 1999

- 25- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville - BPPA  
Avant Projet Sommaire d'Aménagement du Marais Masay  
BCEOM - INFRAMAD - JARY. 2000
- 26- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Ville - BPPA  
Avant Projet Détaillé d'Aménagement du Marais Masay  
BCEOM - INFRAMAD - JARY. 2000
- 27- W. S. Merritt ; R. A. Letcher; A. J. Jakeman.  
A review of erosion and sediment transport models. Elsevier 2000
- 28- BPPAR. Etude de pré traitement des rejets industriels dans le Marais Masay de la  
Plaine d'Antananarivo. SOGREAH SOMEAH - 2004
- 29- Mohand MOKHTARI. Matlab 5.2 5.3 et Simulink 2 et 3 pour les Etudiants et  
Ingénieurs. Springer - 2000
- 30- HOFFHER, GLEN D. and NADIER G - Breakthrough Thinking in Total Quality  
Management, Englewood Cliffs. N.J. Prentice Hall, 1993
- 31- JANET W. - Quality Assurance Methodology, Industrial Management and Data  
systems; Volume 90, N°7, 1990, page 21 – 23
- 32- KELADA J. - Qualité Totale : amélioration continue et reengineering,  
Edition Quafec, 2000 ; 475 pages
- 33- LACAZE C. - La Méthode 3L, 1<sup>ère</sup> édition, Borel et Féraud, 1995, 93 pages
- 34- RAVELOSON E. – Méthodologie de la Gestion de projet dans les pays en  
développement. Application de la méthode du Cadre Logique. Champs d'étude :  
Madagascar ; Thèse de Doctorat d'Etat en Ingénierie de Projet ; Université de Droit,  
d'Economie et des Sciences d'Aix Marseille III ; 1998, 246 pages

- 35- YOSHINABU N. - Les outils de Management Qualité, Qualité Magazine, Octobre Novembre 1990 ; page 25 - 30
- 36- LE MOIGNE J.A. – La modélisation des systèmes complexes, Afact Systems, Collection Bordas, 1990 ; 171 pages
- 37- LITTLE J.A. Manuel d'analyse des Projets Industriels dans les Pays En Développement, vol II, page 254 – 269 ; Centre de Développement de l'OCDE, 1969
- 38- SQUIRE L. , VAN DER TAK. L'analyse Economique des projets, Publication de la Banque Mondiale par Economoca – Paris, 1975, 157 pages
- 39- J.B. LESOURD – Gestion de l'environnement : fondements économiques – applications – Etudes de cas. Université de Genève ; série de publications du CUEPE N° 53 ; 1993
- 40- Denis BISTODEAU – La gestion du risque en développement de systèmes. Systèmes d'informations guide - Publication du Québec.
- 41- H. RASOLOMANANA – Chimie appliquée à l'environnement, Université , ESPA, d'Antananarivo, DEA en Génie Chimique
- 42- J. P. BELICAR – CERAM ; Contribution à une méthodologie d'approche risque pour les projets internationaux. Actes de la 10<sup>e</sup> Convention Nationale du Management des Projets. AFITEP 1994
- 43- ONU POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL – Guide pratique pour l'examen des projets. Analyse du coût-utilité du point de vue de la collectivité dans les pays en développement. Série : formulation et évaluation des projets, N°3. New York, 1979.
- 44- ORSTOM – RAMSE – CNRE ; Recueil des méthodes d'analyse de la qualité de l'eau : eaux naturelles – eaux résiduaires – eaux de consommation ; A. collin, Novembre 1995

# **A N N E X E S**

**ANNEXE I**

**RESULTATS D'ANALYSES**

**AVANT L'AMENAGEMENT DU MARAIS MASAY**

JI. RA. MA  
DEXO/DLO  
SPCO

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

A la demande de la Société B.C.E.O.M. (INFRAMAD)

	N°1 déboché vallée de l'Ed	N°2 déboché vallée Masay	N°3 canal Masay	N°4 Q. Andriantany Amont	N°5 C. Andriantany Aval.
D/B/O <sub>5</sub> mg/l	19	7	13	19	12
NO <sub>3</sub> -	0,29	0,35	0,39	0,76	0,36
PO <sub>4</sub> --	3,80	0,12	2,32	0,86	1,70

Antananarivo, le 14 SEPTEMBRE 1999

Le Chef de Laboratoire, *RSZ*

  
ANDRIAMBOLOLONA Jacques



JI.RA.MA.  
DIRECTION EXPLOITATION EAU  
DEPARTEMENT LABORATOIRE EAU

RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE  
D'EAUX RESIDUAIRES (MASAY)

A la demande : INFRAMAD  
Suivent : BC N° 1212 du 23.06.00  
Date de reception au Laboratoire : 23.06.00  
Date des analyses : 23.06.00

Paramètres	D.B.O <sub>5</sub> mg/l	Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	Phosphates PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l
Echantillons			
Débouchée vallée de l'Est	40	2,87	11
Débouchée vallée Masay	30	0,80	9
Canal Masay	17	0,61	10
Canal Andriantany amont	30	0,24	9
Canal Andriantany aval	26	0,53	9
Canal Amboditsiry	39	1,78	9

Antananarivo, le 28 JUN 2000

*HBY*

RAEETOKOTANY Monique



# JIRAMA

## JIRO SY RANO MALAGASY

DIRECTION : 149, LALANA RAINANDRIAMAMPANDRY - TANANARIVE - BOITE POSTALE 200

### LABORATOIRE DU SERVICE DES EAUX

## ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE N° 143/LAB/BACT/SBOT

Résultat des analyses effectuées à la demande .....  
de : BCEOM Behoririka Antananarivo .....  
sur échantillon d'eau prélevé le 06.09.99 .....  
à N°1 Débouché vallée de l'Est .....  
par BCEOM .....  
et reçu au laboratoire le 06.09.99 .....

— **Dénombrement total**

- a) Nombre de germes cultivant en 48 h à 37° .....  
b) Nombre de germes cultivant en 72 h à 20° .....

— **Recherche des germes test de contamination fécale.**

- a) Escherichia coli .....  
b) Coliformes .....  
c) Streptocoques fécaux .....  
d) Clostridium sulfito-réducteurs .....

-	par ml
-	par ml
$8.6 \times 10^3$	par 100 ml
$8.8 \times 10^3$	par 100 ml
$4.34 \times 10^2$	par 100 ml
g.gaz og ène	par 100 ml

**CONCLUSIONS :**

EAU NON POTABLE Eau très polluée en germes test de contamination fécale.

Légende

g.gaz og ène = germe gaz og ène.

Le CHEF de LABORATOIRE, *pc*

*Randria*  
RANDRIA Roger Rodolphe

# JIRAMA

## JIRO SY RANO MALAGASY

DIRECTION : 149, LALANA RAINANDRIAMAMPANDRY - TANANARIVE - BOITE POSTALE 200

### LABORATOIRE DU SERVICE DES EAUX

## ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE N° 144/LAB/BACT/SBOT

Résultat des analyses effectuées à la demande.....  
de : B.C.E.D.M. Behoririka Antananarivo  
sur échantillon d'eau prélevé le 06.09.99  
à N°2 Débouché Masay  
par B.C.E.D.M.  
et reçu au laboratoire le 06.09.99

— **Dénombrement total**

- a) Nombre de germes cultivant en 48 h à 37° ..... - ..... par ml  
b) Nombre de germes cultivant en 72 h à 20° ..... - ..... par ml

— **Recherche des germes test de contamination fécale.**

- a) Escherichia coli .....  $2.0 \times 10^2$  par 100 ml  
b) Coliformes .....  $2.6 \times 10^2$  par 100 ml  
c) Streptocoques fécaux .....  $11 \times 10^2$  par 100 ml  
d) Clostridium sulfito-réducteurs ..... g.gaz og ène 100 ml

**CONCLUSIONS :**

EAU NON POTABLE. Eau très polluée en germes test de contamination fécale.

Légende

g.gaz og ène = germe gaz og ène.

Le CHEF de LABORATOIRE, *po*

*Randria*  
RANDRIA Roger Rodolphe

# JIRAMA

## JIRO SY RANO MALAGASY

DIRECTION : 149, LALANA RAINANDRIAMAMPANDRY - TANANARIVE - BOITE POSTALE 200

### LABORATOIRE DU SERVICE DES EAUX

#### ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE N° 145/LAB/BACT/SBOT

Résultat des analyses effectuées à la demande \_\_\_\_\_  
de : B.C.E.O.M Behoririka Antananarivo  
sur échantillon d'eau prélevé le 06.09.99  
à N°3 Canal Masay 100m en amont du régulateur.  
par B.C.E.O.M.  
et reçu au laboratoire le 06.09.99

— **Dénombrement total**

- a) Nombre de germes cultivant en 48 h à 37° \_\_\_\_\_ - par ml  
b) Nombre de germes cultivant en 72 h à 20° \_\_\_\_\_ - par ml

— **Recherche des germes test de contamination fécale.**

- a) Escherichia coli \_\_\_\_\_  $394 \times 10^2$  par 100 ml  
b) Coliformes \_\_\_\_\_  $992 \times 10^2$  par 100 ml  
c) Streptocoques fécaux \_\_\_\_\_  $54 \times 10^2$  par 100 ml  
d) Clostridium sulfito-réducteurs \_\_\_\_\_  $g.g.az.og.è.p.$  par 100 ml

**CONCLUSIONS :**

EAU NON POTABLE. Eau très polluée en germes test de  
contamination fécale.

Légende

g.g.az.og.ène = germe gaz og ène

Le CHEF de LABORATOIRE, fo

  
RANDRIA Roger Rodolphe

# JIRAMA

## JIRO SY RANO MALAGASY

DIRECTION : 149, LALANA RAINANDRIAMAMPANDRY - TANANARIVE - BOITE POSTALE 200

### LABORATOIRE DU SERVICE DES EAUX

#### ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE N° 146/LAB/BACT/SBOT

Résultat des analyses effectuées à la demande.....  
de : B.C.E.O.M Behoririka Antananarivo  
sur échantillon d'eau prélevé le 06.09.99  
à N°4 Canal Andriantany 200m en amont du débouché  
par B.C.E.O.M.  
et reçu au laboratoire le 06.09.99

— **Dénombrement total**

- a) Nombre de germes cultivant en 48 h à 37° ..... par ml  
b) Nombre de germes cultivant en 72 h à 20° ..... par ml

— **Recherche des germes test de contamination fécale.**

- a) Escherichia coli .....  $328 \times 10^2$  par 100 ml  
b) Coliformes .....  $598 \times 10^2$  par 100 ml  
c) Streptocoques fécaux .....  $44 \times 10^2$  par 100 ml  
d) Clostridium sulfito-réducteurs ..... g.gaz og èpø 100 ml

**CONCLUSIONS :**

EAU NON POTABLE. Eau très polluée en germes test de contamination fécale.

g.gaz og ène = germe gaz og ène

Le CHEF de LABORATOIRE, fo

RANDRIA Roger Rodolphe

# JIRAMA

## JIRO SY RANO MALAGASY

DIRECTION : 149, LALANA RAINANDRIAMAMPANDRY - TANANARIVE - BOITE POSTALE 200

### LABORATOIRE DU SERVICE DES EAUX

## ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE N° 147/LAB/BACT/SBOT

Résultat des analyses effectuées à la demande .....  
de : B.C.E.O.M. Behoririka Antananarivo  
sur échantillon d'eau prélevé le 06.09.99  
à N°5 Canal Andriantany 200m en aval du débouché  
par B.C.E.O.M  
et reçu au laboratoire le 06.09.99

— **Dénombrement total**

- a) Nombre de germes cultivant en 48 h à 37° ..... par ml  
b) Nombre de germes cultivant en 72 h à 20° ..... par ml

— **Recherche des germes test de contamination fécale.**

- a) Escherichia coli .....  $212 \times 10^2$  par 100 ml  
b) Coliformes .....  $336 \times 10^2$  par 100 ml  
c) Streptocoques fécaux .....  $86 \times 10^2$  par 100 ml  
d) Clostridium sulfito-réducteurs .....  $g$  gaz/m<sup>3</sup> par 100 ml

**CONCLUSIONS :**

EAU NON POTABLE. Eau très polluée en germes test de  
contamination fécale.

Légende

g.gaz ogène = germe gaz ogène.

Le CHEF de LABORATOIRE, *fo*

RANDRIA Roger Rodolphe

LISTE DES USINES ET ATELIERS ARTISANAUX  
SUSCEPTIBLES DE POLLUER LE MARAIS MASAY

-----

1. INTERKERN : Usine de production de :
- . Insecticides
  - . Matières plastiques
  - . Produits vétérinaires
  - . Produits alimentaires (acide phosphorique, acide nitrique, potassium ...)
  - . Produit colorant, détergent.
2. SUPERMARCHE ZOOM
3. HYPERMARCHE JUMBO SCORE (en voie de construction)
4. FLOREAL : Usine de confection de tricot
5. PROFILAGE : Distribution des tôles galvanisées
6. CODIREX-CITROËN : Service après-vente, maintenance automobile
7. SODEAMA : Usine de production de rhum
8. SDS : Dépôt de sucre, sel, ...
9. SODERIM : Distribution de savon, batterie, ...
10. PRODUIT TAF : Usine de production de café en poudre
11. MIDI MADAGASCAR : Production de journal
12. COMADIS : Usine de production de rhum
13. SIPED : Usine de fabrication de piles
14. ATELEMEC : Atelier de mécanique auto, maintenance
15. CENTER POINT : Magasin de vente de batterie
- M. Petit garage mécanique automobile
- Ba. Réparation et charge batterie
- F. Réparation et fabrication artisanale de garniture de frein
- S. Atelier de soudure autogène
- Ca. Atelier de réparation de carburateur
- Bo. Atelier bois
- R. Atelier de réparation radiateur

ANALYSE DES ECHANTILLON DESEDIMENT

A Echantillon du bassin sud

E Echantillon du bassin nord

C Echantillon dans le canal Masay

$$1 \text{ ppm} = 10^{-6} \text{ g/g d'échantillon}$$

NB : - Les valeurs de référence (normes) ne sont pas disponibles à l'INSTN pour le degré de pollution des sols

- Le bassin sud est plus pollué par proximité des usines et ateliers artisanaux



Ministère de l'Enseignement Supérieur

**Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires  
I.N.S.T.N. Madagascar**

*"Le Nucléaire pour la Paix, la Protection de l'Environnement et le Développement Durable."*

Directeur Général: **RAELINA ANDRIAMBOLOLONA**  
Professeur Titulaire de classe exceptionnelle

Your Ref:

Our Ref: INSTN/DG/RAP/XRF/99/11/19/ 32

Antananarivo, le 19 novembre 1999

**RAPPORT D'ANALYSE**

**Client** : INFRAMAD  
**Tél. et Fax.** : 22 287 61 / 22 237 03  
**Adresse** : Rue Dr. Rasamimanana, Behoririka - BP 677 Antananarivo  
**Lieu de prélèvement** :  
**Produit prélevé** : Eaux résiduaires, apportées dans des recipients plastiques.  
**Nombre d'échantillons** : Trois (03) échantillons de 1,5l  
**Date d'arrivée** : 17 novembre 1999  
**Prélèvement effectué par** :  
**Date de prélèvement** :  
**Echantillon apporté par** : M. RAKOTO David  
**Service demandé** : Détermination quantitative des éléments, en particuliers des métaux lourds.  
**Technique d'analyse utilisée** : Fluorescence X à réflexion totale.

**1. Conclusion.**

Echantillon n°2 : La concentration de tous les éléments est conforme aux normes sur la qualité des eaux résiduaires.

Echantillon n°3 : La concentration de tous les éléments est non conforme aux normes sur la qualité des eaux résiduaires à l'exception de l'arsenic et du zinc.

Echantillon n°5 : La concentration de tous les éléments est non conforme aux normes sur la qualité des eaux résiduaires à l'exception de l'arsenic et du zinc.

**2. Résultats.**

Les résultats d'analyse sont reportés dans la page qui suit.

Le Directeur Général  
P.O.  
Directeur Administratif  
et Financier  
**RAELINA Chrysanté Wilfrid**  
Master en Administration  
d'Entreprises

**Code de l'échantillon : 99032C01 (N° 2 Débouché de la Vallée Masay)**

Eléments	Valeur moyenne	Valeurs acceptables	Conclusion
pH	7	6,0 – 9,0	conforme
Arsenic (As)	A	10 µg.l <sup>-1</sup>	satisfaisant
Chrome (Cr)	62 µg.l <sup>-1</sup>	100 µg.l <sup>-1</sup>	satisfaisant
Cuivre (Cu)	100 µg.l <sup>-1</sup>	250 µg.l <sup>-1</sup>	satisfaisant
Plomb (Pb)	36 µg.l <sup>-1</sup>	100 µg.l <sup>-1</sup>	Satisfaisant
Nickel (Ni)	128 µg.l <sup>-1</sup>	200 µg.l <sup>-1</sup>	Satisfaisant
Zinc (Zn)	323 µg.l <sup>-1</sup>	1000 µg.l <sup>-1</sup>	Satisfaisant

**Code de l'échantillon : 99032C02 (N° 3 Canal Masay)**

Eléments	Valeur moyenne	Valeurs acceptables	Conclusion
pH	7	6,0 – 9,0	Conforme
Arsenic (As)	A	10 µg.l <sup>-1</sup>	Satisfaisant
Chrome (Cr)	346 µg.l <sup>-1</sup>	100 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Cuivre (Cu)	447 µg.l <sup>-1</sup>	250 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Plomb (Pb)	260 µg.l <sup>-1</sup>	100 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Nickel (Ni)	4312 µg.l <sup>-1</sup>	200 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Zinc (Zn)	279 µg.l <sup>-1</sup>	1000 µg.l <sup>-1</sup>	satisfaisant

**Code de l'échantillon : 99032C03 (N° 5 Canal Andriantany en aval du débouché)**

Eléments	Valeur moyenne	Valeurs acceptables	Conclusion
pH	6	6,0 – 9,0	conforme
Arsenic (As)	A	10 µg.l <sup>-1</sup>	satisfaisant
Chrome (Cr)	355 µg.l <sup>-1</sup>	100 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Cuivre (Cu)	396 µg.l <sup>-1</sup>	250 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Plomb (Pb)	197 µg.l <sup>-1</sup>	100 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Nickel (Ni)	1500 µg.l <sup>-1</sup>	200 µg.l <sup>-1</sup>	non conforme
Zinc (Zn)	371 µg.l <sup>-1</sup>	1000 µg.l <sup>-1</sup>	satisfaisant

A = Absent

**N.B. :** -Un échantillon n'étant pas représentatif pour un site de prélèvement.

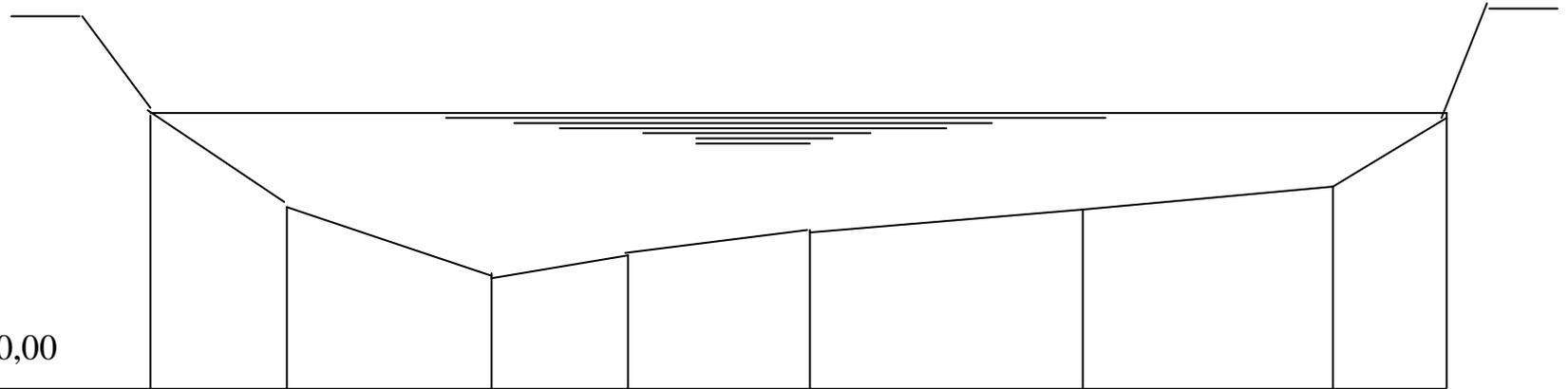
- La concentration du mercure acceptable pour les eaux résiduaires (10 µg/l) étant inférieure à la limite de détection de notre technique d'analyse



Le Directeur Administratif  
et Financier

OLORPARISINA Chrysanté Wilfrid  
Master en Administration  
d'Entreprises

**DEBOUCHE DE LA VALLEE DE L'EST  
(TEST DE QUALITE DES EAUX N° 1)**



Plan de comparaison : 0,00

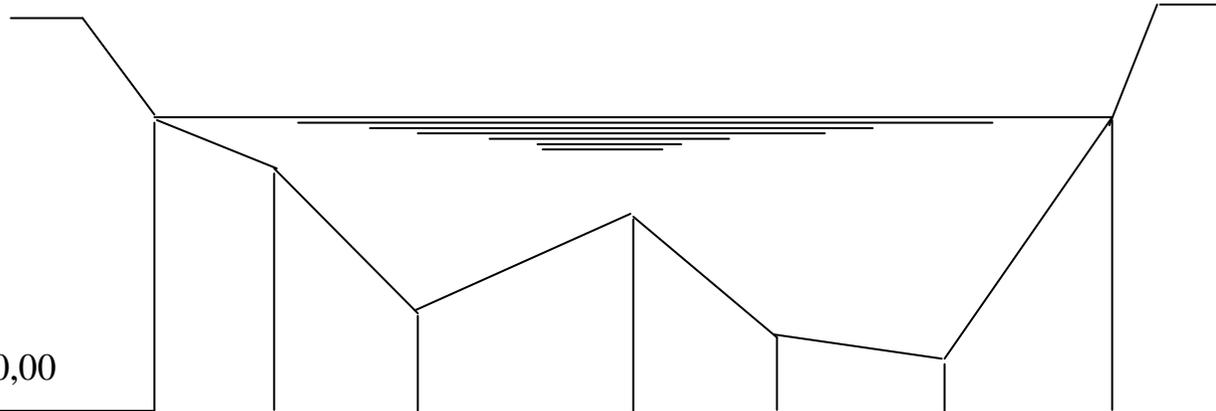
Numéros des profils	1	2	3	4	5	6	7	8
Cote fond canal	1.00	0.70	0.42	0.50	0.55	0.60	0.62	1.00
Cote plan d'eau	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Distances partielles		0.30	0.40	0.30	0.50	0.50	0.60	0.20
Distances cumulées	0.00	0.30	0.70	1.00	1.50	2.00	2.60	2.80

**MESURE DE DEBIT :**

NUMERO DES MESURES	1	2	3	4
DISTANCE (m)	12	12	12	12
TEMPS (S)	25	30	27	24
VITESSE SUR LA SURFACE LIBRE (m/S)	0,48	0,40	0,44	0,50
VITESSE MOYENNE D'ECOULEMENT (m/S)	0,384	0,32	0,352	0,40
SECTION MOUILLEE (m2)	1,11	1,11	1,11	1,11
DEBIT (m3)	0,426	0,355	0,390	0,444

Débit moyen :  $Q = 0,43 \text{ m}^3 / \text{S}$

**DEBOUCHE DE LA VALLEE MASAY  
(TEST DE QUALITE DES EAUX N° 2)**



Plan de comparaison : 0,00

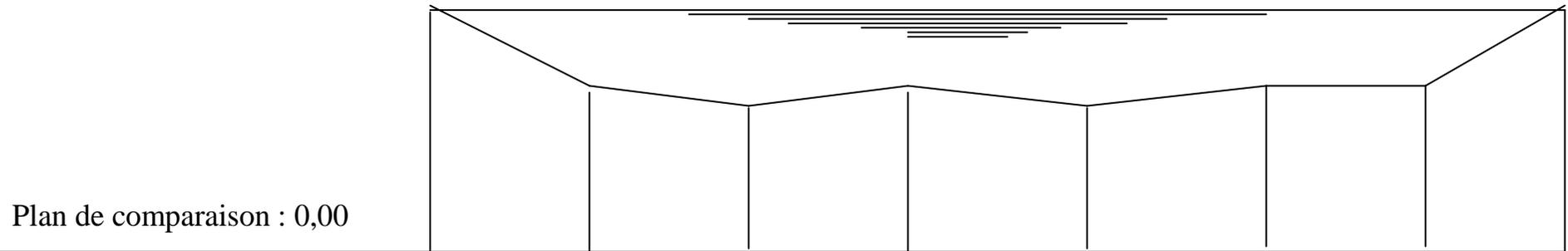
Numéros des profils	1	2	3	4	5	6	7
Cote fond canal	1,00	0,88	0,45	0,75	0,45	0,45	1,00
Cote plan d'eau	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Distances partielles	0,20	0,30	0,50	0,30	0,30	0,20	
Distances cumulées	0,00	0,20	0,50	1,00	1,30	1,60	1,80

**MESURE DE DEBIT :**

NUMERO DES MESURES	1	2	3	4
DISTANCE (m)	6	6	6	6
TEMPS (S)	120	110	115	106
VITESSE SUR LA SURFACE LIBRE (m/S)	0,050	0,054	0,052	0,056
VITESSE MOYENNE D'ECOULEMENT (m/S)	0,040	0,043	0,042	0,045
SECTION MOUILLEE (m2)	0,68	0,68	0,68	0,68
DEBIT (m3)	0,027	0,029	0,028	0,030

Débit moyen :  $Q = 0,28 \text{ m}^3 / \text{S}$

**CANAL MASAY : 100 m EN AMONT DE L'OUVRAGE DE CONTROLE  
(TEST DE QUALITE DES EAUX N° 3)**



Plan de comparaison : 0,00

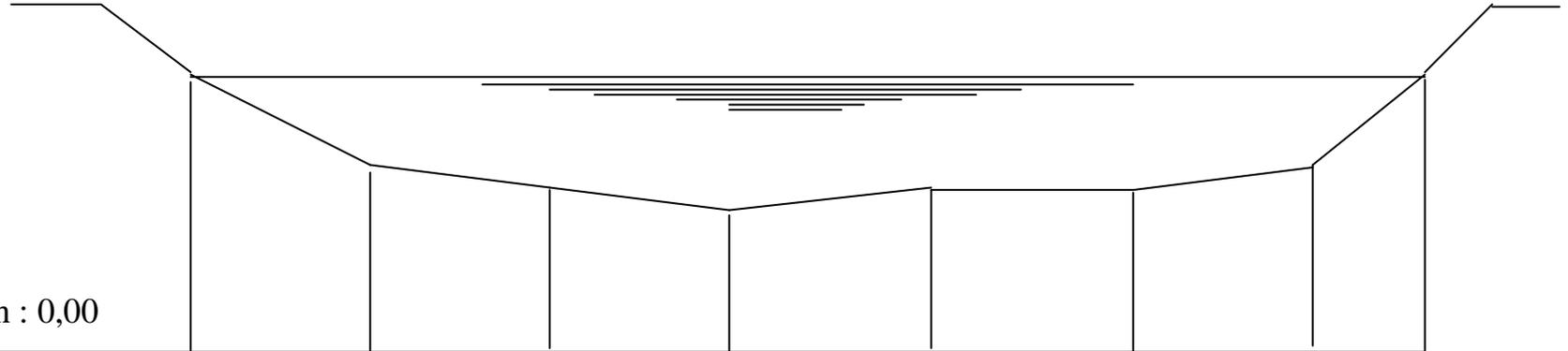
Numéros des profils	1	2	3	4	5	6	7	8
Cote fond canal	1.00	0.60	0.55	0.65	0.60	0.70	0.70	1.00
Cote plan d'eau	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Distances partielles		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40
Distances cumulées	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	2.90	3.30

**MESURE DE DEBIT :**

NUMERO DES MESURES	1	2	3	4
DISTANCE (m)	12	12	12	12
TEMPS (S)	20	25	22	20
VITESSE SUR LA SURFACE LIBRE (m/S)	0,60	0,48	0,55	0,60
VITESSE MOYENNE D'ECOULEMENT (m/S)	0,48	0,38	0,44	0,48
SECTION MOUILLEE (m2)	1,06	1,06	1,06	1,06
DEBIT (m3)	0,51	0,40	0,47	0,51

Débit moyen :  $Q = 0,470 \text{ m}^3 / \text{S}$

**CANAL ANDRIANTANY : 100 m EN AMONT DU DEBOUCHE  
(TEST DE QUALITE DES EAUX N° 4)**



Plan de comparaison : 0,00

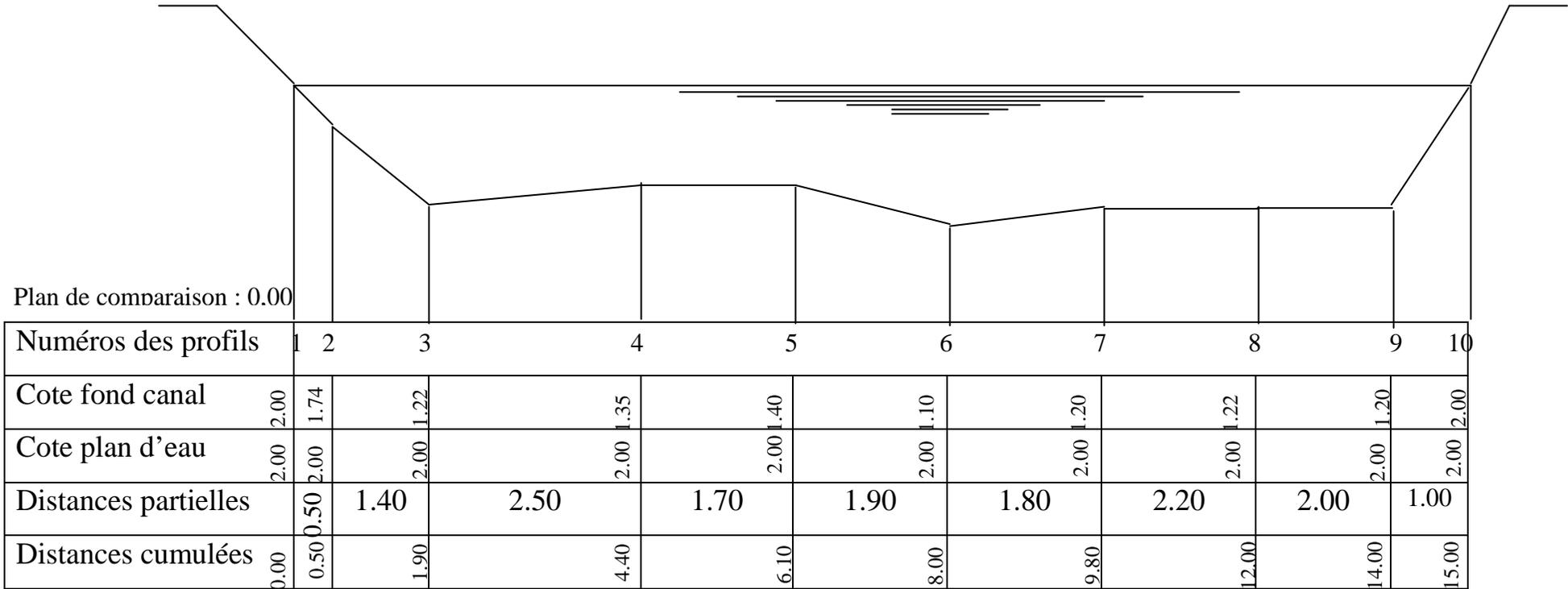
Numéros des profils	1	2	3	4	5	6	7	8
Cote fond canal	2.00	1.40	1.20	1.18	1.25	1.30	1.40	2.00
Cote plan d'eau	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.20	2.00	2.00
Distances partielles	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00
Distances cumulées	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	13.00

**MESURE DE DEBIT :**

NUMERO DES MESURES	1	2	3	4
DISTANCE (m)	12	12	12	12
TEMPS (S)	28	30	26	27
VITESSE SUR LA SURFACE LIBRE (m/S)	0,42	0,40	0,46	0,44
VITESSE MOYENNE D'ECOULEMENT (m/S)	0,34	0,32	0,37	0,35
SECTION MOUILLEE (m2)	8.37	8.37	8.37	8.37
DEBIT (m3)	2.84	2.68	3.10	2.93

Débit moyen :  $Q = 2.89 \text{ m}^3 / \text{S}$

**CANAL ANDRIANTANY : 200 m EN AVAL DU DEBOUCHE  
(TEST DE QUALITE DES EAUX N° 5)**



**MESURE DE DEBIT :**

NUMERO DES MESURES	1	2	3	4
DISTANCE (m)	12	12	12	12
TEMPS (S)	25	30	27	24
VITESSE SUR LA SURFACE LIBRE (m/S)	0,48	0,40	0,44	0,50
VITESSE MOYENNE D'ECOULEMENT (m/S)	0,38	0,32	0,35	0,40
SECTION MOUILLEE (m2)	10,01	10,01	10,01	10,01
DEBIT (m3)	3,80	3,20	3,50	4,00

**Débit moyen :  $Q = 3.62 \text{ m}^3 / \text{S}$**

**ANNEXE II**

**RESULTATS D'ANALYSES**

**APRES L'AMENAGEMENT DU MARAIS MASAY**



MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

B.A N° 294 /05 CNRE/D4

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES  
SUR L'ENVIRONNEMENT

DEPARTEMENT « ENVIRONNEMENT  
ET QUALITE DE LA VIE »

39, Rue Rasamimanana  
Fiadanana  
BP . 1739

LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTROLE  
DE LA QUALITE DES ALIMENTS ET DES EAUX

**ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE DE L'EAU**

A la demande de	: Madame ANDRIANARISOA Jeanne Christine
Nature de l'échantillon	: <b>Eaux usées</b>
Date de réception d'échantillon	: 24/11/05
N° Enregistrement Laboratoire	: E - 301 - 304
Code de l'échantillon	: K - 637 - 640

Echantillons	K - 637 N° 1	K - 638 N° 2	K - 639 N° 3	K - 640 N° 4
Paramètres	débouché vallée de l'Est	débouché vallée Massay	Dalot triple	Ouvrage sortie
DBO <sub>5</sub> (mg/l d'O <sub>2</sub> )	7,00	5,59	12,60	8,15
DCO (mg/l d'O <sub>2</sub> )	22,88	53,92	54,74	113,57
Nitrate	1,34	0,57	4,90	4,23
Phosphate	Absence	Absence	Absence	Absence

Date d'édition : 06/12/05

Les responsables d'analyses : Phillipine - Lala - Euphrasie

Le Chef de Département *ϕ*





MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

B.A N° 300 /05 CNRE/D4

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES  
SUR L'ENVIRONNEMENT

DEPARTEMENT « ENVIRONNEMENT  
ET QUALITE DE LA VIE »

39, Rue Rasamimanana  
Fiadanana  
BP . 1739

LABORATOIRE D'ANALYSE ET DE CONTROLE  
DE LA QUALITE DES ALIMENTS ET DES EAUX

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU

A la demande de	: Madame ANDRIANARISOA Jeanne Christine
Nature de l'échantillon	: <b>Eaux de Masay</b>
Date de réception d'échantillon	: 01/12/05
Code de l'échantillon	: K- 651 - 654

Echantillons	K - 651 N° 1 débouché vallée de l'Est	K - 652 N° 2 débouché vallée Masay	K - 653 N° 3 Dalot triple	K - 654 N° 4 Ouvrage sorti
Phosphore (mg/l)	1,39	2,07	1,88	0,62
Potassium (mg/l)	18,51	15,26	14,37	13,07
Sulfure (mg/l)	Absence	Absence	0,01	0,01
Calcium (mg/l)	30,05	8,08	13,27	14,02
Chrome VI (mg/l)	0,10	0,11	0,12	0,12
Manganèse (mg/l)	0,072	0,022	0,016	0,029
Fer (mg/l)	0,193	0,809	0,350	0,457
Cuivre (mg/l)	Absence	Absence	Absence	Absence
Plomb (ppb)	2,85	11,09	4,6	12,3
Zinc (mg/l)	0,14	0,11	0,05	0,05

Date d'édition : 12/12/05

Les responsables d'analyses : Euphrasie - Marcellin - Lala - Phillipine

Le Chef de Département



## **ANNEXE III**

### **VALEURS DE LA CONCENTRATION EN CHAQUE NŒUD**

Nous avons 81 éléments et 122 nœuds

ans =

122 122

C =

Columns 1 through 7

1.6185 0.7095 0.6735 0.6305 0.5673 0.3099 0.2615

Columns 8 through 14

0.5105 0.2776 0.4763 0.5495 0.6081 0.6550 0.8645

Columns 15 through 21

0.5820 0.4959 0.4295 0.3584 0.2819 0.2620 0.7396

Columns 22 through 28

0.8182 0.9666 0.3742 0.1398 0.1275 0.1639 0.2429

Columns 29 through 35

0.3366 0.1334 0.1133 0.0958 0.1527 0.2838 0.6588

Columns 36 through 42

1.0914 0.1058 0.0578 0.4959 0.5820 0.4959 0.4959

Columns 43 through 49

0.1074 0.1240 0.1338 0.1784 0.2776 0.2776 0.2620

Columns 50 through 56

0.3099 0.0549 0.0962 0.7862 0.4116 0.0884 0.0765

Columns 57 through 63

0.1204 0.1270 0.1327 0.1383 0.1465 0.1691 0.2011

Columns 64 through 70

0.2596 0.2141 0.1746 0.1586 0.1496 0.1427 0.1316

Columns 71 through 77

0.1103 0.0813 0.3713 0.7214 0.6876 0.3983 0.1096

## **ANNEXE IV**

### **VALEURS DE LA BBO<sub>5</sub> EN CHAQUE NŒUD**

Nous avons 81 éléments et 122 nœuds

Ans =

123      122

C =

Columns 1 through 7

6.5950      4.7855      4.5513      4.2644      3.8411      2.0772      1.7402

Columns 8 through 14

3.4544      1.8694      3.2362      3.7214      4.1132      4.4302      4.9746

Columns 15 through 21

3.9418      3.3744      2.9343      2.4639      1.9562      1.7906      4.4804

Columns 22 through 28

7.4500      3.3744      2.5540      0.9664      0.9024      1.1731      1.7027

Columns 29 through 35

2.3243      0.9330      0.7773      0.6616      1.0243      1.9000      4.4804

Columns 36 through 42

7.4500      1.0576      0.5782      11.0785      11.0785      11.0785      6.5950

Columns 43 through 49

1.0742      1.2404      1.3376      3.9418      4.9746      5.8902      5.8902

Columns 50 through 56

0.7777      0.5494      0.9622      5.4655      4.1156      0.8844      0.7650

Columns 57 through 63

1.2044      1.2697      1.3268      1.3827      1.4648      5.8902      6.8762

Columns 64 through 70

7.8618      7.2136      1.7456      1.5861      1.4759      1.4270      1.3155

Columns 71 through 77

1.1027      0.8131      3.7135      4.9746      4.7855      3.9831      1.0962

Columns 78 through 81

1.0897      1.7838      1.7135      2.9856

**ANNEXE V**  
**QUESTIONNAIRES ET RESULTATS D'ENQUETES SOCIO**  
**ECONOMIQUES**

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *PHARMACIE AMBODIVONA*  
*Mr Hery Rakotoniaina*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 20 Date 15/12/05 Quartier *Ambodivona* Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Commercial*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *5 ans*

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

*Vente de produits pharmaceutiques*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*Réduction*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

*5j/5*

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

-

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

-

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

-

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis :

-

Déchets ou résidus :

-

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

-

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

-

11. Consommation en eau :      en électricité :      Surface d'implantation : *30 m<sup>2</sup>* Effectif personnel : *4*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? -

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires ....

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *suggestions des ventes de médicaments contre le paludisme au registre au moins depuis 6 mois*

QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *ACTY COLOR*

*Responsable Commercial*

**J. Renseignements généraux :**

N° d'ordre 01 Date 13/12/05 Quartier Arrondissement : III

Type d'installation : *Industrie Chimique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? 02 ans

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

*Enduit ; peinture à l'eau, à l'huile ; white spirit, accessoires de peinture*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*Pas de changement*

**V. Données sur la production :**

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

*70% 250 kg/sem = 1 t/mois*

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

*continu*

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

*Reserve teinte dolomie*

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

*Quotidienne*

8. En quelle quantité consommez-vous à chaque fois ?

:

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

11. Consommation en eau :40 m<sup>3</sup> en électricité : Surface d'implantation : 140 m<sup>2</sup> Effectif pers. : 12

**VI. Données relatives à la pollution :**

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ?

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

**VII. Données sur le recyclage :**

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires X Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques :

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *LAPAN'NY HAZO KINININA*

*Raderandraibe – exploitant forestier*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 12 Date 13/12/05 Quartier Arrondissement : III

Type d'installation : *Artisanale*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? 30

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

*Transformation ; coupe ; exploitation forestière*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*sur le plan sanitaire, accroissement des moustiques ; réduction , débordement des canaux d'eaux usées*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ? 50%

*La coupe des forêts diminue*

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

*Pratiquement instable*

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

*Bois du pays, varangy, pin, eucalyptus*

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

*Quotidienne*

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis : *Fenêtre, ameublement*

Déchets ou résidus : *copeaux de rabotage, déchets de sciage*

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidus ou déchets ?

*3 m<sup>3</sup> / j*

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

*aucun*

11. Consommation en eau : en électricité : Surface d'implantation : 60 m<sup>2</sup> Effectif personnel : 06

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Non*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires ....

Recyclage des liquides résiduaires *aucun.*

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *Augmentez le pouvoir d'achat de la population*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *SUNNY HOTEL*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 02      Date 13/12/05      Quartier Ambondrona      Arrondissement : III

Type d'installation :

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ?      2005

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

*Hotellerie*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*Les gen ne nous connaissent pas encore*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

*7/7*

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

*Quotidienne*

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis :

Déchets ou résidus :

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

11. Consommation en eau : 20 m<sup>3</sup> en électricité : Surface d'implantation : 300 m<sup>2</sup> Effectif personnel 8

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *déshuileur*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires      X....

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	X	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *La dégradation de l'environnement fait fuir les touristes*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *STATION TOTAL*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 03 Date 13/12/05 Quartier Arrondissement : III

Type d'installation : *Industrie chimique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? 2005

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

*6 j / semaine*

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis :

Déchets ou résidus :

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

11. Consommation en eau : *10 m3* en électricité : *Surface d'implantation : 4100 m<sup>2</sup>* Effectif personnel *7*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *bac de décantation de 30 m3*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires ....

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *6 vidanges / j en moyenne, 6 l d'huile / vidange,*

*Effluents / résidus récupérés par un*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *STATION GALANA*  
*pompiste*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 04 Date 13/12/05 Quartier *Ankorondrano* Arrondissement :

Type d'installation : *Industrie chimique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *25 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire vos produits finis ?  
*Ess ordinaire ; Ess. Super ; Gasoil ; Pétrole lampant ; lubrifiant*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*moins de bouchage des canaux, ; pas de retour d'eaux pluviales*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*90 %*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*7 / 7*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?  
*huile vidange ; détergents*
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau *10 m3* en électricité Surface d'implantation : *800 m<sup>2</sup>* Effectif personnel : *4*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *non*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires **X**                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *5 vidange / j lavage ; 6 voiture / j. Récupération huile vidange vendue à 100 Fmg/l*  
*Dévasement direct dans le canal*

QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *MAGIE COLOR*

*Responsable commercial*

**K. Renseignements généraux :**

N° d'ordre O5 Date 13/12/05 Quartier Ankadifotsy Arrondissement : III

Type d'installation : *Industrie chimique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *03 ans*

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

*Peinture ; vente et travaux de peinture*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*pas d'impact*

**V. Données sur la production :**

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

*80 % ; concurrence rude*

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

*Dolomie                      résine                      white spirit*

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis :

Déchets ou résidus :

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

11. Consommation en eau : en électricité : Surface d'implantation : *60 m<sup>2</sup>* Effectif personnel : *09*

**VI. Données relatives à la pollution :**

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Non*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

**VII. Données sur le recyclage :**

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires **X**

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ? *très cher*

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *coût d'installation très élevé*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : ESCA

Responsable Enseignement Supérieur (Frère OMAR)

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 06 Date 14/12/05 Quartier Antanimena Arrondissement : III

Type d'installation : Ecole

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ?
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Agrément - de la condition de circulation – augmentation du phénomène de débordement des canaux + lot de moustiques + dégradation de l'état de santé et paysage : terrain et cour complètement immergés.*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau : en électricité : Surface d'implantation : Effectif personnel : 35

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des effluents ? *non*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	X	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires X                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *On peut prendre la photo montrant l'inondation du terrain de la cour chez le Frère OMAR*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *SOCIETE JB*

*Mr Tiana Rajaona , responsable méthode de production*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *07* Date *13/12/05* Quartier *Amboditsiry* Arrondissement : *V*

Type d'installation : *Industrie agro-alimentaire*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *40*

2. Pouvez-vous nous décrire vos produits finis ? *Biscuiterie Confiserie*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*Pour nous directement rien mais pour l'environnement dont on fait partie, amélioration du cadre de la vie globale*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

*continu*

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

*Farine ; sucre ; Glucose ; cacao*

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

*Quotidienne*

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis :

Déchets ou résidus :

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

11. Consommation en eau *30 m3/mois* ; électricité : Surface d'implantation *3590m<sup>2</sup>* ; Effectif personnel : *350*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Traitement en bassin*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ? *opérationnel depuis le mois d'août 2005*

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires **X**

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

Chaux

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ? *Sulfate*

*Hypochlorite Ca*

Remarques : *Matières polluantes : colorant, produits chimiques anti-corrosion – contrôle effectué ;*

*Envoi d'échantillon au CNRIT semestriel ; suivi du pH quotidien*

QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *SOCIETE FERRONNERIE D'ART*  
*Gérant Propriétaire*

**I. Renseignements généraux :**

N° d'ordre 08 Date 13/12/05 Quartier Andranobevava Arrondissement : V

Type d'installation : *Artisanat de ferronnerie*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? 34
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Activité de décoration*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Beaucoup : Positifs : Eradication inondation, augmentation volume de vente à 500%*  
*Négatifs : 10% - accroissement crime ; insécurité ; moustiques*

**II. Données sur la production :**

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*500%*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*Quotidiennement*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?  
*Fer ; Peinture ; Soudure*
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau : en électricité : Surface d'implantation : *600 m<sup>2</sup>* Effectif personnel : *13*

**III. Données relatives à la pollution :**

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Non*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

**IV. Données sur le recyclage :**

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ? *aucun*  
Recyclage des eaux résiduaires .... Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	4	X	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?  
Remarques : *Campagne de sensibilisation*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *STATION SERVICE VALISOA Ambatomainy*  
*Ravelomanana Olivier - Gérant*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 09 Date 13/12/05 Quartier Ambatomainy Arrondissement : V

Type d'installation : *Industrie Chimique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *33 ans ; réaménagement en 2003*
2. Pouvez-vous nous décrire vos produits finis ?  
*Ess .ordinaire ; Ess. Super ; Gasoil ; Pétrole lampant ; lubrifiant, lavage, vidange*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Beaucoup : plus de débordement d'égout ; plus de boues à curer*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*10% - tous produits confondus 100 m3 / mois*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*7 / 7*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau 8 m3 ; en électricité : Surface d'implantation 60 m<sup>2</sup> ; Effectif personnel :4

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *déshuileur 4 m3*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	X	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires **X**                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	X	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ? *Améliorer le cadre de vie de la population*

Remarques : *Investissement élevé – curage des canaux / j auparavant ; pb : dans une cuvette et emboutir tous les jours. De 17 à 20 h, les voitures éteignent leur moteur ⇒ plus de vente.*

*Lavage : 3 voiture / j ; vidange : 2 à 3 voitures / j*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *STATION SHELL RAVINTSARA Amboditsiry  
Pompiste*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *10* Date *15/12/05* Quartier *Amboditsiry* ; Arrondissement : V

Type d'installation : *Industrie chimique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *27 ans*

2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?

*Ess. Ordinaire ; Ess. Super ; Gasoil ; Pétrole lampant ; Lubrifiant ; accessoires ; lavage ; vidange*

3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?

*Positif*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?

*70 %*

5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?

6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?

7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?

*Quotidienne*

8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?

Produits finis :

Déchets ou résidus :

9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?

10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?

11. Consommation en eau 4 m<sup>3</sup> ; en électricité : Surface d'implantation : 35 m<sup>2</sup> ; Effectif personnel : 6

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Séparateur d'huile*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	X	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires **X**

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	X	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *Canal bouché : débordement vers la station*

*Vidange : 2 voitures /j*

*Lavage : 5 voitures /j.*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *ESPACE MEDICAL*

*Docteur Rado Ravahotra*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *11* Date *15/12/05* Quartier *Ambodivona* ; Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Service médical*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *7 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?  
*Hôpital ; Dispensaire ; OSIEM*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Positif : diminution d'inondation ; Négatif : accroissement des moustique et paludisme*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*50 %*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*Continu*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?  
*Essence ; Gasoil ; Huile vidange*
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau *15 m3* ; en électricité : *Surface d'implantation 300 m<sup>2</sup>* ; Effectif personnel : *18*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Incitation decontn;*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	X	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ? *aucun*  
Recyclage des eaux résiduaires ....                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?  
*Désinsectisation globale par la Commune*

Remarques : *Eau de javej ; pas de sécurité surtout la nuit ; pollution de l'air plutôt que de l'eau.*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *ABATOIRE*

Mr Louis

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 13 Date 13/12/05 Quartier *Ambohitrarahaba* ; Arrondissement : V

Type d'installation : *Artisanal*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *15 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Abatage bovidé et porc*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Le Ministère de l'Environnement effectue des descentes et nous invite à construire une station d'épuration des déchets*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*En nette régression ; Hebdomadaire*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*4 fois / semaine, à raison de 3 bovidés par jour*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis : *viandes*  
Déchets ou résidus : *déchets boue de vache*
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?  
*200 kg / semaine*
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?  
*fosse non maçonnée de 4 m3*
11. Consommation en eau : en électricité : Surface d'implantation : Effectif personnel :

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *non*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	X
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires **X**                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *Nous souhaitons avoir un assistant technique pour rendre notre installation conforme aux normes*



## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *SOCIETE AKASH Ankorondrano*  
*Gerante*

### L. Renseignements généraux :

N° d'ordre *15* Date *13/12/05* Quartier Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Industrielle*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *05 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Production d'articles en éponge*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Augmentation de vente ; les nouveaux clients venus du nord ont augmenté de 50 % par rapport à notre clientèle*

### V. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ? + 50 %  
*Mensuel*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*6 / 7*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis : *Matelas*  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau :    en électricité :    Surface d'implantation : Effectif personnel :

### VI. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ?
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### VII. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires ....                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?  
Remarques :

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *SOCIETE AKASH (Point de distribution)*  
*Gérante*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *16* Date *14/12/05* Quartier *Ankorondrano* ; Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Industrielle*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *05 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Production d'articles en éponge*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Augmentation clientèle*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*+ 50 %*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*6 / 7*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis : *Matelas*  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau : en électricité : Surface d'implantation : *20 m<sup>2</sup>* Effectif personnel : *2*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *non*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	<b>X</b>
---	---	---	---	----------

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires **X**                      Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *C'est peut être l'usine à Tanjombato qui pollue*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *RESTAURANT BOOLY FRONTIERE*

*Gérante*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *17* Date *14/12/05* Quartier *Ankorondrano* ; Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Industrie agro-alimentaire*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *05 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Produits Alimentaires*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Amélioration du trafic ; Augmentation des moustiques les nuits et des rongeurs le jour*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*6 / 7*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau *20 m3* ; en électricité : Surface d'implantation *18 m<sup>2</sup>* ; Effectif personnel : *4*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *non*

13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	<b>X</b>
---	---	---	---	----------

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?

Recyclage des eaux résiduaires **X**

Recyclage des liquides résiduaires ....

16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *On fait venir trimestriellement la société BMH pour la dératisation 362 000 Fmg / 3 mois*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *ATELIER DE REPARATION BATTERIE*  
Artisan (Ra-Jean)

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *18* Date *14/12/05* Quartier *Ambodivona* ; Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Artisanale*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *10 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Réparation batterie*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Réduction de débordement des canaux*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*Quotidienne : 6 batteries par jour*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?  
*Acide Sulfurique ; Zinc ; Plomb*
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidiennement*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis : *Batteries*  
Déchets ou résidus : *Collectés par VIRIO*
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau :    en électricité :    Surface d'implantation : Effectif personnel : *1*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *non*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ? *Aucun*  
Recyclage des eaux résiduaires ....                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

<b>X</b>	4	3	2	1
----------	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques :

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *COMACAT*

*Responsable Technique*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre *19* Date *15/12/05* Quartier *Ankorondrano* ; Arrondissement : *III*

Type d'installation : *Industrie Mécanique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? *30 ans*
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ? *Pneumatique ; Caoutchouc*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Embellissement du paysage ; moins de débordement des canaux*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
*100 %*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*7 / 7*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?  
*Caoutchouc ; Vulcanisant*
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau : *20 m<sup>3</sup>*; électricité ; Surface d'implantation *800 m<sup>2</sup>*; Effectif personnel *27*

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *non*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	X	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	X	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires **X**                      Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *Plus de fréquence en curage des canaux d'évacuation d'eaux usées*

## QUESTIONNAIRES UTILISEES LORS DE LA COLLECTE DES INFORMATIONS

ETABLISSEMENT ET PERSONNE ENQUETEE : *SOCIETE HENRI FRAISE Fils*  
*Responsable Technique*

### I. Renseignements généraux :

N° d'ordre 21 Date 13/12/05 Quartier Ankorondrano ; Arrondissement : III  
Type d'installation : *Industrie Mécanique*

1. Depuis quand effectuez-vous cette activité ? 50 ans
2. Pouvez-vous nous décrire cette activité ?  
; *Engin, Moteur électrique, Moteur lubrifiant*
3. Quels impacts sur votre activité a engendré l'aménagement du marais Masay ?  
*Fluidité du trafic ; moins d'inondation, mis il existe encore des débordements d'eaux quelquefois*

### II. Données sur la production :

4. Par rapport à la capacité de votre activité, où se situe votre niveau de production actuel ?  
75 % - *Confection électronique non favorable*
5. Sur quel rythme s'effectue cette production ?  
*Continu*
6. Utilisez-vous beaucoup de matières premières ?  
*Essence, lubrifiant*
7. Quelles sont les fréquences d'utilisation de ces matières ?  
*Quotidienne*
8. Quels types de produits disposez-vous chaque fois ?  
Produits finis :  
Déchets ou résidus :
9. A combien évaluez-vous la quantité moyenne de chaque résidu ou déchets ?
10. De quel type d'infrastructure disposez-vous pour la collecte des résidus ?
11. Consommation en eau ; électricité ; Surface d'implantation 17900 m<sup>2</sup> ; Effectif personnel 26

### III. Données relatives à la pollution :

12. Effectuez-vous un traitement ou un pré traitement des résidus ? *Déshuileur 10 m<sup>3</sup>*
13. Si non envisage-t-on d'y arriver incessamment ?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

A court terme

A long terme

14. Connaissez-vous les procédures à entreprendre ?

5	4	X	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

### IV. Données sur le recyclage :

15. Le(s)quel(s) de ces types de recyclage pensez-vous être la plus approprié à votre cas ?  
Recyclage des eaux résiduaires X Recyclage des liquides résiduaires ....
16. Avez-vous un ordre de grandeur quant au coût d'installation de traitement ou recyclage ?

5	4	X	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

17. A votre avis, cela aurait-il un impact économique sur votre coût de production ?

X	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Pas du tout

Parfaitement

18. Quelles suggestions pouvez-vous apporter pour résoudre le problème de la pollution ?

Remarques : *Pompage de l'eau*

*Huile vidange : récupération gratuite*

**Titre de la thèse** : Etude de la pollution du Marais Masay par la modélisation du transfert des matières en suspension et par une démarche intégrée d'ingénierie de projet.

**Auteur** : RAKOTO DAVID Raminintsoa

**Nombre de pages**: 99

**Nombre de tableaux** : 21

**Nombre de figures** : 16

## RESUME

Le but de notre étude est d'essayer de dégager des solutions sur le problème de gestion de la pollution du Marais Masay et de la mise en valeur du site.

La stratégie d'approche est scientifique : mise à la disposition des outils de modélisation de transfert des matières polluantes du marais et des outils d'ingénierie entre autres le management qualité et l'analyse du coût - avantage adaptée aux contextes technologique, social et environnemental.

Nous avons fait l'effort de nous placer entre les entrepreneurs détenteurs de la technologie et du pouvoir, et la population qui ignore même ses propres droits et n'a pas les moyens de se défendre. On a donc mis en évidence les paramètres pour créer un équilibre virtuel de ces deux forces.

Nos hypothèses étant génériques, l'approche utilisée est applicable pour d'autres lacs ayant le même type de problème.

## SUMMARY

The purpose of our study is to try for realising solutions to the problems of management of the pollution of the "Marais Masay" and the development of the site.

The approach strategic is scientific likes putting some tools which modelling the transfer of the polluting materials of the swamp and tools of engineering; among others the management quality and the analysis of the cost-advantage adapted to the technological, social and environmental contexts.

Moreover, we made an effort taking place between contractor's holders of the technology and the capacity. Besides, the population which ignores even its own rights and has not the means of being defended. Thus, we highlighted the parameters to create a virtual balance of these two forces.

Our hypotheses being generic, the approach used is applicable for other lakes having the same type of this problem.

**Mots clés** : Modélisation ; outil ; pollution ; éléments finis ; management qualité ; coût avantage

**Encadreur** : Professeur RAVELOSON Elisé

**Adresse de l'auteur** : Lot II A 5 bis Antaninandro Antananarivo

**Téléphone** : 03311 29277 / 22 30898

**E-mail** : [astral\\_154@yahoo.fr](mailto:astral_154@yahoo.fr)