

# SOMMAIRE

	Page
<i>LISTES DES TABLEAUX</i>	
<i>LISTES DES FIGURES</i>	
<i>LISTES DES GRAPHES</i>	
<i>LISTES DES PHOTOS</i>	
<i>LISTES DES ANNEXES</i>	
<i>LISTES DES ABREVIATIONS</i>	
<i>INTRODUCTION</i>	1
<b><u>Première partie :</u></b>	
<i>Généralités</i>	
<b><u>I- GENERALITES SUR LA POLLUTION DE L'EAU</u></b>	
I.1 Origines	3
I.2 Différents types de pollution	4
I.3 Manifestation de la pollution	4
I.4 Conséquences de la pollution	5
I.5 Paramètres indicateurs de pollution	5
I.6 Pollution de l'eau par les industries	6
<b><u>II- GENERALITES SUR LES COURS D'EAU</u></b>	
II.1 La potamologie	7
II.2 Caractéristiques des cours d'eau	7
II.3 L'auto-épuration des cours d'eau	9
II.4 Classification des cours d'eau	9
<b><u>Deuxième partie :</u></b>	
<i>Résultats et interprétations</i>	
<b><u>I- DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE</u></b>	
I.1 La commune	11
I.2 La végétation	13
I.3 La rivière	13
I.4 Le canal	14
I.5 Les activités de la population	14

## II- LES ENTREPRISES

II.1 L'industrie alimentaire (U1)	15
II.2 L'industrie chimique (U2)	18
II.1 Produits utilisés par U1 et par U2 et leurs toxicités	19

## II- PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX

III.1 Généralités	24
III.2 Qualité des rejets industriels	29
III.3 Qualité des eaux du canal d'irrigation	39
III. 4 Qualité des eaux de la rivière	46

### **Troisième partie :**

#### *Conséquences de la pollution et suggestions*

### I- CONSEQUENCES ET RISQUES

I.1 Pollution esthétique	53
I.2 Conséquences sur la faune aquatique	53
I.3 Conséquences sur la culture du riz	54
I.4 Risques sanitaires	54

### II- SUGGESTIONS

II.1 Solutions	55
II.2 Proposition de traitement	55
II.3 Conseils aux paysans	56

*CONCLUSION GÉNÉRALE* 58

*REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

*ANNEXES*

*RESUME*

## **LISTE DES TABLEAUX**

	Page
<u>Tableau 1</u> : Normes de rejet d'effluents liquides pour quelques paramètres (Madagascar)	7
<u>Tableau 2</u> : Classification des eaux de surface (Madagascar)	9
<u>Tableau 3</u> : Procédé de fabrication de yaourt de boire	15
<u>Tableau 4</u> : Procédé de fabrication du savon	18
<u>Tableau 5</u> : Produits utilisés par U1 et par U2	19
<u>Tableau 6</u> : Risques et préventions pour l'utilisation de l'acide nitrique	21
<u>Tableau 7</u> : Risques et préventions pour l'utilisation de la soude caustique	23
<u>Tableau 8</u> : Paramètres analysés	25
<u>Tableau 9</u> : Correspondance entre la minéralisation de l'eau et la conductivité	26
<u>Tableau 10</u> : Classification des eaux suivant la teneur en MO	27
<u>Tableau 11</u> : Méthodes d'analyses	31
<u>Tableau 12</u> : Normes de rejet et résultats des analyses des eaux usées de U1	32
<u>Tableau 13</u> : Valeurs de la DCO, de la DBO et du rapport DBO/DCO de 1E et 2E	32
<u>Tableau 14</u> : Composition moyenne du lait de vache	34
<u>Tableau 15</u> : Normes de rejet et résultats des analyses des eaux usées de U2	35
<u>Tableau 16</u> : Valeur de la DCO, de la DBO et du rapport DBO/DCO de 3E	35
<u>Tableau 17</u> : Résultats de la détermination du coefficient K ( $S_1$ et $S_2$ )	38
<u>Tableau 18</u> : Classe de percolation suivant K	38
<u>Tableau 19</u> : Normes de rejet et résultats des analyses des eaux du canal d'irrigation	41
<u>Tableau 20</u> : Normes de rejet et résultats des analyses des eaux de la rivière	48

## **LISTE DES FIGURES**

<u>Figure 1</u> : Les différentes zones et la flore des cours d'eau	8
<u>Figure 2</u> : Les points de prélèvement des effluents des deux usines	30
<u>Figure 3</u> : Les points de prélèvement des eaux du canal d'irrigation	40
<u>Figure 4</u> : Différentes fonctions du sol système épurateur	43
<u>Figure 5</u> : Les points de prélèvement des eaux de la rivière	47

<b><u>LISTE DES GRAPHES</u></b>	Page
<u>Graphe 1</u> : DBO et DCO de 1E et 2E	32
<u>Graphe 2</u> : MES de 1E et 2E	33
<u>Graphe 3</u> : Turbidité de 1E et 2E	33
<u>Graphe 4</u> : DBO et DCO de 3E	36
<u>Graphe 5</u> : Huiles et graisses, MES, turbidité de 3E et les normes	36
<u>Graphe 6</u> : Comparaison de l'effluent de U1 (2E) avec celui de U2 (3E)	37
<u>Graphe 7</u> : DBO et DCO aux points 1C ,2C et 3C	44
<u>Graphe 8</u> : MES aux points 1C ,2C et 3C	44
<u>Graphe 9</u> : Conductivité aux points 1C ,2C et 3C	45
<u>Graphe 10</u> : DBO et DCO aux points 1R, 2R, 3R et 4R	49
<u>Graphe 11</u> : Turbidité aux points 1R, 2R, 3R et 4R	50
<u>Graphe 12</u> : MES aux points 1R, 2R, 3R et 4R	50

### **LISTES DES PHOTOS**

<u>Photo 1</u> : Les pépinières	13
<u>Photo 2</u> : Le canal d'irrigation	14
<u>Photo 3</u> : Confluence du canal d'irrigation avec la rivière	14
<u>Photo 4</u> : Rejets solides de U1 (sachets et boites de lait concentré sucré)	17
<u>Photo 5</u> : Buse d'évacuation des eaux usées de U1	17
<u>Photo 6</u> : Eaux résiduaires de U1	17

### **LISTE DES ANNEXES**

<u>Annexe 1</u> : Prélèvement des échantillons	
<u>Annexe 2</u> : Détermination des différents paramètres	
<u>Annexe 3</u> : Directives des Communautés Européennes pour la qualité des eaux destinées à la baignade (1976)	

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

C	: Conductivité
°C	: degré Celsius
Cl <sup>-</sup>	: Chlorure
DBO	: Demande biochimique en oxygène
DCO	: Demande chimique en oxygène
°F	: degré français
FIFAMANOR	: Fambolena Fiompiana Malagasy Norvezianina
FOFIFA	: Foibe Fikarohana momba ny Fambolena
FTM	: Foibe Taosaritanin'i Madagasikara
g	: gramme
JIRAMA	: Jiro sy Rano Malagasy
kg	: kilogramme
M.E.S.	: Matières En Suspension
M.O	: Matière Organique
mg/l	: milligramme par litre
ml	: millilitre
mgO <sub>2</sub> /l	: milligramme d'oxygène par litre
m <sup>3</sup>	: mètre cube
µS/cm	: microsiemens par centimètre
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	: Ammonium
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Nitrates
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	: Nitrites
N.T.U	: nephelometric turbidity unit
OD	: Oxygène dissous
pH	: potentiel d'hydrogène
Pt-Co	: Platine-Cobalt
RN7	: Route Nationale sept
TH	: Titre Hydrotimétrique
T	: température
U1	: industrie alimentaire
U2	: industrie chimique
VMMV	: Fédérations des Paysans-Semenciers du Vakinankaratra

## **INTRODUCTION**

Les usines contribuent d'une façon significative au développement social et économique de la région où elles sont installées. Toutefois, l'activité industrielle génère toujours des effluents liquides, des déchets solides et des émanations gazeuses de quantité et de nature très variables suivant le type d'activité et la taille de l'industrie.

A Madagascar, les rejets liquides des industries sont déversés sans traitement préalable ou avec traitement insuffisant dans le milieu naturel. Ainsi, les ressources en eau se trouvent de plus en plus dégradées.

Ce qui nous a incité à réaliser ce travail intitulé : « les effluents d'une industrie alimentaire et d'une savonnerie : caractérisation et impacts ». Les eaux résiduaires de ces deux usines se rejettent dans un canal d'irrigation et s'évacuent ensuite dans une rivière.

La méthodologie repose sur l'exploration du milieu environnant, sur des enquêtes auprès des riverains, sur des analyses physico-chimiques et biologiques de dix échantillons d'eau.

Les échantillons ont été prélevés dans le canal d'irrigation, dans la rivière et dans les canaux de rejet des deux usines.

Dans la première partie, nous parlerons des généralités sur la pollution de l'eau. Dans la deuxième, nous présenterons le site d'étude, les analyses, les résultats et les interprétations. Quelques conséquences de la pollution et la proposition des solutions seront évoquées dans la troisième partie.

Première partie

---

*Généralités*

Rapport-Gratuit.com

Ce mémoire a pour objet la détermination des caractéristiques des eaux usées de deux industries, alimentaire et chimique, l'étude de la qualité des eaux de la rivière et du canal d'irrigation.

Avant de présenter cette étude, nous allons donner quelques informations sur la pollution de l'eau.

## I-GENERALITES SUR LA POLLUTION DE L'EAU

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la faune et de la flore aquatiques ; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique.

### I-1 Origines de la pollution

Les eaux usées sont des eaux souillées et rejetées après usage. Elles constituent une principale source de pollution et ont des origines très diverses.

I.1.1 Eaux usées domestiques : eaux provenant de la cellule d'habitations. Elles comprennent les eaux ménagères et les eaux vannes. Les eaux ménagères (eaux de lavage corporel et du linge, eaux de lavage des locaux, eaux de cuisine) sont des eaux chargées en détergents, graisses, solvants et débris organiques et les eaux vannes sont des eaux chargées en matières azotées et en germes fécaux.

I.1.2 Eaux usées urbaines : eaux constituées par les eaux provenant des bâtiments publics, du lavage des rues et trottoirs ainsi que les eaux pluviales. Les eaux de pluie se chargent d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) ; en ruisselant, elles se chargent en résidus déposés sur les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, métaux lourds,...).

[1]

I.1.3 Effluents agricoles : eaux usées issues des fermes et des cultures. Elles sont caractérisées par de fortes teneurs en sels minéraux provenant des engrais, des purins et lisiers (élevage) et par la présence de produits de traitement (pesticides, herbicides, etc.)

I.1.4 Eaux usées industrielles : eaux utilisées pour les différentes activités de l'industrie. Leur nature varie avec le type d'activité. Elles peuvent renfermer des matières organiques, des produits toxiques, des métaux lourds, des micropolluants, des matières radioactives, des hydrocarbures, etc.[2]



### I-2 Les différents types de pollution

Selon la nature des agents polluants, la pollution peut être physique, chimique, thermique ou bactérienne.

*La pollution physique* est due à la présence de plusieurs phases dans le système (généralement liquide – solide) comme les matières en suspension et les colloïdes. Elle se traduit par un trouble ou une coloration.

*La pollution thermique* se traduit par une élévation anormale de la température de l'eau qui devient alors impropre à la vie aquatique. Cet accroissement de la température est dû le plus souvent à des circuits de refroidissement.

*La pollution chimique* est due à des substances en solution. Elle se traduit par un changement de saveur (eaux salées ou saumâtres), parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissous est un poison. [3]

*La pollution bactérienne* est due à la présence de microorganismes dont certains sont pathogènes, c'est-à-dire susceptibles de provoquer des maladies. [4]

### I-3 Manifestations de la pollution

Les différentes formes de pollution peuvent se manifester par des phénomènes de nuisances telles que :

- la diminution de la teneur en oxygène dissous due aux matières organiques en grande quantité. Leur dégradation par les bactéries entraîne une consommation massive d'oxygène privant ainsi le milieu aquatique,
- la prolifération d'algues due à la présence excessive des matières minérales : les phosphates, les composés azotés, les sulfates et autres éléments minéraux,
- la présence des produits toxiques provenant des cultures, des décharges de déchets domestiques et industriels,
- la modification physique du milieu due à l'augmentation de la turbidité par l'apport des particules fines, l'augmentation de la salinité et l'élévation de la température par les eaux de refroidissement,
- la présence de bactéries ou virus dangereux pouvant provenir des rejets des hôpitaux, des foyers domestiques, des élevages et de certaines industries agroalimentaires.

#### I-4 Conséquences de la pollution [2], [4]

La pollution a des conséquences néfastes sur l'homme et sur l'environnement :

##### - Conséquences sur la santé publique

Il est indéniable que l'eau contaminée porte atteinte à la santé de l'homme. Les eaux polluées sont à l'origine de nombreuses maladies par ingestion, inhalation d'eau souillée ou par simple contact (parasites) comme les diarrhées, les maladies de la peau, les migraines, les maladies pulmonaires, etc. Ces effets peuvent survenir à long ou à court terme suivant la durée du contact, la quantité absorbée et la toxicité.

##### - Conséquences sur l'écologie

- eutrophisation d'un plan d'eau,
- appauvrissement du milieu en oxygène dissous, affectant la vie des organismes aquatiques,
- disparition de certaines espèces par absorption des substances toxiques, provoquant un déséquilibre de l'écosystème.

##### - Conséquences socio-économiques

- impossibilité de l'exploitation piscicole,
- dégradation des sols des rizières entraînant une diminution et une mauvaise qualité de la production rizicole,
- dépréciation d'un site par suite de la dégradation de l'aspect : couleurs, odeurs, mousses, algues ou végétation sont des facteurs qui dégradent l'image du milieu.

#### I-5 Les paramètres indicateurs de pollution [3], [5]

Il existe cinq groupes d'indicateurs :

- les paramètres organoleptiques qui ont trait à la présentation de l'eau. Ils sont représentés par la couleur, l'odeur, la saveur et la turbidité,
  - les paramètres physico-chimiques : la température, la conductivité, le potentiel d'hydrogène (pH), les matières en suspension (MES), la dureté, les chlorures, les phosphates...,
  - les paramètres biologiques représentés par la demande biologique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO) et l'oxygène dissous,
  - les éléments indésirables : les métaux lourds, les nitrates, les nitrites, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (H.A.P.), les phénols et dérivés, les détergents, les antibiotiques, les résidus des pesticides,...
-

rejetées en très faibles quantités, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation, elles peuvent engendrer des nuisances.

---

- les paramètres microbiologiques : les tests microbiologiques ne sont effectués que dans des cas spéciaux comme les épidémies.

### I-6 Pollution de l'eau par les industries

#### I.6.1 Les sources de pollution sont [6]

- le nettoyage du sol,
- la vidange et la purge de certains récipients,
- le refroidissement des différentes machines utilisées,
- le lavage des matières premières, des produits finis, des cuves et des réacteurs,
- le déversement accidentel de produit à la suite de fausses manœuvres ou d'incidents de fabrication,
- le rejet de liquides résiduels résultant d'une opération quelconque.

#### I.6.2 Classification des eaux usées industrielles :

Suivant leur caractéristique, les eaux usées industrielles peuvent être

- à caractère organique dominant : eaux dont le rapport DBO/DCO est relativement élevé, de l'ordre de 0,5. Elles sont issues des industries agroalimentaires où la majorité des matières premières utilisées sont des composés organiques biodégradables [7],
- à caractère minéral dominant : eaux où leur rapport DBO/DCO est faible, de l'ordre de 0,1. Elles proviennent des industries de traitement des minéraux,
- à caractère mixte : eaux qui contiennent à la fois des matières organiques et minérales. Elles proviennent d'unités industrielles telles que les papeteries, les tanneries, les textiles. [8]

#### I.6.3 Les normes de rejet d'effluents liquides [9]

Selon l'article cinq du décret malgache n°2003/464 du 15/04/03 portant classification des eaux de surfaces et réglementation des rejets d'effluents liquides, afin de préserver les ressources en eau (objectifs de qualité), les rejets liquides doivent être incolores, inodores et respecter les valeurs données dans le tableau suivant :

PARAMÈTRES	UNITÉ	NORMES
Conductivité	μS/cm	200
Turbidité	NTU	25
Matières en suspension (MES)	mg/l	60
Température	°C	30
pH	-	6,0-9,0
Chlorures	mg/l	250
Nitrates	mg/l	20
Nitrites	mg/l	0,2
Azote ammoniacal	mg/l	15
Phosphates comme PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	10
Huiles et graisses	mg/l	10
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	50
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	150

Tableau 1 : normes de rejet pour quelques paramètres (Madagascar)

## II- GENERALITES SUR LES COURS D'EAU

### II-1 La Potamologie [11]

La potamologie ou l'hydrologie fluviale est l'étude scientifique des phénomènes se produisant dans les cours d'eau.

### II-2 Caractéristiques des cours d'eau

Les cours d'eau proviennent du ruissellement des eaux libres (précipitations) et des eaux de sources et des nappes (transit souterrain). De l'amont vers l'aval, les caractéristiques d'un cours d'eau changent. La vitesse du courant, la température, la nature du fond, la teneur en oxygène déterminent différentes zones [2].

La figure ci-après présente les différentes zones et la flore des cours d'eau.

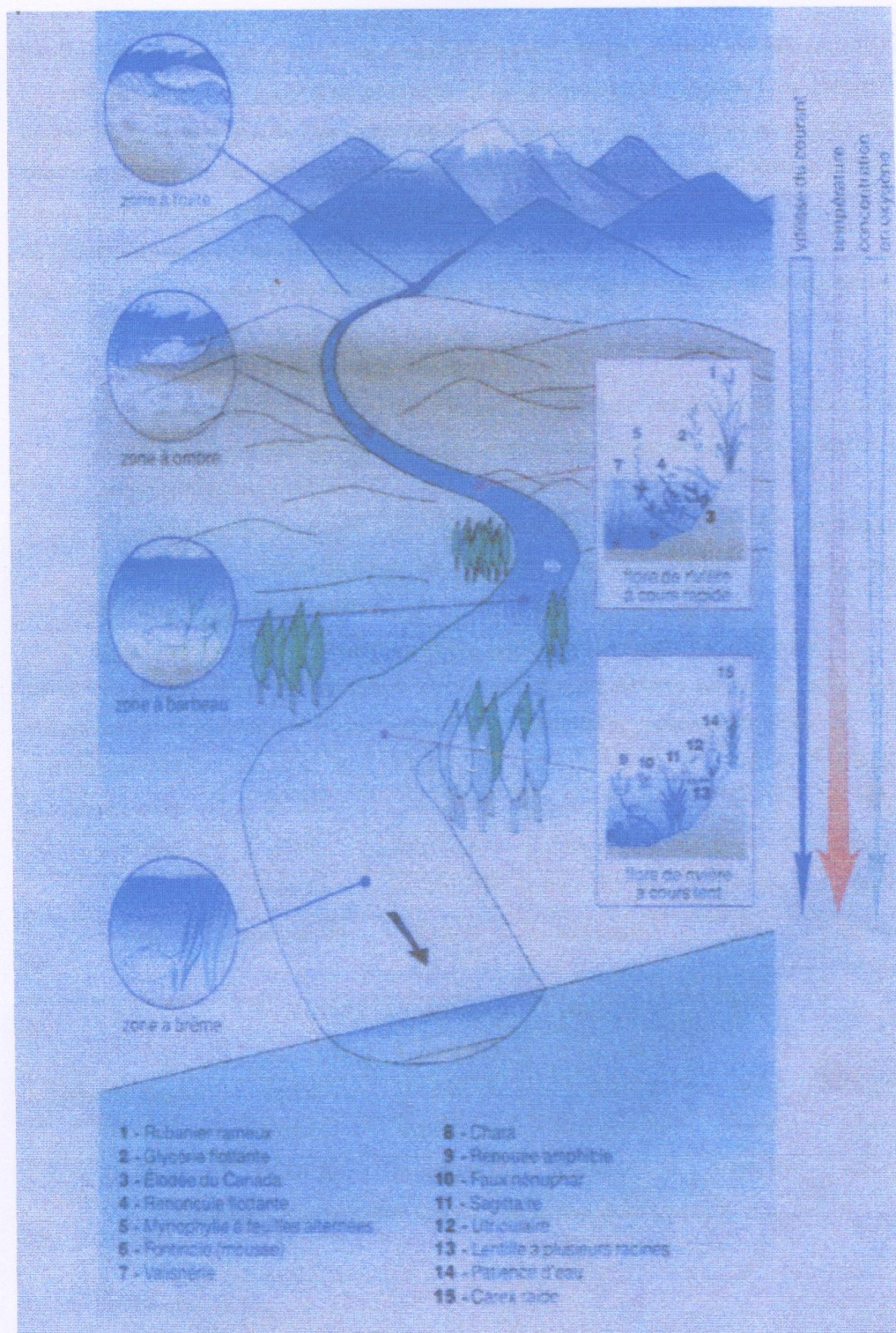


Figure 1 : Les différentes zones et la flore des cours d'eau [11]

### II-3 L'auto-épuration des cours d'eau [12]

Le déversement, dans un cours d'eau d'eaux résiduaires polluées y provoque des réactions d' « auto-épuration ». Il s'agit d'un processus de nature biologique, dégradant les matières organiques déversées en matières minérales avec la participation d'organismes animaux et végétaux notamment de microorganismes. Les matières minérales sont assimilables par les algues qui prolifèrent et réoxygènent le milieu par photosynthèse.

### II-4 Classification des cours d'eau [9]

Les cours d'eau font partie des eaux de surface qui, selon l'article trois du décret malgache n°2003/464 sont classées comme suit :

- A : bonne qualité – usages multiples possibles,
- B : qualité passable-loisirs possibles s'ils ne nécessitent que des contacts exceptionnels avec l'eau - reproduction aléatoire des poissons- abreuvement des animaux tolérables-usages industriels possibles,
- C : qualité médiocre -survie aléatoire des poissons- irrigation tolérable - utilisation impossible en alimentation en eau potable, abreuvement, loisirs, baignade, eau industrielle sauf refroidissement,
- Hors catégorie (HC) : pollution excessive, inapte à tous usages sauf navigation.

Le tableau ci-après donne les différentes classes des eaux de surfaces suivant la qualité des paramètres. C'est le paramètre le plus mauvais qui conditionne le classement de l'eau.

PARAMETRES	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	HC	UNITE
Température	$T < 25$	$25 \leq T < 30$	$30 \leq T < 35$	$35 < T$	°C
Conductivité	$\leq 250$	$250 < C \leq 500$	$500 < C \leq 3000$	$3\ 000 < C$	$\mu\text{S}/\text{cm}$
MES	$\text{MES} < 30$	$30 \leq \text{MES} < 60$	$60 \leq \text{MES} < 100$	$100 < \text{MES}$	mg/l
Couleur	couleur < 20	20 à 30	30 < couleur	-	échellePt -Co
pH	$6,0 \leq \text{pH} \leq 8,5$	$5,5 < \text{pH} < 6,0$ ou $8,5 < \text{pH} < 9,5$	$\text{pH} \leq 5,5$ ou $9,5 \leq \text{pH}$	-	-
Oxygène dissous	$5 \leq \text{OD}$	$3 < \text{OD} < 5$	$2 < \text{OD} \leq 3$	$\text{OD} < 2$	mg/l
DBO <sub>5</sub>	$\text{DBO} \leq 5$	$5 < \text{DBO} \leq 20$	$20 < \text{DBO} \leq 70$	$70 < \text{DBO}$	mgO <sub>2</sub> /l
DCO	$\text{DCO} \leq 20$	$20 < \text{DCO} \leq 50$	$50 < \text{DCO} \leq 100$	$100 < \text{DCO}$	mgO <sub>2</sub> /l

Tableau 2 : classification des eaux de surface (Madagascar)

## Deuxième partie

---

### *Résultats et interprétations*

## I-DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

### I.1 La commune

La commune se trouve à cent soixante-sept kilomètres d'Antananarivo en suivant la route nationale numéro sept (RN7) qui mène vers Tuléar. Elle occupe une superficie de 180km<sup>2</sup>. C'est une région volcanique située entre 1 300 et 1600mètres d'altitude. Elle a un climat tropical humide tempéré, la température minimale est de 5°C (mois de juillet et août) et la température maximale de 24°C (mois de décembre et janvier). La pluviométrie varie de 900 à 2 000 millimètres par an [13]. C'est l'une des villes les plus industrialisées de Madagascar et c'est aussi une région à vocation agricole grâce à la richesse du sol.

Notre zone d'étude regroupe une industrie alimentaire, une industrie chimique, une rivière, un canal d'irrigation, des rizières et la population environnante.





## I.2 La végétation

Les cultures des hautes terres comme le maïs, les haricots, les arachides, la patate douce dominant; il existe aussi la riziculture, des cultures maraîchères comme les carottes, les choux, les pommes de terre, les salades, les brèdes et des arbres fruitiers comme les pêchers, les bananiers, les avocatiers, les plaqueminières.

Concernant la riziculture, les variétés cultivées sont largement dominées par le « rojo fotsy » et le « rojo mena » (riz japonais). Deux systèmes de repiquage co-existent : le repiquage traditionnel en foule (saritaka) et le repiquage en ligne. Le rendement en paddy est de deux tonnes huit cents à l'hectare (2,8t/ha). Le riz de première saison (vary aloha) n'est pas pratiqué car il a lieu pendant la période hivernale (la température peut atteindre 5°C en juillet et en août moment de semis). Pour le riz de saison (riz vakiambiatty ou vary be), le semis se pratique vers le mois de septembre-octobre-novembre et la campagne rizicole se déroule en mars-avril-mai.

Depuis l'implantation des usines dans la région, les agriculteurs ont rencontré des problèmes : les eaux usées polluées des usines ont entraîné une mauvaise qualité des plants du riz et des épis stériles. [13]

PHOTO I : Les pépinières



## I.3 La rivière

La rivière longe la RN7 et coule du nord vers le sud. Elle suit le régime des hauts plateaux : saison de pluie de novembre à février et saison sèche du mois de mars au mois d'octobre. Elle reçoit la quasi-totalité des eaux usées rejetées par les usines environnantes ainsi que les eaux usées domestiques des riverains. Elle assure cependant les besoins en eau de la population avoisinante avec ses diverses activités économiques et sociales : lavage de linges, abreuvement des animaux, pêche, irrigation des cultures, baignades.

#### I.4 Le canal

Le canal passe à travers les rizières et se déverse ensuite dans la rivière. Il communique avec les canaux de rejet de deux usines avoisinantes : l'industrie alimentaire et l'industrie chimique. Il sert à irriguer les rizières durant la période de semence et au moment du repiquage lorsque les eaux de pluie ne sont pas suffisantes.

PHOTO II : Le canal d'irrigation



PHOTO III : Confluence du canal d'irrigation avec la rivière

#### I.5 Les activités de la population

L'agriculture, comme dans tout Madagascar constitue l'activité principale de la région surtout dans la zone suburbaine. Les habitants s'occupent de la culture des céréales et des cultures maraîchères. Ils participent à l'approvisionnement du marché de la ville. D'autres habitants sont des éleveurs de bovins, de porcins, de volailles. Les éleveurs de bovin assurent presque la totalité des besoins en lait des entreprises laitières et de la population de la région.

Dans la zone urbaine par contre, la plupart des jeunes travaillent dans les entreprises franches.

## II- LES ENTREPRISES

### II.1 L'industrie alimentaire : U1

L'usine occupe une surface de 55 000m<sup>2</sup> dont 9 000 m<sup>2</sup> bâtie. Elle emploie cent cinquante personnes. Ses principales activités sont *la fabrication de produits alimentaires et la transformation du lait* en yaourt à boire, en fromage, en lait concentré sucré.

#### II.1.1 Procédé de fabrication

Les étapes de la *fabrication d' yaourt à boire* ou *boisson à yaourt* sont présentées dans le tableau n°3.

ETAPES	CARACTERISTIQUES
<i>Préparation de la matière première</i> -Standardisation  -Pasteurisation -Homogénéisation  -Cuisson	-a pour mission de garantir l'uniformité des produits. -consiste à enlever une partie de la teneur en matière grasse du lait. -consiste à éliminer les germes pathogènes. -vise à détruire les micelles de caséine en éclatant les globules gras. -s'obtient par passage sous pression élevée (150Kg/cm à 250Kg/cm) du lait à travers des orifices.
<i>Ensemencement</i>	-consiste à inoculer le lait entre 42°C et 45°C avec deux souches responsables de la fermentation : le <i>Lactobacillus bulgaricus</i> et le <i>Streptococcus thermophilus</i> .
<i>Incubation</i>	-mise en incubation du mélangeensemencé. -vise à donner aux ferments le temps d'agir.
<i>Brassage</i>	-réalisé par homogénéisation à basse pression inférieure à 50atmosphères. -vise à donner aux produits un aspect plus liquide.
<i>Homogénéisation</i>	
<i>Refroidissement</i>	-amène la température à 10°C.
<i>Conditionnement</i>	-mise en bouteille.
<i>Stockage</i>	- à froid : 4°C.

Tableau 3 : procédé de fabrication d' yaourt à boire

II.1.2 Les matières premières utilisées sont : le lait de vache, le sucre, la farine de blé, les produits auxiliaires (émulsifiants, ferments, parfum).

#### II.1.3 Contrôle de qualité

L'usine possède un laboratoire qui effectue deux types de contrôle : un contrôle physico-chimique et un contrôle bactériologique (recherche de bactéries d'altération, recherche de bactéries pathogènes). On contrôle les intrants, les produits intermédiaires et les produits finis. Les contrôles sont effectués par le laboratoire de l'entreprise, les laboratoires agréés par l'Etat comme l'Institut Pasteur de Madagascar et le Centre National de Recherche sur l'Environnement.

#### II.1.4 Capacité de production

L'usine produit annuellement 7 500 tonnes de lait concentré en boîtes de 390g, 1 000 tonnes de farine de blé lactée. Elle a aussi la capacité de produire 5 000 bouteilles de 250ml d'yaourt à boire par heure.

#### II.1.5 L'eau et la source d'énergie

A part l'eau fournie et produite par la JIRAMA (Jiro sy Rano Malagasy), l'usine utilise des eaux de puits. Avant usage, l'eau est traitée par chloration puis déchlorée. La consommation est de cinquante mètres cube par jour (50m<sup>3</sup>/j).

Pour l'énergie, outre l'électricité fournie par la JIRAMA, elle utilise un groupe électrogène de secours.

#### II.1.6 Les rejets

On observe deux types de rejets :

- les effluents liquides : les eaux usées ont une couleur blanchâtre et une odeur putride.
- les déchets solides sont constitués de cartons, de sachets et des produits périmés.

En 2003, les rejets solides étaient constitués de :

- 1 500kg de cartons
- 300kg de sachets
- 1 700 tonnes de lait concentré périmé en boîte de 390g.



PHOTO IV : Rejets solides de U1 (sachets et boites de lait concentré sucré)



PHOTO V : Buse d'évacuation des eaux usées de U1

PHOTO VI : Eaux résiduaires de U1



## II.2 L'industrie chimique : U2

L'entreprise a été créée en 1996. Son activité concerne principalement *la fabrication de savon*.

### II.2.1 Procédé de fabrication :

Les principales étapes de la fabrication du savon et le procédé de fabrication sont présentés sur le tableau n°4.

OPERATION	INTRANTS	PROCEDES
Purification et décoloration	-Huile brute -Terre décolorante -Agent de blanchiment	Chauffage de corps gras, ajout de terre décolorante et d'agent de blanchiment.  → matière grasse raffinée
Empâtage	-Huile raffinée -Soude	Chauffage de la matière grasse avec addition progressive de soude.  → savon inachevé
Relargage	-Savon inachevé -Sel	Ajout de sel dans la chaudière contenant le savon inachevé, maintien de l'ébullition, décantation puis soutirage de la lessive glycinée.  → lessive glycinée + savon granuleux
Cuisson	-Pâte de savon - Reste de soude	Addition en trois étapes dans la pâte du reste de lessive alcaline et on porte à ébullition.  → pâte cuite
Lavage	-Pâte cuite - Eau	Addition d'eau dans la pâte cuite, maintien de l'ébullition, décantation, ensuite soutirage de la lessive salée.  → savon grainé
Liquidation	-Savon grainé -Eau	Addition progressive d'eau dans le savon grainé tout en continuant le chauffage.
Coulage	Savon chargé	On laisse décanter le savon chargé et on coule.  → savon solidifié
Découpage et séchage	Savon solide	Le savon solide en blocs est découpé aux formes voulues, puis on sèche en faisant circuler de l'air.  → savon découpé et séché
Estampage et emballage	Savon séché	Le savon sec est estampé au moyen d'une presse à estamper, ensuite on les emballe.

Tableau 4 : Procédé de fabrication du savon

II.2.2 Les matières premières utilisées sont : l'huile de palme, la soude, le sel, la charge, les colorants et le parfum.

II.2.3 L'eau et la source d'énergie

Pour son fonctionnement, la savonnerie utilise l'eau produite et distribuée par la JIRAMA. La consommation est environ 21m<sup>3</sup> par jour.

Pour l'énergie, outre l'électricité fournie par la JIRAMA, l'usine utilise une chaudière fonctionnant au fuel.

II.2.4 Les rejets

On observe trois types de rejets :

- les effluents liquides de couleur blanchâtre avec une odeur de savon ;
- les déchets solides composés par les ordures des divers ateliers et les déchets de cartons et de sachets ;
- les émanations gazeuses : ce sont les fumées engendrées par la chaudière.

II.3 Produits utilisés par l'industrie alimentaire et par l'industrie savonnaire et leurs toxicités

Les produits utilisés par l'industrie alimentaire (U1) et l'industrie savonnaire (U2) sont donnés dans le tableau n°5.

PRODUITS	Utilisation pour U1	Utilisation pour U2
Agent de blanchiment (persulfates, hypochlorites, peroxyde de sodium)		Raffinage des huiles brutes
Sel (chlorure de sodium)	Pour rehausser le goût de la farine lactée infantile	Séparation du savon de l'eau glycéринée
Emulsifiants (lécithine de soja)	Pour donner une structure crémeuse à la farine lactée infantile	
Produits auxiliaires (carbonate de calcium, phosphates calcique, pyrophosphate de fer)	Pour augmenter la valeur nutritionnelle de la farine lactée	
Colorants		Pour colorer le savon afin de lui donner un aspect agréable
Soude	Nettoyage des pasteurisateurs	Pour saponifier l'huile de palme
Acide nitrique	Nettoyage des pasteurisateurs	

Tableau 5 : produits utilisés par U1 et par U2

Les produits les plus toxiques utilisés sont l'acide nitrique et la soude.



### II.3.1 Acide nitrique : [14]

C'est un liquide incolore, d'odeur âcre.

Propriétés physiques :

- Point d'ébullition : 121° C
- Point de fusion : - 41,6° C
- Densité relative (eau = 1) : 1,4
- Solubilité dans l'eau : miscible

Il se décompose par chauffage en produisant des oxydes d'azote. C'est un oxydant fort qui réagit violemment avec les matières combustibles et les réducteurs comme la térébenthine, le charbon de bois, l'alcool. C'est un acide fort qui réagit violemment avec les bases. Il est corrosif pour les métaux. L'acide nitrique réagit aussi très violemment avec les produits chimiques organiques comme l'acétone, l'acide acétique, l'anhydride acétique, en provoquant des risques d'incendie et d'explosion. Il attaque certaines matières plastiques.

Il peut être absorbé par l'organisme par inhalation de ses vapeurs et par ingestion. Une contamination dangereuse de l'air est très rapidement atteinte lors de son évaporation à 20°C. Ce produit est très corrosif pour les yeux, la peau et les voies respiratoires. Il est corrosif par ingestion. L'inhalation de la vapeur peut causer un œdème pulmonaire. La limite d'exposition professionnelle (L.E.P.) est de 5,2 mg/m<sup>3</sup>.

Les risques, les préventions et le premier secours sont présentés dans le tableau n°6.

TYPES DE RISQUES / EXPOSITION	RISQUES / SYMPTOMES AIGUS	PREVENTION	PREMIER SECOURS / AGENTS D'EXTINCTION
Incendie	-Non combustible, mais favorise la combustion d'autres substances. -Emission de fumées (ou de gaz) irritantes ou toxiques lors d'un incendie	-Pas de contact avec les substances inflammables -Pas de contact avec les combustibles ou les produits chimiques organiques	En cas d'incendie à proximité : pas de mousse
Explosion	Risques d'incendie et d'explosion au contact de nombreux composés organiques courants		En cas d'incendie maintenir les fûts à basse température en les arrosant d'eau.
Contact physique		Eviter tout contact	Dans tous les cas consulter un médecin.
Inhalation	-Sensation de brûlure -Toux -Respiration difficile -Perte de conscience	-Ventilation -Aspiration locale ou protection respiratoire	-Air frais, repos -Position semi- assise -Respiration artificielle si nécessaire -Consulter un médecin.
Peau	-Corrosif -Sérieuses brûlures cutanées -Douleur -Coloration jaune	Vêtements de protection	-Retirer les vêtements contaminés -Rincer la peau abondamment à l'eau ou prendre une douche -Consulter un médecin.
Yeux	-Corrosif -Rougeur -Douleur -Brûlures profondes graves	Ecran facial, ou protection oculaire associée à une protection respiratoire	-Rincer abondamment à l'eau pendant plusieurs minutes -Consulter un médecin
Ingestion	-Corrosif -Douleurs abdominales -Sensation de brûlure -Choc	-Ne pas manger, ne pas boire ni fumer pendant le travail. -Se laver les mains avant de manger	-Ne pas faire vomir -Donner abondamment à boire -Repos -Consulter un médecin.

Tableau 6 : risques et préventions pour l'utilisation de l'acide nitrique

### II.3.2. Soude caustique : [14]

C'est un solide de formes variables, blanc, déliquescent et inodore.

Propriétés physiques :

- point d'ébullition : 1 390°C
- point de fusion : 318°C
- densité : 2,1
- la solubilité dans l'eau à 20°C : 109 g/ 100ml.

La soude est une base forte ; elle réagit violemment avec les acides. Elle réagit avec les sels d'ammonium pour former de l'ammoniaque et elle peut provoquer des incendies. Elle attaque certaines formes de matières plastiques, le caoutchouc ou le recouvrement de surface. Elle fixe rapidement l'humidité de l'air et absorbe le dioxyde de carbone. Le contact avec l'humidité ou l'eau produit de la chaleur.

Cette substance peut être absorbée par l'organisme par inhalation de ses aérosols et par ingestion. L'évaporation à 20°C est négligeable, une concentration dangereuse de particules en suspension dans l'air peut cependant être atteinte rapidement. La soude est très corrosive pour les yeux, la peau et les voies respiratoires. L'inhalation d'un aérosol peut causer un œdème pulmonaire. Un contact répété ou prolongé avec la peau peut causer une dermatite. La limite d'exposition professionnelle (L.E.P.) est de 2 mg/m<sup>3</sup>.

La substance peut être dangereuse pour l'environnement ; une attention particulière doit être accordée aux organismes aquatiques.

Les risques, les préventions et les premiers secours sont présentés dans le tableau n°7.

TYPES DE RISQUES / EXPOSITION	RISQUES / SYMPTOMES	PREVENTION	PREMIERS SECOURS / AGENTS D'EXTINCTION
Incendie	-Non combustible -Le contact avec l'humidité et l'eau peut produire suffisamment de chaleur pour enflammer les substances combustibles		En cas d'incendie à proximité : tous agents d'extinction sont autorisés
Contact physique		Eviter tout contact	Dans tous les cas consulter un médecin
Inhalation	-Corrosive -Sensation de brûlure -Toux, mal de gorge -Respiration difficile -Essoufflement	Aspiration locale ou protection respiratoire	-Air frais, repos -Position semi- assise -Respiration artificielle si nécessaire -Consulter un médecin.
Peau	-Corrosive -Sérieuses brûlures cutanées -Douleur -Rougeur -Ampoules	-Gants de protection -Vêtement de protection	-Retirer les vêtements contaminés -Rincer la peau abondamment à l'eau ou prendre une douche -Consulter un médecin.
Yeux	-Corrosive -Rougeur -Douleur -Brûlures profondes graves -Troubles de la vue	Ecran facial, ou protection oculaire associée à une protection respiratoire en présence de poudre	-Rincer abondamment à l'eau pendant plusieurs minutes - Consulter un médecin
Ingestion	-Corrosive -Douleurs abdominales -Sensation de brûlure -Choc ou collapsus	-Ne pas manger, ne pas boire ni fumer pendant le travail. -Se laver les mains avant de manger	-Rincer la bouche -Ne pas faire vomir -Donner abondamment à boire -Consulter un médecin

Tableau 7 : risques et préventions pour l'utilisation de la soude caustique

### III-PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX

#### III.1 Généralités

Dans la zone d'étude : les réseaux d'assainissement sont absents ou déficients et les infrastructures pour le traitement des eaux usées sont inexistantes pour la plupart des usines. Par conséquent, les usines rejettent leurs eaux usées polluées dans la nature, dans les canaux d'irrigation et dans la rivière.

Il est vrai que, la mise en place des différentes industries contribue au développement social et économique d'une commune. Les entreprises sont source d'embauches et elles font développer les autres activités comme le transport, l'élevage et les cultures industrielles, mais elles sont aussi source de pollution pour le milieu et la population environnants. La qualité des eaux d'irrigation est dégradée. Les rizières qui bordent le canal et la rivière sont contaminées. Les rendements diminuent car les épis sont devenus stériles. Certaines utilisations de la rivière comme la pêche, les baignades ne sont plus possibles.

Nous nous proposons :

- de déterminer la qualité des effluents liquides de l'industrie alimentaire et de la savonnerie et d'en déduire celle qui est la plus polluante des deux.
- de déterminer la qualité de l'eau du canal d'irrigation et d'apprécier l'évolution de sa pollution.
- de déterminer la qualité de l'eau de la rivière et de suivre l'évolution de sa qualité.
- de déterminer les conséquences et risques sur le milieu environnant des usines.
- de proposer des solutions pour atténuer les impacts négatifs induits de la mauvaise qualité des eaux sur l'environnement.

Pour la réalisation de cette étude, nous avons effectué des enquêtes auprès des riverains, des analyses organoleptiques, physico-chimiques et biologiques des eaux.

#### III.1.1 Les analyses [6], [7], [9]

Les analyses d'eau ont été effectuées au laboratoire de la JIRAMA.

La détermination de la qualité d'une eau est difficile puisque les composants des eaux résiduaires industrielles sont innombrables. C'est la raison pour laquelle nous avons considérés les paramètres globaux représentés dans le tableau n°8.

Paramètres organoleptiques	Paramètres physiques	Paramètres biologiques
Odeur	Température	DBO
Couleur	pH	DCO
Turbidité	Conductivité	Matières organiques (MO)
	MES	
	Dureté	

Tableau 8 : paramètres analysés

Ces paramètres globaux seront complétés par des paramètres spécifiques : chlorures, phosphates, ammonium, nitrites, nitrates, graisses et huiles.

#### III.1.1.1 Les paramètres organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques sont liés aux organes de sens.

*La couleur*, on distingue la couleur vraie due aux matières en solution et la couleur apparente liée aux matières en suspension et en solution.

*Les odeurs* proviennent, soit des produits chimiques, soit des matières organiques en décomposition, soit des organismes vivants qui libèrent des essences. Le test de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation.

*La turbidité* d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées. Elle est liée à la transparence, sa connaissance est indispensable à l'étude d'un traitement.

#### III.1.1.2 Les paramètres physico-chimiques :

*Le potentiel d'hydrogène* ou *pH* représente l'alcalinité ou l'acidité de l'eau. La variation de pH est habituellement influencée par la concentration en anhydride carbonique liée à la minéralisation totale.

*La température* d'une eau dépend de son origine et des transformations qu'elle a subies. C'est un facteur écologique important du milieu aquatique qui influe sur la densité de l'eau. Une température très élevée favorise le développement des microorganismes et peut intensifier les odeurs et les saveurs.

*Le Titre hydrotimétrique (TH)* représente la concentration en ions alcalino-terreux présents dans l'eau. On distingue :

- la dureté totale qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;
- la dureté carbonatée qui est la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium et
- la dureté non carbonatée qui indique la teneur en calcium et magnésium correspondant à des anions forts.

*Les matières en suspension (MES)* englobent tous les éléments en suspension dans l'eau. Leur présence diminue la transparence des eaux.

*La conductivité* donne une évaluation de la quantité de sels dissous présents dans l'eau.

Le tableau n°9 donne la correspondance entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.

CONDUCTIVITE ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ )	MINERALISATION
$C < 100$	Minéralisation très faible
$100 < C < 200$	Minéralisation faible
$200 < C < 333$	Minéralisation moyenne accentuée
$333 < C < 666$	Minéralisation moyenne
$666 < C < 1\ 000$	Minéralisation importante
$C > 1\ 000$	Minéralisation excessive

Tableau 9 : Correspondance entre la minéralisation de l'eau et la conductivité [9]

On peut rencontrer dans les eaux différentes sortes de composés *azotés* :

- les nitrates : toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique ;
- les nitrites proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante;
- l'azote ammoniacal, sa présence traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Des teneurs importantes en azote entraînent une pullulation d'algues.

*Les sels nutritifs* : tout comme les composés azotés, les phosphates et les chlorures accélèrent le phénomène d'eutrophisation. Ce sont des composés naturels des eaux, leur teneur est souvent accrue par l'apport des effluents industriels.

*Les huiles et les graisses* sont pour la plupart insolubles dans l'eau. Elles agissent sur le transfert et sur la dissolution de l'oxygène ; elles gênent la réaération normale de l'eau et contribuent à modifier le système écologique existant.

### III.1.1.3 Les paramètres biologiques

Les matières organiques (MO) favorisent l'apparition des mauvais goûts qui peuvent être exacerbés par la chloration. Leur présence facilite aussi le développement de germes, des algues et des champignons.

Classe	Eaux très pures	Eaux potables	Eaux suspectes	Eaux mauvaises
Taux	moins de 1mg/l	1-2mg/l	2-4mg/l	plus de 4mg/l

Tableau 10 : classification des eaux suivant la teneur en matières organiques [9]

La demande biologique en oxygène (DBO) exprime la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps donné par certaines matières présentes dans l'eau pour assurer par voie biochimique leur dégradation. Si le temps d'incubation est de cinq jours, il s'agit de DBO<sub>5</sub>. Ce test permet de déterminer la quantité des matières organiques biodégradables.

La demande chimique en oxygène (DCO) évalue la quantité des matières organiques biodégradables ou non contenues dans l'eau. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le bichromate de potassium nécessaire à leur oxydation.

#### III.1.1.4 Les principales méthodes utilisées pour la détermination des paramètres :

Les techniques d'analyses utilisées pour déterminer les paramètres sont présentées dans le tableau n°11.

PARAMÈTRES	METHODES UTILISÉES
Turbidité	Néphélométrie
température	Thermomètre
pH	pHmétrie
MES	Filtration sur disque filtrant
Conductivité	Conductimétrie
Dureté	Complexométrie EDTA
Chlorures	Volumétrie
Nitrates	Volumétrie
Nitrites	Volumétrie
Ammonium	Volumétrie
Phosphates	Volumétrie
MO	Volumétrie
Huiles et graisses	Extraction au chloroforme
DCO	Volumétrie
DBO	Manométrie

Tableau 11 : méthodes d'analyses.

#### III.1.2 Les échantillons d'eau analysés :

Dix échantillons d'eau ont été prélevés le 01, le 07 et le 25 juillet 2005 : deux pour l'effluent de l'usine alimentaire, un pour l'effluent de la savonnerie, trois pour le canal d'irrigation et quatre pour la rivière.

Pour faciliter la compréhension, nous décrivons :



1°) les effluents des usines 1E, 2E et 3E

1°) les eaux du canal d'irrigation 1C, 2C, 3C

3°) les eaux de la rivière 1R, 2R, 3R, 4R.

### III.1.3 Lieux de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués sur quatre points de la rivière

- 1R : à 400m en aval d'une industrie textile située en amont de U1
- 2R : à 100m en aval de 1R
- 3R : à 100m en amont de l'industrie alimentaire (U1) et de la savonnerie (U2)
- 4R : en aval de U1 et de U2. En effet, la rivière est divisée en trois parties : la première en aval de l'usine textile (de 1R à 2R), la deuxième en amont des deux industries U1 et U2 et la troisième en aval de U1 et de U2.

Les échantillons d'eau du canal d'irrigation ont été prélevés aux points suivants :

- 1C : à 100m en amont de U1
- 2C : à 100m en aval de U1
- 3C : en aval de U2.

Les échantillons d'effluents des deux usines ont été prélevés dans leur canal de rejet respectif. Ces points de prélèvements ont été choisis de manière à déterminer la qualité de rejet liquide non dilué des deux usines, de connaître approximativement la qualité des eaux irriguant les rizières et de suivre l'évolution de la qualité de l'eau de la rivière.

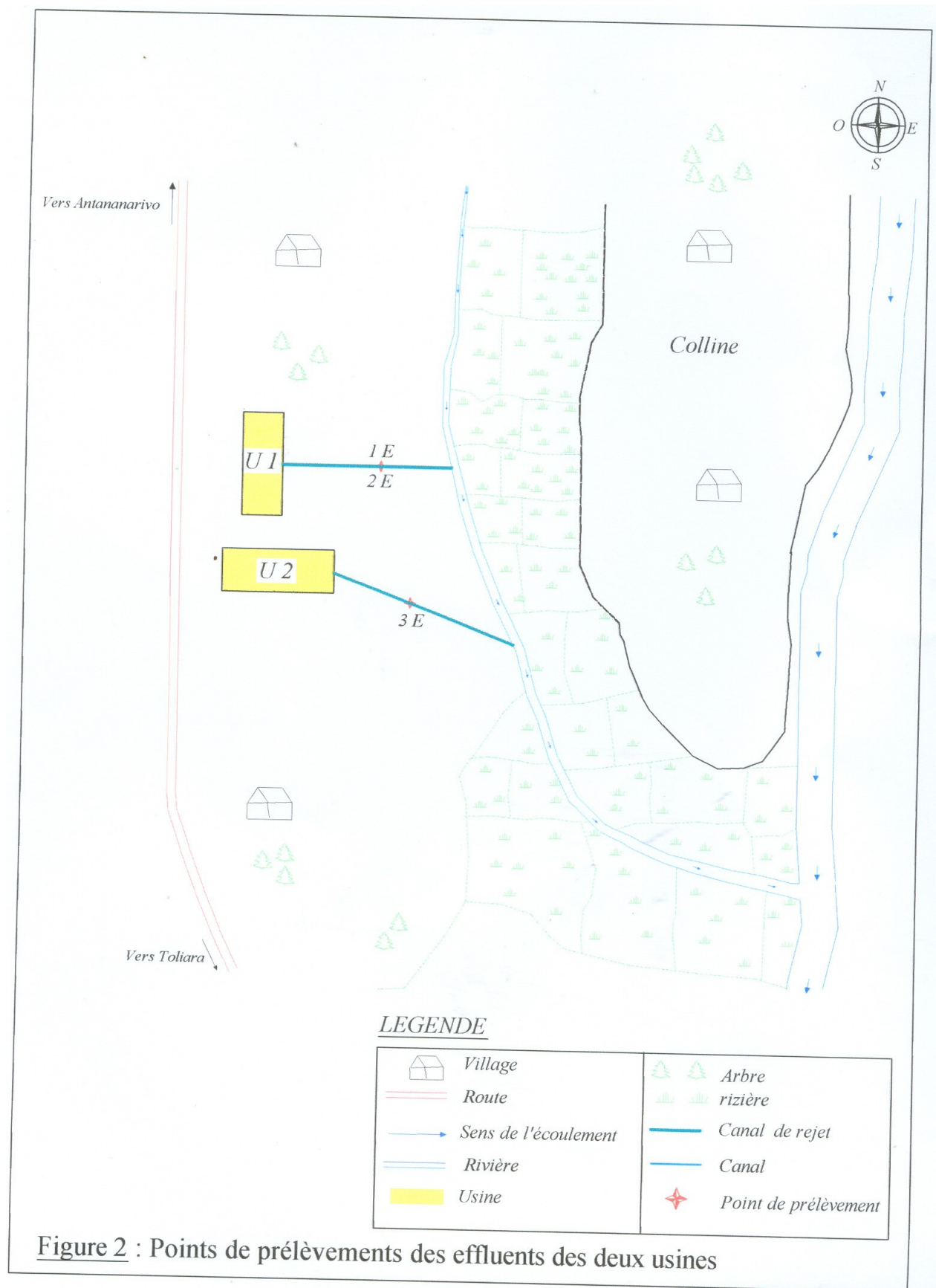
Des études comparatives sont aussi effectuées entre les eaux des différentes parties de la rivière et du canal.

### III.2 Qualité des rejets industriels

Les prélèvements des échantillons ont été effectués dans :

- le canal de rejet de l'usine alimentaire (U1) : échantillon 1E et échantillon 2E
- le canal de rejet de la savonnerie (U2) : échantillon 3E.

Les eaux résiduares des deux usines ont un aspect trouble et sont de couleur blanche. Elles se déversent dans le canal qui irrigue les rizières environnantes.



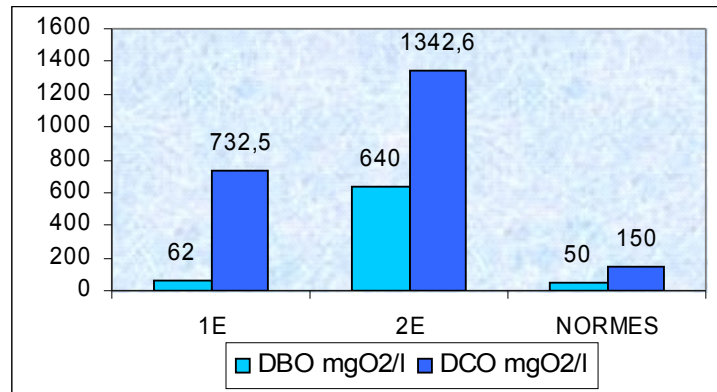


La moitié des paramètres sont hors normes : citons la turbidité et la conductivité ainsi que la DCO des deux échantillons. On remarque aussi la forte teneur en matières en suspension de 1E et le taux élevé en huiles et graisses de 2E.

La valeur du rapport DBO/DCO permet de caractériser les eaux. Le tableau n°13 ci-dessous donne les valeurs de la DBO, de la DCO et du rapport DBO/DCO de l'échantillon 1E et de l'échantillon 2E des eaux usées de U1.

Paramètres	Unité	1E	2E	Normes
DBO	mgO <sub>2</sub> /l	62	640	50
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	732,5	1342,6	150
DBO/DCO		0,08	0,48	

Tableau 13 : valeurs de la DCO, de la DBO et du rapport DBO/DCO des échantillons 1E et 2E (effluent de U1).



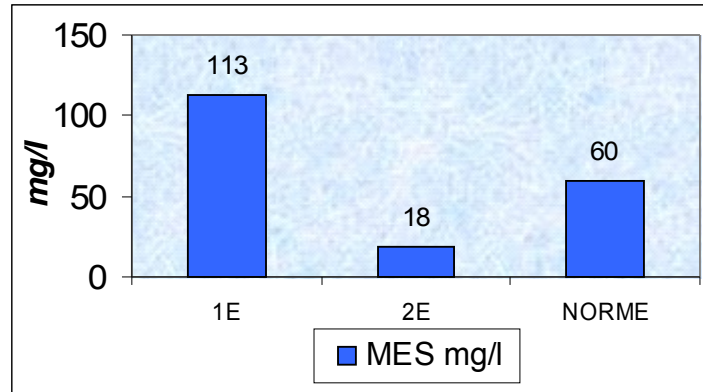
Graph 1 : DBO, DCO de 1E et de 2E

Le rapport DBO/DCO de l'échantillon 2E est élevé (rapport DBO/DCO =0,48 pour 2E), on peut en déduire qu'il a un caractère organique dominant. La présence des matières organiques biodégradables provenant du lait et de la farine dans le rejet liquide sont à l'origine de la valeur élevée de la DBO.

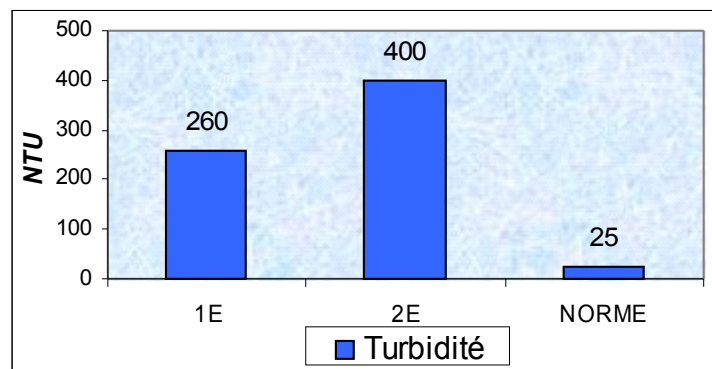
Même si 1E est issu d'une industrie alimentaire, il est à dominance minérale (rapport DBO/DCO=0,12 pour 1E, valeur inférieure à 0,5). Il peut être constitué en majorité par les eaux de refroidissement et de nettoyage. Des substances chimiques comme l'acide nitrique et la soude utilisées pour le nettoyage pourraient se trouver dans 1E d'où son caractère minéral. Le tableau 14 montre pourtant que l'eau contient une certaine quantité de matières organiques (MO=44,5mg/l pour 1E).

### Les huiles et graisses, la turbidité et les MES

La turbidité a une valeur qui dépasse largement les normes pour les deux échantillons. La teneur en matières en suspension est hors normes pour 1E, le taux en huiles et graisses de 2E l'est également.



Graphe 2 : MES de 1E et de 2E



Graphe 3 : Turbidité de 1E et de 2E

Les graphes 2 et 3 montrent que la turbidité est très importante pour les deux échantillons (vingt fois plus que la norme préconisée) ainsi que la teneur en matières en suspension de 1E. La valeur élevée de la turbidité est en rapport avec le taux des matières en suspension organiques et inorganiques présentes en grande quantité (MES=113mg/l pour 1E). La coloration blanchâtre de l'eau pourrait être aussi à l'origine de la forte turbidité de l'effluent.

Les graisses contenues dans l'effluent de l'industrie alimentaire viennent du lait. Le lait de vache renferme des matières grasses (cf. tableau 14) et dans l'industrie laitière il y a toujours perte de lait. Cette perte est estimée à un litre de lait entier pour cinq cents à six cents litres de lait traité [12].

La présence des huiles et des graisses dans les eaux usées à teneur élevée présente un danger pour le milieu récepteur. Les mélanges huile/eau peuvent former un film de surface, ce

qui empêche le transfert de l'oxygène de l'air dans l'eau et limite la photosynthèse pour la flore aquatique. L'auto-épuration de l'eau peut en être stoppée. [12]

CONSTITUANTS	TENEUR EN %
Eau	80
Graisses	3,5
Caséine et autres	3,2
Lactose	4,5
Cendres	0,8

Tableau 14 : composition moyenne du lait de vache [12]

D'après le tableau 14 on note une différence entre les valeurs des paramètres des deux échantillons des effluents de l'industrie alimentaire. Les valeurs de la majorité des paramètres de 2E sont supérieures à celles de 1E. Comme les deux échantillons n'ont pas été prélevés à la même heure, on peut déduire que la qualité de rejet change suivant les activités de l'usine. L'échantillon 1E est à charge minérale dominante et 2E est une eau à dominance organique. Les paramètres physiques, chimiques et organoleptiques de ces deux échantillons restent toutefois à peu près les mêmes.

### III.2.2 Les effluents de la savonnerie

Les résultats des analyses des eaux usées de U2 et les normes de rejet sont donnés dans le tableau n°15.

Paramètres	Unité	3E	NORMES [9]
Date de prélèvement		25/07/05 à 16 heures 55	
Couleur		blanchâtre	incoloré
Odeur		savon	inodore
Température	°C	18	30
pH		8	6,0-9,0
Conductivité	µS/cm	243,6	200
Turbidité	NTU	475	25
MES	mg/l	218	60
TH total	°F	5,5	
Chlorure	mg/l	15,6	250
Nitrates	mg/l	0,1	20
Nitrites	mg/l	<<0,1	0,2
Ammonium	mg/l	115,4	15
Phosphates	mg/l	51,1	
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	1075	150
DBO	mgO <sub>2</sub> /l	80	50
MO	mg/l	16,2	
Graisses et huiles	mg/l	421,5	10

Tableau 15 : résultats des analyses des effluents de U2.

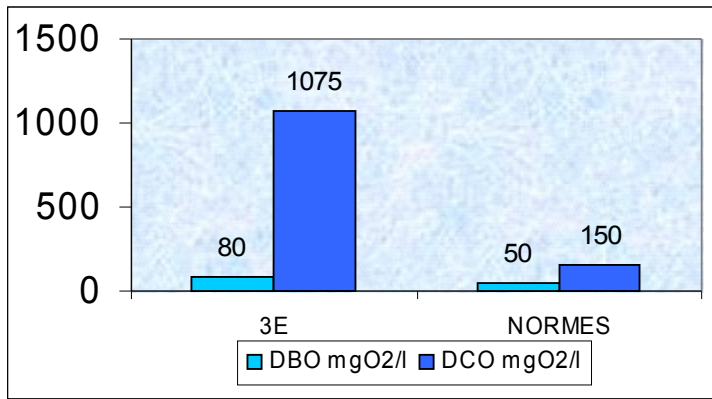
L'effluent de U2 (échantillon 3E) est trouble et coloré. L'eau a une forte teneur en graisses et huiles, due à l'utilisation d'huile de palme dans la fabrication du savon. L'emploi de la soude caustique lui confère un pH basique (>7).

La plupart des paramètres dépassent les normes : citons la turbidité, le taux d'ammonium, la teneur en graisses et huiles, le taux de matières en suspension, la DCO. La connaissance de la valeur du rapport DBO/DCO donne une idée sur les caractéristiques des eaux.

Paramètres	Unité	3E	Normes
DBO	mgO <sub>2</sub> /l	80	50
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	1075	150
DBO/DCO		0,07	

Tableau 16 : valeurs de la DCO, de la DBO et du rapport DBO/DCO de 3E (effluent de U1)



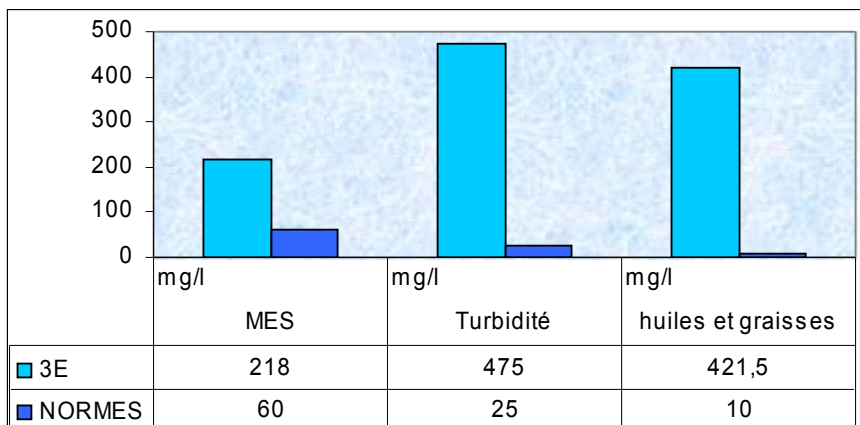


Graphe 4 : DBO, DCO de 3E

Le rapport DBO/DCO de l'échantillon 3E de l'effluent de la savonnerie est inférieur à 0,5 ; il est donc à dominance minérale, ce qui signifie que les matières non biodégradables constituent la majeure partie des matières oxydables. La valeur élevée de la DCO par rapport à celle de la DBO montre que l'usine rejette des matières organiques difficilement biodégradables.

#### Huiles et graisses, turbidité et MES

Ces trois paramètres ont des valeurs très élevées pour l'échantillon 3E.



Graphe 5 : huiles et graisses, MES, turbidité de 3E et les normes

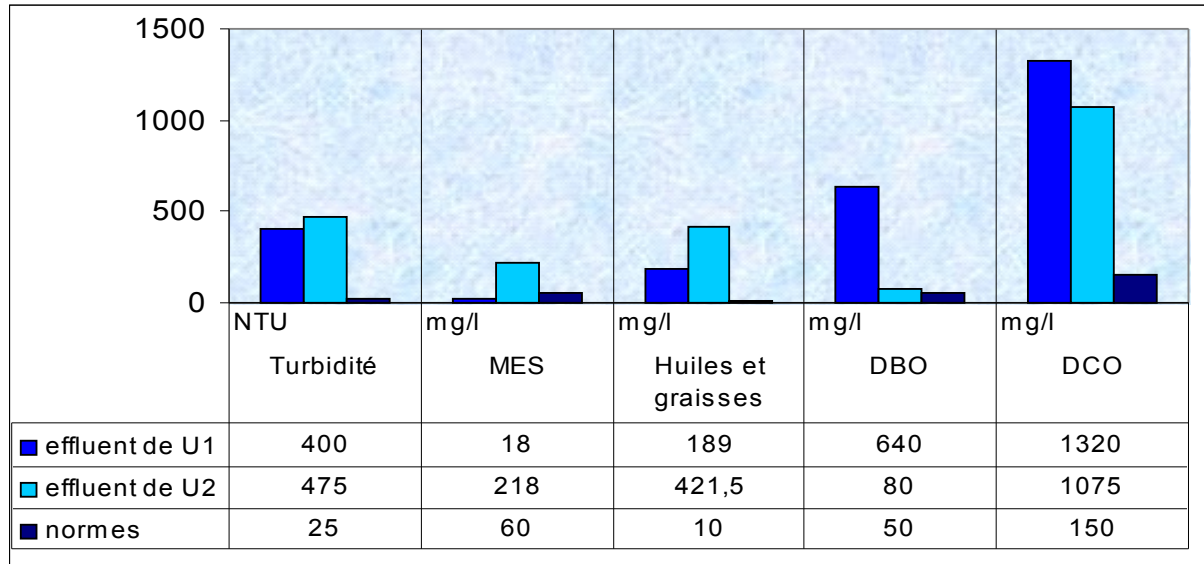
Le graphe n° 5 montre que les MES et la turbidité sont importantes et hors normes pour 3E. Le taux élevé des matières en suspension présentes dans l'effluent est à l'origine la forte turbidité. La coloration blanchâtre de l'eau pourrait aussi être la cause.

La forte teneur en huiles et graisses de 3E peut s'expliquer par le fait qu'une grande quantité de corps gras notamment d'huile de palme entre dans la fabrication de savon. De ce fait, des matières grasses non négligeables peuvent se trouver dans les eaux usées lors des opérations telles que le raffinage de l'huile brute et le lavage\*.

\*lavage : soutirage de la lessive salée après addition d'eau dans la pâte de savon et décantation.

### III.2.3 Comparaison des effluents de l'industrie alimentaire (échantillon 2E) et de la savonnerie (échantillon 3E)

Nous avons choisi les paramètres suivants : turbidité, matières en suspension, huiles et graisses, DCO et DBO pour savoir laquelle des deux usines est la plus polluante.



Graphe 6 : comparaison de l'effluent de U1 (2E) avec celui de U2 (3E) pour quelques paramètres.

D'après le graphe n°6, la valeur de la DBO des eaux usées de U1 est très élevée par rapport à celle de la savonnerie. Ceci s'explique par le fait que les eaux résiduaires d'une industrie alimentaire contiennent des matières facilement biodégradables.

La DCO est très importante pour les eaux de ces deux usines à cause des matières premières biodégradables. .

Le taux en matières en suspension ainsi que la teneur en huiles et graisses de 3E sont supérieurs à ceux de 2E. La grande quantité d'huile de palme utilisée pour la fabrication du savon est la cause de cette forte teneur en huiles des eaux usées de U2.

Si on se réfère aux normes de rejet (cf. partie I, I.6.3), les eaux usées des deux usines sont très polluées et devraient subir un traitement adéquat avant leur rejet dans la nature d'où la nécessité de l'installation de station de traitement des eaux résiduaires industrielles.

D'après cette comparaison, on peut conclure que la savonnerie est l'usine la plus polluante par ses teneurs en huiles et en matières en suspension et sa turbidité. De plus, l'effluent est difficilement biodégradable (rapport DBO/DCO=0,07 ; une valeur très faible).

### III.2.4 Perméabilité du sol des canaux de rejet des deux usines/Qualité des eaux souterraines

Si le sol du site d'étude est perméable, les eaux superficielles pollueront les eaux souterraines; nous avons donc été amené à déterminer le coefficient de percolation du sol.

Deux échantillons de sol ont été prélevés le 11 août 2005, le premier (S<sub>1</sub>) a été pris dans le canal de rejet de l'industrie alimentaire, le deuxième (S<sub>2</sub>) dans le canal de rejet de la savonnerie.

Le tableau n°17 donne les valeurs de la perméabilité des sols S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>.

Détermination	Unité	Valeur (S <sub>1</sub> )	Valeur (S <sub>2</sub> )
Coefficient de percolation K	cm.h <sup>-1</sup>	3,7	6,2

Tableau 17 : résultats de la détermination du coefficient K (S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>).

Pour interpréter ces résultats, les différentes classes de percolation suivant le coefficient K sont données dans le tableau n°18.

Vitesse de filtration	Valeurs de K en cm.h <sup>-1</sup>
Très lente	0 à 0,1
Lente	0,1 à 0,5
Assez lente	0,5 à 2,0
Moyenne	2,0 à 6,5
Assez rapide	6,5 à 12,5
Rapide	12,5 à 25
Très rapide	30<

Tableau 18 : classe de percolation suivant K (AUBERT, 1979)

Les vitesses de filtration sont moyennes pour les échantillons S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>. On peut en déduire que les sols des canaux de rejet des deux usines sont perméables. Le transfert des polluants vers les eaux souterraines est possible. Les eaux souterraines risquent d'être contaminées par les eaux résiduaires industrielles.

### III.3 Qualité des eaux du canal d'irrigation

Les prélèvements des échantillons ont été effectués en trois points :

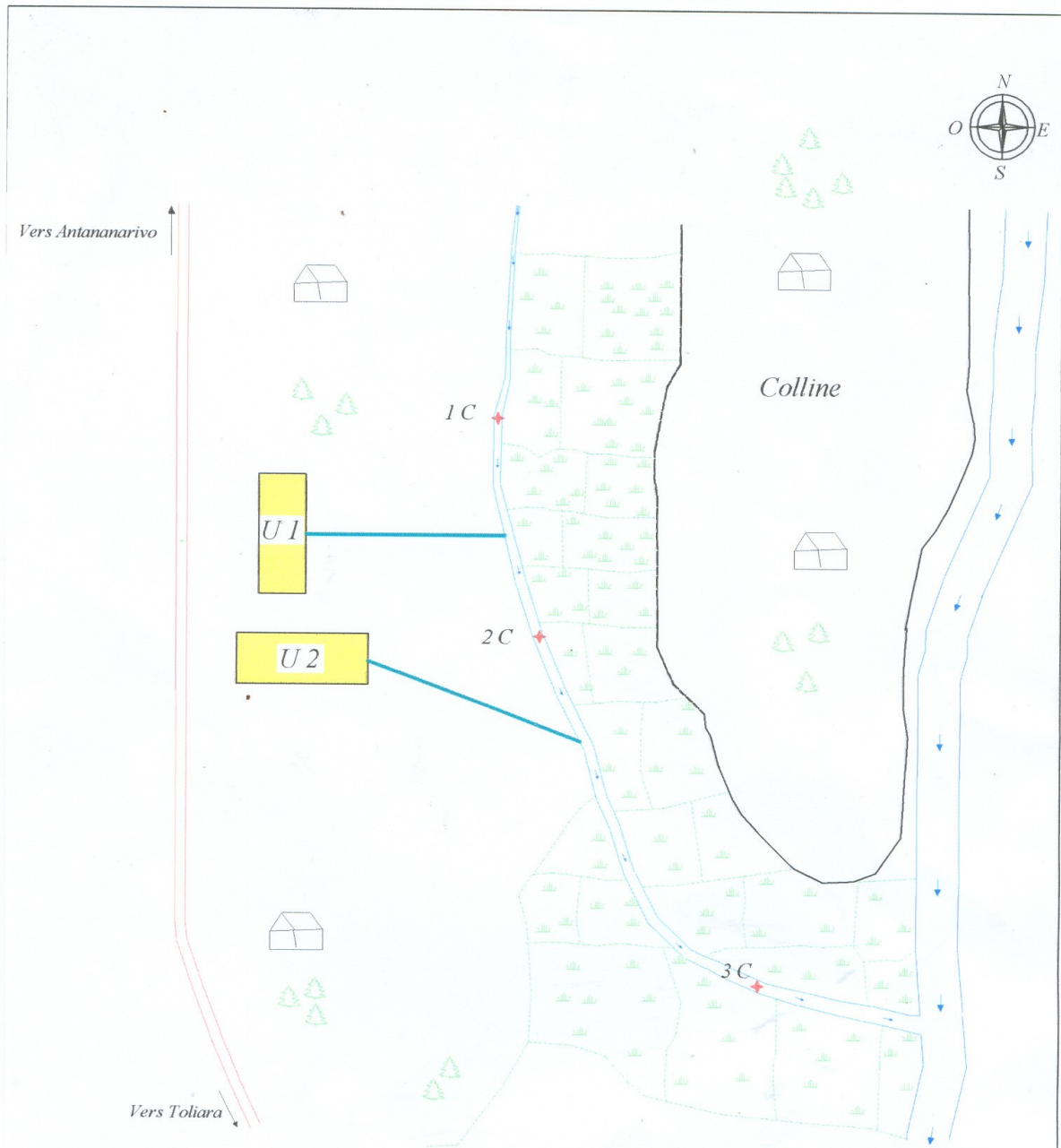
-point 1C : à 100m en amont de l'usine alimentaire (U1) ;

-point 2C : à 100m en aval de (U1) ;

-point 3C : en aval de la savonnerie (U2).

L'eau de ce canal sert à irriguer les rizières environnantes pendant la saison sèche. A 100m en aval de l'usine alimentaire, l'eau dégage une mauvaise odeur et elle est de couleur blanche.

Aux points 1C et 2C, l'eau est inodore.



LEGENDE

	Village		Arbre
	Route		rizière
	Sens de l'écoulement		Point de prélèvement
	Rivière		Canal
	Usine		Canal de rejet

Figure 3: Points de prélèvements des eaux du canal d'irrigation

Les résultats des analyses de trois échantillons d'eau du canal d'irrigation pris aux points 1C, 2C et 3C et les normes de rejet figurent dans le tableau n°19.

Paramètres	Unité	1C	2C	3C	NORMES[9]
Date de prélèvement		01/07/05 à 12heures 08	01/07/05 à 12 heures	25/07/05 à 15heures 32	
Couleur		Limpide	blanchâtre	vert brun	incolore
Odeur		inodore	nauséabonde	inodore	inodore
Température	°C	19	22	23	30
pH		5,5	6	5,5	6,0-9,0
Conductivité	µS/cm	20,2	261,5	144,9	200
Turbidité	NTU	22	92	47	25
MES	mg/l	43	258	18	60
TH total	°F	0,7	9,2	2,8	
Chlorure	mg/l	21,3	49,7	13,1	250
Nitrates	mg/l	-	0,4	0,5	20
Nitrites	mg/l	<0,1	0,1	0,1	0,2
Ammonium	mg/l	1,5	1,7	6,7	15
Phosphates	mg/l	8,5	102,2	8,5	
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	18,5	870	25	150
DBO	mgO <sub>2</sub> /l	80	370	14	50
MO	mg/l	0,3	48,8	0,6	
Graisses et huiles	mg/l	-	90		10

Tableau 19 : normes de rejet et résultats des analyses des eaux du canal d'irrigation.

Au point 1C, l'eau est propre. Elle n'est pas souillée par les eaux usées industrielles. Elle est limpide, très douce et a une faible minéralisation (TH= 0,7°F, CE = 20,2µs/cm au point 1C).

Des trois échantillons d'eau prélevés dans le canal, l'eau au point 2C est la plus polluée. Tous les paramètres ont une valeur élevée. Ceci peut s'expliquer par le déversement des eaux usées de l'industrie alimentaire dans le canal d'irrigation. Les caractéristiques de cette eau sont très proches de celles des eaux résiduaires de l'usine : couleur blanchâtre, présence d'odeur, teneur en huiles et en graisses élevée (90mg/l), DBO et DCO excessives (DBO=310 mgO<sub>2</sub>/l, DCO=870 mgO<sub>2</sub>/l).

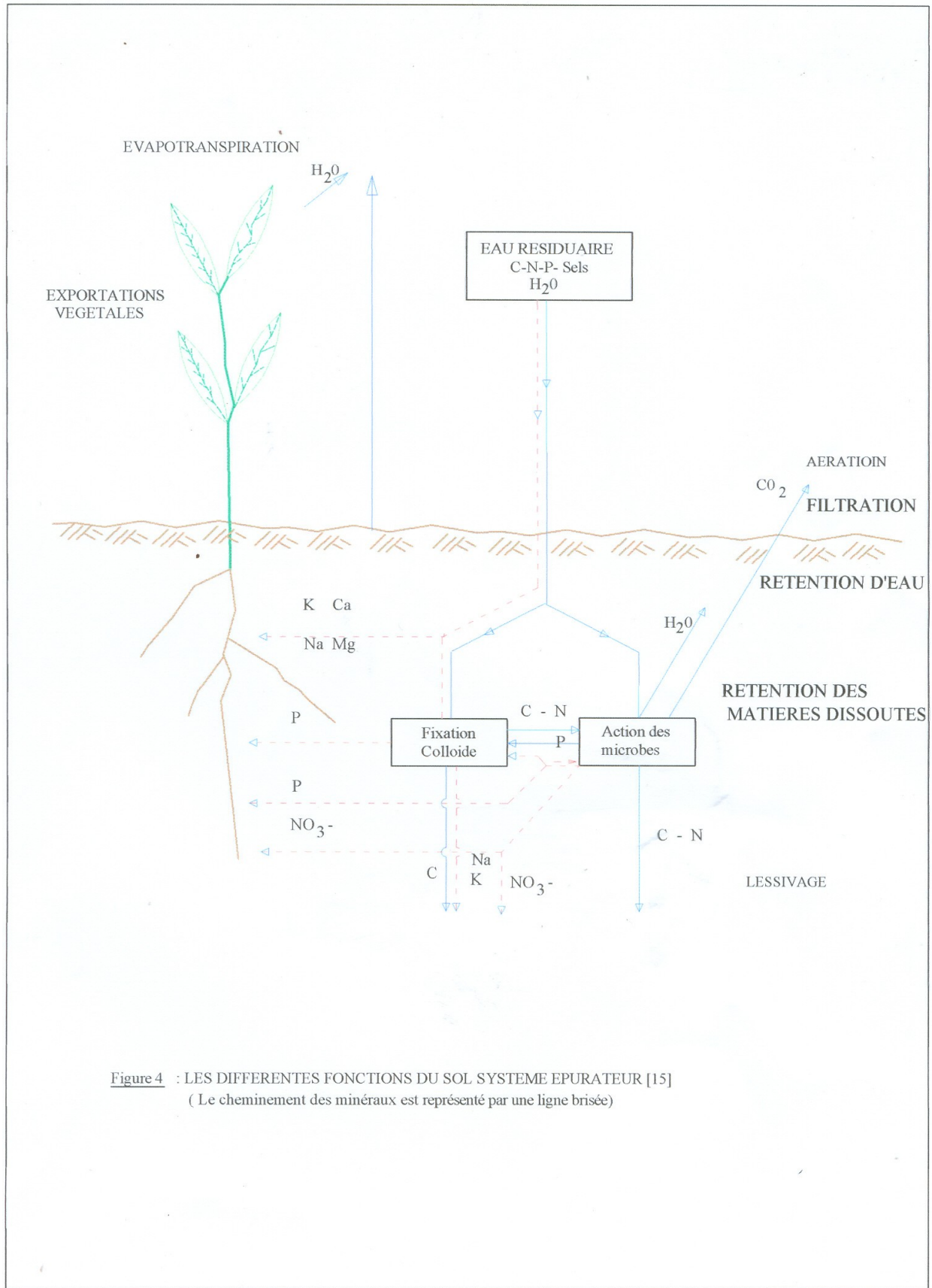
La qualité de l'eau s'est améliorée au point 3C. La plupart des paramètres DBO, DCO, conductivité ont des valeurs plus faibles que celles de l'échantillon 2C. L'eau est inodore et ne contient ni huiles, ni graisses. La turbidité, malgré une légère diminution reste hors norme. La diminution des valeurs des paramètres pourrait être attribuée à l'auto-épuration de l'eau et au pouvoir épurateur du sol. Notons l'apparition d'herbes et de plantes qui poussent sur les bords du canal (cf. photo 1).

Le sol s'est comporté comme une sorte de filtre biologique : [15]

- il filtre bien et permet la circulation de l'eau. Ainsi, les microorganismes vivant dans le sol peuvent détruire la matière organique contenue dans l'eau et transformer l'azote en nitrates ;
- il retient momentanément l'eau et les produits dissous tout en permettant une rétention d'éléments minéraux sur les colloïdes par échanges d'ions.

Certains polluants comme le carbone, l'azote, le phosphore sont assimilés par les plantes; d'autres polluants sont évacués dans l'atmosphère par l'évapotranspiration des plantes et par la respiration des bactéries.

La figure ci-après représente les différentes fonctions du sol système épurateur.



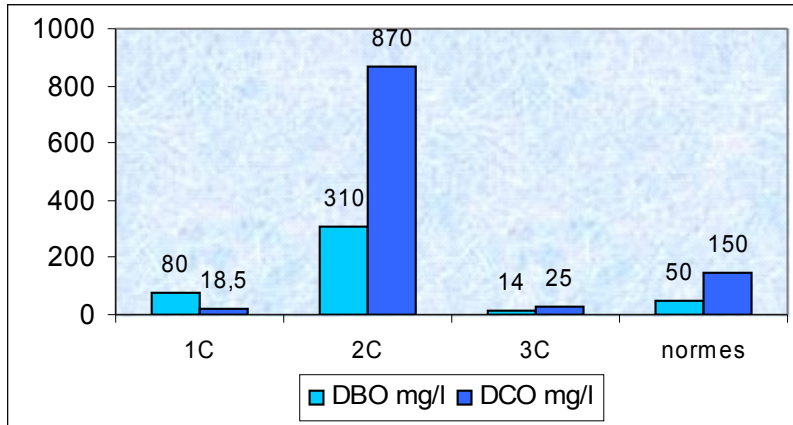
**Figure 4** : LES DIFFERENTES FONCTIONS DU SOL SYSTEME EPURATEUR [15]  
 (Le cheminement des minéraux est représenté par une ligne brisée)



Nous allons comparer les eaux du canal aux trois points de prélèvement 1C, 2C et 3C. La turbidité, la conductivité, la DBO et la DCO seront considérés

### La DBO et la DCO

Le rapport DBO/DCO nous renseigne sur les caractéristiques de l'eau.



Graph 7 : DBO et DCO aux points 1C, 2C et 3C

D'après le graph n°7 la DBO et la DCO du point 1C sont importantes, celles des eaux aux points 1C et 2C sont par contre peu élevées.

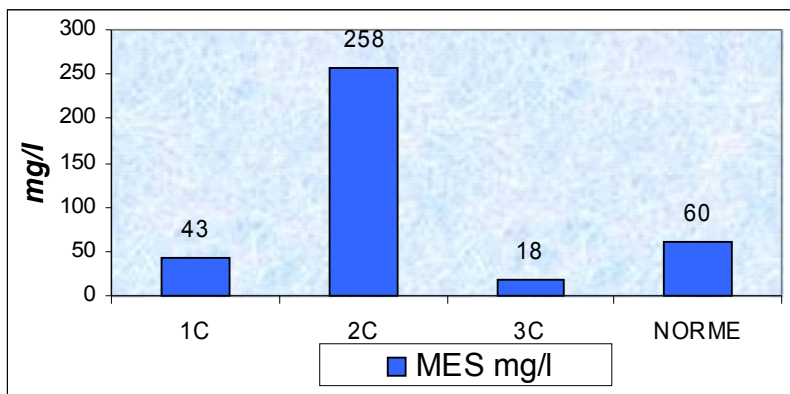
L'eau au point 1C est facilement biodégradable comme en témoigne le rapport DBO/DCO très élevé (DBO/DCO=4,32 au point 1C). Cette forte valeur du rapport DBO/DCO est expliquée par le fait que les matières organiques se trouvant dans l'eau en ce point sont formées de produits végétaux et animaux composés spontanément biodégradables.

La valeur du rapport DBO/DCO au point 3C est proche de 0,5 ; cette eau est à caractère organique dominant.

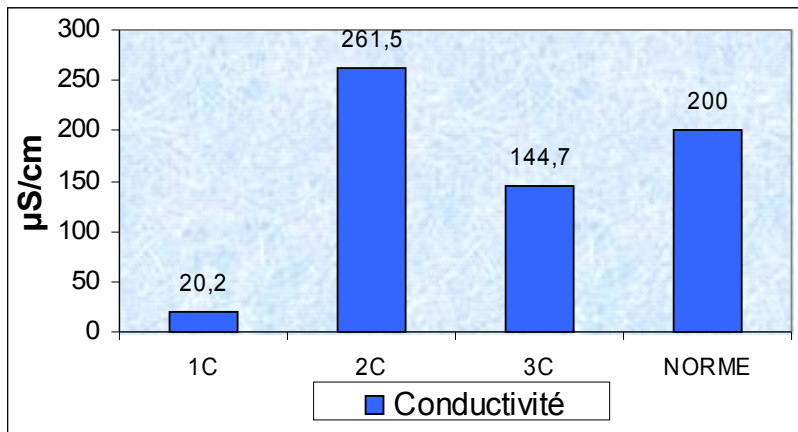
L'eau du point 2C constituée en majorité des eaux résiduelles de l'industrie alimentaire est également une eau à dominance organique.

### La conductivité et les MES

Ces deux paramètres ont des valeurs qui dépassent les normes pour l'eau au point 2C.



Graph 8 : MES aux points 1C, 2C et 3C



Graph 9 : conductivité aux points 1C, 2C et 3C

La conductivité et le taux de MES au point 2C sont élevées par rapport à ceux du point 1C et du point 3C. La hausse de la valeur de ces deux paramètres en ce point est due à l'apport de l'effluent de l'industrie alimentaire en particules fines et en matières dissoutes comme les phosphates.

Les graphes 8 et 9 montrent la mauvaise qualité de l'eau au point 2C ce qui a d'ailleurs été constaté sur le graphe 7. Par ordre de pollution décroissante, 2C est plus polluée que 1C, 1C semble être plus polluée que 3C.

En conclusion on peut dire que l'eau du point 2C est classée hors catégorie, la plupart de ses paramètres DBO, DCO, teneur en matières en suspension, turbidité, taux en phosphates dépassent largement les normes. Ces valeurs élevées sont dues surtout au déversement des eaux usées de l'industrie alimentaire dans le canal, eaux usées renfermant des matières organiques biodégradables et des matières dissoutes comme les phosphates et les chlorures qui confèrent des valeurs élevées à la conductivité et à la DBO. L'eau du point 2C pourrait être nuisible pour les cultures. Les eaux aux points 1C et 3C sont par contre de la classe B, eau de moyenne qualité, aptes à l'irrigation.

### III.4 Qualité des eaux de la rivière

Nous précisons qu'une usine textile située en amont de l'industrie alimentaire déverse ses eaux usées dans la rivière. L'usine fabrique des tissus et emploie du coton.

Les échantillons ont été prélevés aux points :

- 1R : à 400m en aval de l'usine textile,
- 2R : à 100m en aval de 1R,
- 3R : à 100m en amont de l'usine alimentaire et de la savonnerie,
- 4R : en aval de l'usine alimentaire et de la savonnerie.

La couleur de l'eau de la rivière varie selon les colorants utilisés par l'usine textile.

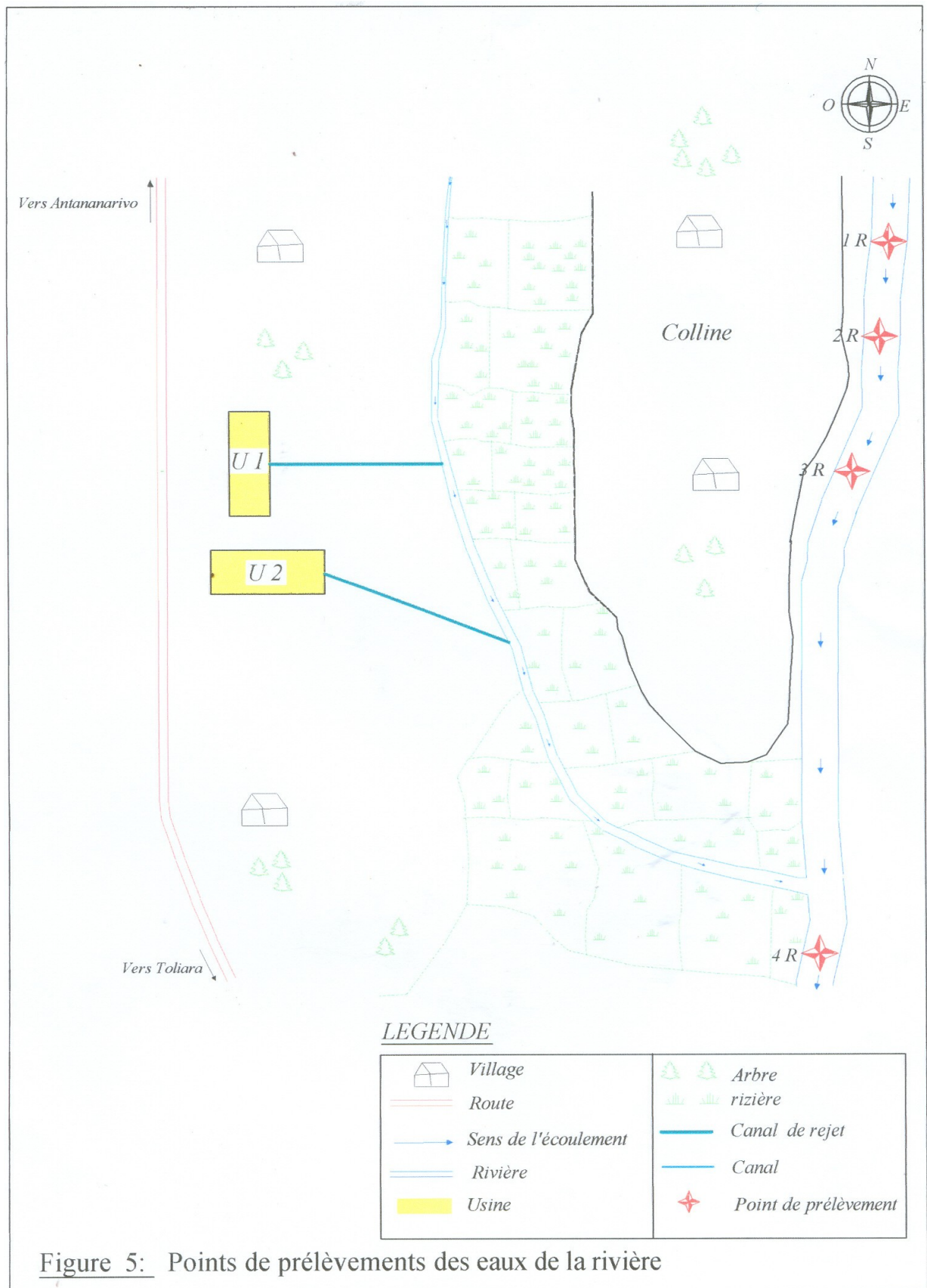


Figure 5: Points de prélèvements des eaux de la rivière

Les résultats des analyses des échantillons 1R, 2R, 3R et 4R ainsi que les normes de rejet d'effluents liquides sont donnés dans le tableau n°21.

Paramètres	Unité	1R	2R	3R	4R	NORMES[9]
Date de prélèvement		07/07/05 à 11heures 45	25/07/05 à 16 heures 28	25/07/05 à 16heures 55	07/07/05 à 12heures 57	
Couleur		Rouge brun	verdâtre	verdâtre -brunâtre	verdâtre	incolore
Odeur		putride	putride	inodore	inodore	inodore
Température	°C	13	14	19	20	30
pH		5,5	7,5	5,5	5,5	6,0-9,0
Conductivité	µS/cm	118,2	153,8	146,4	177,8	200
Turbidité	NTU	97	50	42	65	25
MES	mg/l	69	40	24,7	37,3	60
TH total	°F	4	2,9	3,5	5,2	
Chlorure	mg/l	12,4	9,9	11,4	12,4	250
Nitrates	mg/l	1	1	0,3	0,5	20
Nitrites	mg/l	<0,1	<0,1	0,8	0,4	0,2
Ammonium	mg/l	2,8	5,9	4,5	4,5	15
Phosphates	mg/l	142	8,5	11,4	8,5	
DCO	mgO <sub>2</sub> /l	137,5	110	34	25	150
DBO	mgO <sub>2</sub> /l	12	20	26	14	50
MO	mg/l	0,8	3	1	0,6	
Graisses et huiles	mg/l	-	-	-	-	10
classe		C	C	B	B	

Tableau 21 : normes de rejet et résultats des analyses des eaux de la rivière.

Au point 1R, l'eau est polluée. Elle présente une odeur putride due aux colorants et à d'autres composés organiques en décomposition. La valeur de la DCO est élevée, ceci montre que l'usine textile rejette des eaux usées contenant des matières organiques. Les opérations les plus polluantes telles que : le débouillissage, le désencollage et l'ennoblissement textile (blanchiment, teinture, impression, apprêt) nous donnent des indications sur les principaux polluants que peut renfermer l'eau de rejet de l'industrie :

- produits minéraux et organiques : soude, acide nitrique, acide acétique, acide formique, oxydants (borates, peroxyde d'hydrogène), colorants;
- produits auxiliaires : détergents, alginate. [6]

On remarque que le taux en phosphates dans 1R est élevé : les phosphates proviennent de la décomposition de la matière organique. Le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides sont sources de présence de phosphates dans l'eau. Leur présence peut aussi provenir des rejets industriels. Les phosphates jouent un

rôle important dans le développement des algues ; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les rivières à faible courant, où ils contribuent à l'eutrophisation. [5]

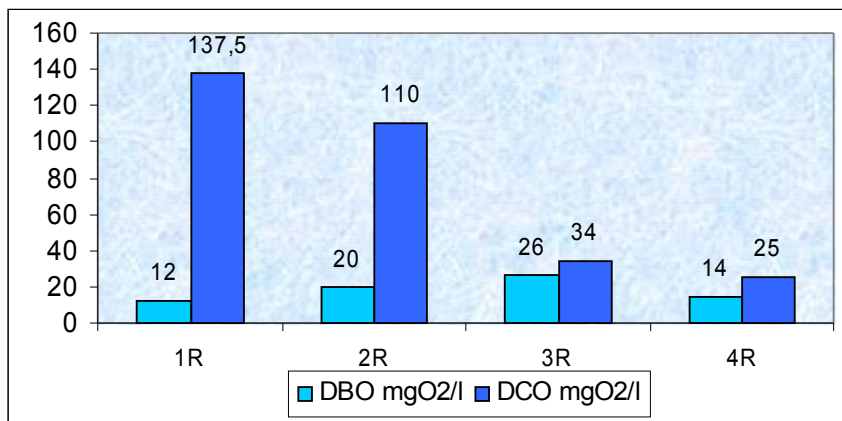
L'eau au point 2R est polluée. Les paramètres physiques sont toutefois dans les normes à l'exception de la turbidité. La coloration verdâtre de l'eau pourrait à l'origine de la valeur élevée de la turbidité.

Au point 3R, l'eau est faiblement minéralisée et est inodore. Elle n'est pas polluée, les eaux usées de l'usine textile n'affectent pas l'eau en ce point. On remarque une baisse de valeur des paramètres au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'entreprise textile source de pollution.

En aval de l'industrie alimentaire et de la savonnerie (point 4R), l'eau est propre. Seule la turbidité a une valeur qui dépasse les normes (>25). On remarque toutefois que les paramètres physiques sont légèrement supérieurs par rapport à ceux du point 3R. Ceci est dû probablement au déversement de l'eau du canal dans la rivière. La confluence du canal avec la rivière se trouve en amont du point 4R. Les matières dissoutes et en suspension présentes dans l'eau du canal s'ajoutent à celles de la rivière, d'où une hausse de la turbidité et de la conductivité.

Comparons les eaux de la rivière aux quatre points de prélèvement. Les paramètres DBO, DCO, MES et turbidité ont été considérés.

#### La DBO et la DCO



Graphe 10 : DBO et DCO aux points 1R, 2R, 3R et 4R

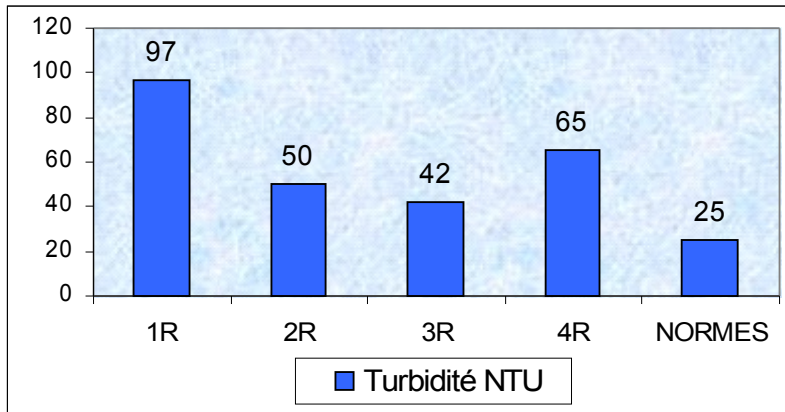
La DCO des eaux aux points 1R et 2R est importante, celle des eaux aux points 3R et 4R est par contre peu élevée. Ceci s'explique par la position de chaque points de prélèvement par rapport à l'usine textile source de pollution.

Le rapport DBO/DCO des eaux aux points 1R et 2R est inférieur à 0,5 ; ces eaux sont à dominance minérale.

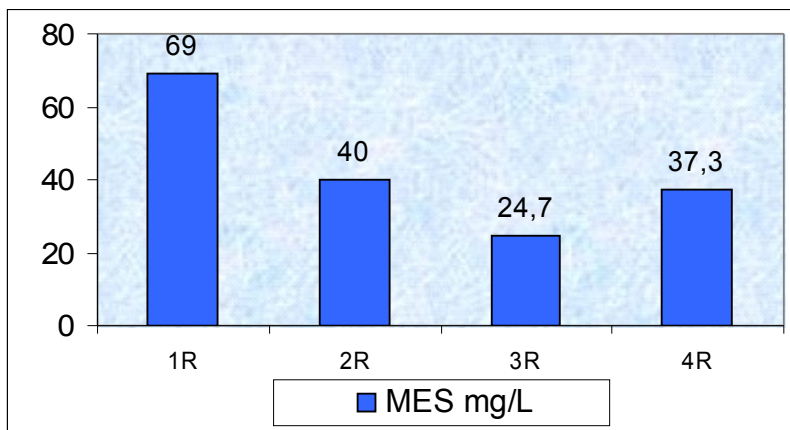
Les eaux aux points 3R et 4R sont par contre à caractère organique dominant comme en témoigne le rapport DBO/DCO élevé, supérieur à 0,5.

### La turbidité et les MES

La turbidité est hors normes aux quatre points. La teneur en matières en suspension est faible pour les eaux aux points 2R, 3R et 4R, celle de l'eau au point 1R dépasse les normes.



Graph 11 : Turbidité de 1R, 2R, 3R et 4R



Graph 12 : MES aux points 1R, 2R, 3R et 4R

Les graphes 11 et 12 montrent que la turbidité est importante pour les eaux aux points 1R et 4R par rapport à celle du point 2R et du point 3R. L'eau au point 1R contient le plus de matières en suspension. Ceci peut s'expliquer par le fait que 1R le plus proche de l'usine textile reçoit le plus de charge polluante.

On note une baisse des valeurs de la turbidité et de la teneur en matières en suspension en passant de 1R à 3R, de la DCO de 1R à 4R. Le pouvoir épurateur du sol et l'apport d'oxygène par les échanges eau-atmosphère permettant l'auto-épuration sont probablement les causes de la diminution du taux de pollution de la rivière. La décantation qui se fait dans la rivière peut aussi être à l'origine de l'amélioration de la qualité de l'eau.

En se référant aux critères d'appréciation globale de la qualité des eaux de surfaces, on pourrait dire que les eaux aux points 1R et 2R sont de la classe 3 par leur DCO élevée, leur forte turbidité ainsi que leur odeur putride. Elle est inapte à la baignade. Comme cette rivière abrite des poissons, ces derniers désertent cette partie de la rivière polluée. La production piscicole se trouve ainsi diminuée. Par contre, les eaux aux points 3R et 4R sont des eaux de moyenne qualité.

Les résultats des analyses des eaux de la rivière nous permettent de conclure que l'usine textile prend une part très importante à la pollution de l'eau. Cependant, on assiste à une baisse du taux de la pollution quand on s'éloigne de la source. A 100m en amont (3R) et en aval (4R) de l'industrie alimentaire et de la savonnerie l'eau de la rivière est apte à l'usage agricole et aux activités des riverains comme la pêche, le lavage des linges, la baignade ...

En conclusion, le déversement d'eaux usées industrielles dans le canal d'irrigation et dans la rivière entraîne leur pollution. Selon les agriculteurs et la constatation sur les lieux, la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de la diminution du rendement des rizières qui bordent la partie polluée de la rivière et du canal d'irrigation recevant les effluents des usines. La présence de parasites (mauvaises herbes et insectes) pourrait également être la cause de la diminution du rendement rizicole.



# Troisième partie

---

*Conséquences de la pollution*

*et suggestions*

Dans cette partie, nous allons voir les conséquences de la pollution industrielle sur l'environnement. Des solutions seront également avancées pour atténuer les impacts négatifs induits de la mauvaise qualité de l'eau.

## I- CONSEQUENCES ET RISQUES

La pollution de l'eau a de nombreuses conséquences. Ces effets peuvent influencer toutes les composantes de l'environnement. Dans notre site d'étude les éléments les plus touchés sont : l'image du milieu, la culture du riz et la pisciculture.

Comme l'eau contaminée peut être source de maladies ; des risques sanitaires sont aussi à craindre.

### I-1 Pollution esthétique

Elle est due, surtout à la couleur blanche de l'eau du canal et à la coloration de l'eau de la rivière (rouge brun au point 1R, verdâtre aux points 2R, 3R et 4R). Cette coloration perturbe l'image du milieu, du paysage et de l'environnement. L'odeur putride de l'eau (canal et rivière) rend encore le paysage plus triste.

Des salissures (débris végétaux, vidanges) sont observées sur les rives. Leur présence dégrade également l'esthétique du paysage.

La rivière constitue un lieu de détente pour la population locale. La pollution réduit certaines distractions telles la promenade, les baignades et même le tourisme, par la dépréciation du site.

### I-2 Conséquences sur la faune aquatique

Les poissons font partie des animaux les plus importants de la rivière. La pêche est pour la population environnante source d'argent et constitue aussi une distraction pour d'autres. Cependant, c'est à plus de 600m en aval de l'usine textile où l'eau semble propre qu'il y a des poissons. Certains poissons résistent à la pollution, ils ont toutefois un goût de pétrole selon les riverains.

La présence dans l'eau des composés comme l'azote ammoniacal (5,9 mg/l au point 2R), les colorants phénoliques, les détergents (produits utilisés par l'industrie textile) oblige les poissons à désertter la partie de la rivière où l'eau est affectée par les effluents de l'usine textile. La plupart des composés phénoliques sont toxiques pour les poissons. Les détergents provoquent un phénomène d'asphyxie chez les poissons, même si l'oxygène dissous de l'eau est suffisant pour la respiration. La DCO élevée (137,5mg/l au point 1R) traduit une consommation non négligeable d'oxygène par les matières réductrices présentes dans l'eau de la rivière et l'absence d'organismes aquatiques. Les poissons émigrent quand la teneur en

oxygène tombe à 3-4mg/l [12]. Ils préfèrent une eau à faible teneur en azote ammoniacal (azote ammoniacal<1mg/l) [3].

De ce fait, la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de raréfaction de poissons dans la partie de la rivière près de l'usine textile. La production piscicole se trouve alors diminuée.

### I-3 Conséquences sur la culture du riz

Dans le site d'étude, le riz tient une place importante. Mais des problèmes apparaissent sur cette culture : dans la partie proche du point de déversement des eaux usées industrielles dans le canal le rendement en riz est faible.

Au moment du repiquage : mois d'octobre - novembre, les eaux de pluie ne sont pas suffisantes, les agriculteurs se servent de l'eau du canal pour irriguer les rizières. Quand les niveaux d'eau augmentent dans le canal, les eaux polluées se déversent dans les rizières.

Les plants du riz sont de mauvaise qualité. Le nombre de grains par tige est peu nombreux et certains grains sont vides. Ceci est dû à la qualité des eaux d'irrigation qui contiennent des acides, des bases, des huiles, des graisses et des colorants. Ces composés constituent une entrave pour la croissance du riz.

Outre la mauvaise qualité de l'eau source du faible rendement des rizières, d'autres facteurs comme l'existence des parasites peuvent aussi être la cause.

### I-4 Risques sanitaires

Nous allons voir en particulier les risques sur la santé publique. L'homme est un des composants de l'environnement le plus important et le plus sensible à la pollution.

L'eau de la rivière et du canal n'est pas utilisée pour les riverains à des fins domestiques, notamment à la consommation.

Le contact direct avec l'eau de la rivière se présente par les activités telles la baignade, le lavage de linges. Au moment de la préparation des sols des pépinières et des rizières, du repiquage et du sarclage, le contact avec l'eau est inévitable pour les agriculteurs. Cela signifie que la santé des agriculteurs riverains peut être affectée par la pollution de l'eau.

Les odeurs dégagées par l'eau sont source des maladies de l'appareil respiratoire. De plus, la mauvaise qualité de l'eau favorise le développement des insectes vecteurs de maladies transmissibles comme les moustiques.

L'ingestion des poissons qui vivent près de la partie polluée de la rivière constitue également une menace indirecte pour les consommateurs par l'accumulation des polluants dans les chairs.

Le paludisme, les diarrhées et les maladies de la peau sont fréquents dans cette zone d'étude. Mais, il n'est pas confirmé que la pollution de l'eau en soit la cause. Il faut noter

aussi que les conséquences de la pollution sur la santé ne sont pas toujours immédiates, ils peuvent apparaître plus tard après le contact avec l'eau.

## II SUGGESTIONS

Pour que le développement des industries s'harmonise avec l'environnement, des mesures devraient être prises. Des instructions peuvent être données aux paysans pour avoir un rendement meilleur pour la culture rizicole, tout en sachant que leur réalisation dépend étroitement de la possibilité financière.

### II-1 Solutions

La solution serait l'application du décret MECIE : Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement.

Afin de préserver le milieu naturel, les industriels devraient installer des stations de traitement des eaux usées. Mais avant de passer au traitement, il convient d'abord pour chaque industrie de rechercher un procédé de fabrication aussi propre que possible. Ainsi, les industries devraient :

- entretenir les aires qui servent à l'entreposage des produits chimiques pour enrayer les rejets accidentels,
- éviter la perte des matières premières pour diminuer la charge polluante des eaux résiduaires,
- économiser l'eau (recyclage des eaux de refroidissement),
- séparer les rejets suivant leur origine respectif afin de faciliter le traitement et de réduire le coût,
- récupérer les sous-produits valorisables. [15], [16]

### II-2 Proposition de traitement [6], [12], [15], [16]

Actuellement, nombreuses méthodes existent pour traiter les rejets industriels pollués. Le choix du traitement dépend de la nature des eaux à traiter et de leur quantité. Mais le choix de traitement et la réalisation de ce projet demandent des personnels spécialisés et une étude très sérieuse sur le coût, l'efficacité, la possibilité de la réalisation sur le plan technique.

Nous proposons les procédés suivants pour traiter les eaux de

- l'industrie alimentaire :
  - dessablage (les eaux de laiteries contiennent souvent une quantité non négligeable de sables et d'autres matières grenues) ;
  - dégraissage - déshuilage par des matériels spécialisés ;
  - décantation ;
  - neutralisation (par ajout de chaux) pour les eaux très acides;
  - épuration par voie biologique pour l'élimination des matières organiques (boues activées en aération prolongée)
- l'industrie chimique :
  - dégraissage - déshuilage par des matériels spécialisés ;
  - précipitation par des produits chimiques ;
  - décantation ;
  - épuration biologique (lits bactériens ou boues activées) pour éliminer les matières organiques dégradables.

### II-3 Conseils aux paysans

Pour augmenter le rendement rizicole, il est à conseiller pour les agriculteurs de

- élever les jeunes plants en pépinière
- semer des grains germés et traités
- bien travailler le sol des rizières et des pépinières. Le travail du sol contribue à la lutte contre les mauvaises herbes et à l'amélioration d'un certain nombre de propriétés physiques du sol qui influe sur la croissance des cultures.
  - pratiquer le repiquage vingt jours (20jours) après le semis, trente jours (30jours) au maximum. La durée de séjour en pépinière a une influence déterminante sur les rendements ultérieurs .Plus les plants sont jeunes, plus les rendements sont élevés.
  - repiquer les plants arrachés le jour même ou dans les quarante-huit heures (48h) au maximum par touffes de deux (02) à quatre (04) plants (moins il y a de plants, meilleurs sont le tallage).
    - pratiquer le repiquage en ligne carré 20cm\* 20cm
    - procéder à deux ou trois sarclages, le premier à trois semaines après repiquage
    - appliquer la fumure (azote) au moment du repiquage et à l'épiaison. L'azote doit être enfoui à cinq centimètres (5 cm) si possible dix centimètres (10cm).

- garder le niveau d'eau de cinq à dix centimètre pour contrôler la prolifération des mauvaises herbes (graminées et cypéracées).

- faire une rotation de la culture comme la culture de pommes de terre avec la riziculture. Les différentes cultures ont ses propres besoins en matière nutritive. Cette rotation permet de faire varier la matière nutritive prélevée dans le sol. [17]

- cultiver la variété améliorée nommée « mailaka », une variété disponible dans la région-même chez FIFAMANOR (Fambolena Fiompiana Malagasy Norvezianina), VMMV (Fédération des Paysans –Semenciers du Vakinankaratra). Cette variété est résistante à la verse, à l'égrenage sur pied à maturité, à la pyriculariose. Elle est tolérante à la toxicité ferreuse, à la déficience en phosphore et au froid. La variété « mailaka » est sélectionnée pour les rizières sujettes à la sécheresse et/ou à l'inondation. Le rendement moyen est de 5tonnes à l'hectare. [Source : FOFIFA Antsirabe]

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude nous a permis de déterminer les caractéristiques des effluents liquides de l'industrie de fabrication de savon et de l'industrie de transformation du lait de vache et de fabrication de produits alimentaires, ainsi que leurs impacts sur l'environnement.

Les résultats d'analyses des effluents des deux usines ont montré que :

- l'effluent de l'industrie alimentaire est très pollué. Il est à dominance organique comme en témoigne la valeur élevée du rapport DBO/DCO (0,48) ;
- l'effluent de la savonnerie est une eau très polluée. Il est à caractère minéral dominant, la valeur très peu élevée du rapport DBO/DCO (0,07) le prouve.

Les résultats d'analyses des eaux du canal d'irrigation ont révélé que :

- l'eau du canal à 100m en amont de l'industrie alimentaire est une eau très faiblement minéralisée. Elle est de moyenne qualité, apte à l'irrigation ;
- à 100m en aval de l'usine alimentaire, l'eau est fortement polluée. Elle est hors classe, impropre à l'irrigation;
- en aval de l'industrie chimique et de l'industrie alimentaire, l'eau n'est pas polluée. Elle est apte à l'usage agricole.

Les résultats d'analyses des eaux de la rivière ont montré que :

- à 400m en aval de l'industrie textile, l'eau est polluée. Elle est de la classe C, inapte pour les activités nautiques.
- à 100m en amont de l'usine alimentaire et de l'usine chimique, l'eau est propre. Les différents usages de l'eau sont presque possibles ;
- en aval des deux usines (alimentaire et savonnerie), l'eau n'est pas polluée, le déversement de l'eau du canal d'irrigation qui reçoit les eaux usées des deux usines semble ne pas l'affecter. Elle est apte à la plupart des usages.

Ces analyses nous permettent de conclure qu'une industrie chimique est plus polluante qu'une industrie alimentaire par la forte charge de ses effluents. La mauvaise qualité de l'eau a entraîné un faible rendement des rizières. A part la riziculture, la population aquatique est aussi touchée par le déversement dans le milieu naturel des eaux résiduelles industrielles ne subissant aucun traitement.

Pour pouvoir préserver l'environnement, l'installation des stations d'épuration et la recherche de fabrication propre et ainsi que l'application des lois existantes doivent être prises.

*Références*

*bibliographiques*



[1] [http://www.eaufrance.fr/php3?id-rubrique=12&id\\_article-14](http://www.eaufrance.fr/php3?id-rubrique=12&id_article-14)

[2] D. GAUJOURS, *La pollution des milieux aquatiques* ; deuxième édition, 1993 ; technique et documentation ; Lavoisier ; p16-17,163-175.

[3] J-B LEROY ; *La pollution des eaux* ;deuxième édition ; 1992 ; Presses Universitaires Francophones ; p5-39,60-70.

[4] AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE  
<http://www.eau-rhin-meuse.fr/patrimoine/omenac/omenac31.htm>  
mis à jour le 09 décembre 2005

[5] J.RODIER ; *L'analyse de l'eau* ; septième édition ; 1984 ; Dunot- Bordas ; p559-627,975-1104.

[6] DEGREMONT ; *Mémento technique de l'eau*; Tome 1et 2 ; neuvième édition; 1989.  
p16-19,84-97,1381-1405.

[7] P. PESSON, *La pollution des eaux continentales* : incidences sur les biocénoses aquatiques ; deuxième édition ; 1980 ; Bordas ; p1-26,147-166,251-263.

[8] J.TERNISIEN ; *Précis général des nuisances* : nuisances dues aux activités industrielles ; 1971 ; p7-35.

[9] MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT (République de Madagascar)  
Décret n°2003/464 du 15/04/03 portant classification des eaux de surfaces et réglementation des rejets d'effluents liquides.

[10] encyclopédie ENCARTA 2003.

[11] J.BEAUX, *L'environnement* ; 1997 ; Nathan.

[12] F. MEINCK ; *Les eaux résiduaires industrielles*; Masson; deuxième édition ; 1977 ; p7-12,315-325,393-410,728-800.

[13] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PÊCHE (MAEP),  
*Monographie de la région de Vakinankaratra*, 2003 ; p2-39

[14] INTERNATIONAL CHEMICAL SAFETY CARDS, section toxicologie,  
<http://www.edc.gov/niosh/incs/French>.

[15] CONGRÈS INTERNATIONAL DE GRENOBLE 2 et 3 octobre 1975 ; *Maîtrise de la pollution et valorisation des effluents et résidus dans l'industrie alimentaire* ; Apria-Diffusion ;  
p65-73,151-163,389-396.

[16] R. DELANNOY ; *Réflexions pratiques sur le traitement des eaux résiduaires* ; 1975 ; France-assainissement ; p21-25,47-57,119-158.

[17] RÉPUBLIQUE FRANÇAISE ; *Mémento de l'agronome* ; quatrième édition ; 1984 ; collection « Techniques rurales en Afrique » ; p687-716.

# *Annexes*

## ANNEXE I : Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui lui en sera donné.

Les bouteilles utilisées doivent être en polyéthylène ou en verre borosilicaté. On les rince trois fois avec de l'eau à analyser. Puis, on les remplit jusqu'au bord. Elles sont ensuite bouchées très fermement pour éviter la présence de bulles d'air à l'intérieur.

Dans le cas d'une rivière, le mode de prélèvement est comme suit : une bouteille est plongée à une distance égale du fond et de la surface, assez loin des bords, pour éviter la remise en suspension des dépôts.

Pour la conservation des échantillons, les bouteilles sont transportées à l'obscurité et à une température de 4°C. Les échantillons doivent aussi être arrivés au laboratoire dans un laps de temps ne dépassant pas vingt-quatre heures (24h).

## ANNEXE II : Détermination des différents paramètres

### LA COULEUR – L'ODEUR

Nous n'avons pas utilisé des méthodes pour la mesure de la couleur et l'évaluation de l'odeur. C'est une appréciation personnelle.

### LA TURBIDITÉ

L'appréciation de la teneur des matières en suspension finement divisées dans l'eau mesure son degré de turbidité. Les mesures de turbidité ont un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes. La turbidité est d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

#### Principe

C'est la mesure de l'intensité de la lumière diffractée par les particules en suspension dans l'eau.

#### Mode opératoire :

- Avant toutes mesures, étalonner l'appareil au moyen de la solution étalon.
- Rincer la cuve turbidimétrique à l'eau à analyser, puis la remplir avec précaution pour éviter la formation de bulle d'air.
- Essuyer la cuve pour effacer toutes traces de doigts.
- Effectuer la mesure.

#### Unité :

L'unité de la turbidité est le N. T. U. (NTU : Nephelometric Turbidity Unit)

## LE pH

### Méthode électrochimique :

Elle consiste à plonger dans une solution à tester, une électrode de verre et une électrode de référence (calomel).

La différence de potentiel existant entre ces deux électrodes est directement liée au pH de la solution (loi de Nernst).

### Appareillage :

- Un pH-mètre
- Une électrode de verre
- Une électrode au calomel (+ KCl)
- Un agitateur magnétique
- Un bêcher de 100ml

### Réactifs :

- Solution étalons pH = 4, pH = 7.
- Eau distillée

### Etalonnage du pH-mètre :

- Prendre une solution étalon pH = 7.
- Verser une quantité suffisante dans un bêcher pour que les électrodes soient convenablement trempées là-dedans.
- Mettre en route l'agitation. Prendre la température de la solution.
- Mettre l'appareil sur la position lecture après avoir afficher sur l'appareil la température de la solution.
- Attendre la stabilisation et ramener la lecture à la valeur correspondante à pH = 7.
- Mettre l'appareil en position repos. Sortir les électrodes et les rincer à l'eau distillée.

### Mesure :

- Verser dans un bêcher une quantité suffisante d'échantillon. Agiter.
- Mesurer la température et afficher sur l'appareil.
- Plonger les électrodes et attendre la stabilisation du pH.
- Lire la valeur affichée directement en unité pH.
- Rincer abondamment les électrodes après usage.



## LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

La conductivité varie avec la température, la température de référence est de  $20^\circ \text{C}$ .

### Appareillage :

- Un conductimètre
- Un b cher

### Mesure :

- Verser dans le b cher la quantité suffisante d'eau à analyser, pour tremper l'électrode.
- Agiter.
- Presser le bouton et lire la valeur affichée.

### Unité :

La conductivité s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens par centimètre).



## LES MATIERS EN SUSPENSION (M. E. S.)

Méthode : filtration sur le film de verre

### Principe :

Il s'agit de déterminer la masse de matières particulaires contenues dans les eaux.

L'eau est filtrée sur un creuset en verre fritté, le poids de la matière retenue est obtenu par différence de poids du filtre avant et après filtration.

### Mode opératoire :

- Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher à 105° C jusqu'à masse constante  $M_0$  ; puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur.
- Mettre au service le dispositif d'aspiration.
- Verser l'échantillon (V) sur le filtre.
- Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10ml d'eau distillée.
- Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.
- Laisser essorer le filtre, sécher à 105° C.
- Laisser refroidir au dessiccateur et peser, jusqu'à poids constant  $M_1$ .

### Expression des résultats :

La teneur de l'eau en M. E. S. (mg/l) est égale à :

$$M_1 - M_0$$

---

$$\times 1\,000$$

$$V$$

Où

$M_1$  : masse du disque filtrant après utilisation (mg)

$M_0$  : masse du disque filtrant avant utilisation (mg)

V : volume d'eau utilisé

## LA DURETE

Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

### Principe :

Les alcalino - terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'E. D. T. A. ou acide éthylènediaminetétracétique (complexon III).

La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique de la dureté totale : le noir d'ériochrome T.

La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

### Réactifs :

- Solution de noir d'ériochrome T dans l'alcool éthylique à 0,4% (NET)
- Tampon TH. :
  - o Chlorure d'ammonium 54g
  - o Ammoniaque à 25% 350ml
  - o Eau distillé 100ml
  - o Dichromate de potassium pH = 10
- Solution de complexon III N /50

### Mode opératoire :

-Prélever 100 ml d'eau à analyser.

-Ajouter 2 ml de tampon TH + quelques gouttes de NET.

-Doser avec la solution de complexons III jusqu'au virage du rouge vineux au bleu – vert.

-Vérifier qu'une goutte de complexons ne produit plus de tache bleu – verte.

### Expression des résultats :

Si V est le volume de complexon III versé pour une prise d'essai de 100ml, la dureté totale, exprimée en  $^{\circ}\text{F} = \text{Vml}$

## LES CHLORURES

### Méthode de Mohr

#### Principe :

Le nitrate d'argent précipite les chlorures sous forme de  $\text{AgCl}_2$ . La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge brique caractéristique du chromate d'argent (début du virage).

#### Matériels et réactifs :

- Burette, pipette
- Fiole de 100ml, bécher
- $\text{AgNO}_3$  N/10
- de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

#### Mode opératoire :

- Prélever 100ml d'eau à analyser.
  - Ajouter 2 à 3 gouttes de chromate de potassium.
  - Titrer avec  $\text{AgNO}_3$  jusqu'au virage rouge brique.
- Soit V le volume de nitrate d'argent versé.

#### Expression des résultats :

La teneur en chlorure en mg/L est égale à :

$$V_{\text{ml}} \times 35,5$$

## LES MATIERES ORGANIQUES

### Principe :

L'opération consiste à mesurer, en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques contenues dans une eau.

### Réactifs :

- Solution saturée de  $\text{NaHCO}_3$
- Solution de permanganate de potassium N/80
- Acide sulfurique 1/2
- Sel de Mohr 5g /l

### Mode opératoire :

- Prélever 100 ml d'eau à analyser.
- Verser 5 ml de  $\text{NaHCO}_3$  saturée.
- Porter à ébullition.
- Ajouter 10 ml de  $\text{KMnO}_4$  N/80 et porter à ébullition pendant 10 minutes.
- Refroidir et ajouter encore 3ml d'acide sulfurique avec 10ml de sel de Mohr.
- Titrer avec du  $\text{KMnO}_4$  jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante.

Soit  $V_1$  le volume de  $\text{KMnO}_4$  versé.

- Recommencer les mêmes opérations avec l'eau distillée. Soit  $V_2$  le volume de  $\text{KMnO}_4$  versé.

### Expression des résultats :

La quantité de matières organiques est obtenue en faisant la différence entre  $V_1$  et  $V_2$ .

$$\text{M. O.} = (V_1 - V_2) \text{ mg/l.}$$

## LES NITRITES

Méthode au réactif de Zambelli

### Principe :

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ammonium et de phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  en complexe de couleur jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des nitrites .

### Réactifs :

- ammoniaque pure (d = 0,925)
- réactif de Zambelli
  - o acide chlorhydrique (d = 1,9)                      260 ml
  - o acide sulfanilique                                      5 g
  - o phénol cristallisé                                      7,5 g
  - o chlorure d'ammonium                                135 g
  - o eau distillée    625 ml

Introduire dans une fiole jaugée de un (01) litre l'acide chlorhydrique et l'eau distillée.

Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain – marie.

Ajouter le chlorure d'ammonium après dissolution complète.

Après refroidissement, ajuster le volume de la solution à un (01) litre avec de l'eau distillée.

### Mode opératoire :

- Prélever 50 ml d'eau à analyser et y ajouter 02 ml de réactif de Zambelli.
- Agiter et laisser au repos pendant 10 minutes.
- Ajouter ensuite 02 ml d'ammoniaque pure.
- Préparer de la même façon un témoin avec 50ml d'eau distillée
- Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde 435nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

## LES NITRATES

### Méthode au salicylate de sodium

#### Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 % à renouveler toutes les 24 heures.
- Acide sulfurique concentré ( $d = 1,84$ ).
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.
  - o Hydroxyde de sodium 400 g
  - o Tartrate double de sodium et de potassium 60 g
  - o Eau distillée 1 000ml.

Faire dissoudre les sels dans l'eau, laisser refroidir et compléter à 1 000 ml. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

#### Mode opératoire :

- Introduire 100ml d'eau à analyser dans un bêcher (pour teneur en azote nitrique supérieure à 10 mg/l, opérer un dilution).
- Alcaliniser faiblement avec la solution de soude.
- Ajouter 01 ml de solution de salicylate de sodium.
- Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau distillée. Evaporer à sec au bain – marie ou dans une étuve portée à 75 – 80° C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps). Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 2 ml d'  $H_2SO_4$  concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée puis 15 ml de NaOH et de tartrate double qui développe la couleur jaune.
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde  $\lambda = 415nm$  et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

## L'AZOTE AMMONIACAL

### Méthode de Nessler

#### Principe :

Le réactif de Nessler (iodo – mercurate de potassium alcalin) en présence d'ions ammonium est décomposé avec formation d'iodure de dimercuriammonium qui permet le dosage colorimétrique des ions  $\text{NH}_4^+$ .



#### Réactifs :

Réactif de Nessler :

- iodure de mercure : 13,55 g
- iodure de potassium : 36 g
- eau distillée : 1 000 ml

Placer l'iodure de mercure pur très finement pulvérisé dans une fiole jaugée de 01 litre.

Ajouter environ 100ml d'eau distillée puis l'iodure de potassium. Agiter jusqu'à dissolution et compléter à 01 litre. Cette liqueur inaltérable additionnée au moment de besoin de 300 ml de lessive de soude pure ( $d = 1,336$ ) constitue le réactif de Nessler.

#### Mode opératoire :

- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée.
- Ajouter 2ml de réactif de Nessler et mélanger.
- Préparer de la même façon un témoin à partir de l'eau distillée.
- Laisser au repos 10 minutes.
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 425nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin.

## LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO)

La demande biochimique en oxygène en cinq (05) jours ou  $DBO_5$  est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai (incubation durant cinq (05) jours à 20 ° C et l'obscurité) par certaines matières présentes dans l'eau au cours de leur dégradation par voie biologique. Cette détermination vise donc les matières organiques du flux polluant et leur dégradation est assurée par des microorganismes aérobies (microorganismes consommant l'oxygène dissous du milieu).

### Mode opératoire :

Utiliser une éprouvette propre pour mesurer le volume d'échantillon désiré dans le flacon brun. Il faut noter que l'échantillon doit être réchauffé ou refroidi jusqu'à moins 20°C avant d'être mesuré. A l'aide de l'entonnoir, vider le contenu d'une gélule d'hydroxyde de lithium dans chaque cupule dans le goulot de chaque flacon. Ne pas laisser des particules d'hydroxyde de lithium tomber dans l'échantillon. Si cela se produit, il faut préparer un nouveau. Placer le flacon dans l'appareil. Mettre le moteur en marche en branchant la prise électrique. Les bouchons des manomètres étant ouverts, visser légèrement les flacons. Ne pas le serrer. Placer l'appareil dans un incubateur. La température d'incubateur recommandée est de 20°C. Attendre 30minutes (temps habituellement nécessaire pour atteindre l'équilibre). Dévisser les bouchons des flacons. Serrer lentement les bouchons des manomètres et visser les bouchons des flacons.

Lire directement les résultats après cinq jours.

Gamme de DBO	Volume nécessaire
0-35mg/L	420mL
0-70 mg/L	365mL
0-350 mg/L	160mL
0-700 mg/L	95mL



## LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques et minérales oxydables existant dans l'eau dans des conditions opératoires définies.

### Principe :

Il s'agit de l'oxydation des matières organiques et minérales présentes dans un échantillon, par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide, sous reflux pendant deux heures, en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure comme catalyseur. Puis dosage de l'excès de dichromate par une solution de sel de Mohr (sulfate de fer II et d'ammonium).

Les échantillons à fortes teneurs en chlorures (de 1,5 à 3g/l en chlorures) nécessitent un ajout plus important de sulfate de mercure. Au dessus d'une teneur en chlorures à 3g/l, la méthode n'est plus applicable car le dosage est faussé. Il faut donc déterminer la teneur en chlorures avant la détermination de la DCO.

### Réactifs :

- Sulfate d'argent en solution dans  $H_2SO_4$
- Sulfate de mercure II en poudre
- Acide sulfurique
- Solution de bichromate de potassium 0,25 N
- Ferroïne
- Sel de Mohr
- Eau distillée

### Mode opératoire :

Prélever 10cc d'eau à analyser et ajouter 5cc de bichromate de potassium, 15cc de sulfate d'argent. Agiter et ajouter une ou deux pierres ponce, chauffer jusqu'à parfaite dissolution. Laisser refroidir et diluer à 75ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de ferroïne. Titrer l'excès de bichromate avec le sel de Mohr jusqu'à l'obtention de la coloration jaune orangée. Procéder aux mêmes opérations avec 10ml d'eau distillée considérée comme un essai à blanc.

## DETERMINATION DES MATIERES GRASSES ET HUILES

### Principe :

Le chloroforme a la capacité d'extraire d'un effluent certaines substances peu ou pas solubles dans l'eau par contact intime et dans certaines conditions opératoires.

Le chloroforme dissout ainsi les graisses.

On sépare l'extrait chloroformique, puis on évapore le solvant, le résidu correspond aux substances extraites.

### Matériels :

- . Une balance au  $1/10^{\circ}$  de mg
- . Ampoules à décanter
- . Agitateur mécanique
- . Bêcher

### Réactif :

Chloroforme  $d = 1,48$

### Mode opératoire :

Introduire la prise d'essai dans le bêcher

Agiter vigoureusement pendant environ 30 minutes.

Verser le contenu du bêcher dans l'ampoule à décanter. Laisser se séparer les deux phases. La phase chloroformique est au dessus de la phase aqueuse.

Peser le ballon préalablement lavé au chloroforme et séché.

Recueillir la phase chloroformique dans le ballon.

Evaporer la phase chloroformique.

Après évaporation, peser le ballon contenant les graisses extractibles au chloroforme.

## L'INDICE DE PERCOLATION K

### Principe :

Il s'agit d'effectuer en laboratoire la mesure d'indice de percolation K, déterminé par percolation à travers un poids de terre constant placé dans des tubes de même forme.

### Matériels :

- Une balance de précision à 0,01g ;
- Un tamis avec fond ;
- Un mortier avec pilon en bois ;
- Toile filtrante de 0,5 mm ;
- Tubes de percolation de 32mm de diamètre et de 160mm de longueur, courbés à une extrémité pour fixation d'une toile filtrante ;
- Graviers de quartz de 2 à 4mm de diamètre ;
- Un bac à alimentation à niveau constant ;
- Bêcher de 250ml ;
- Entonnoirs en plastique à large couverture ;
- Eprouvettes graduées de 100 et de 250ml ;

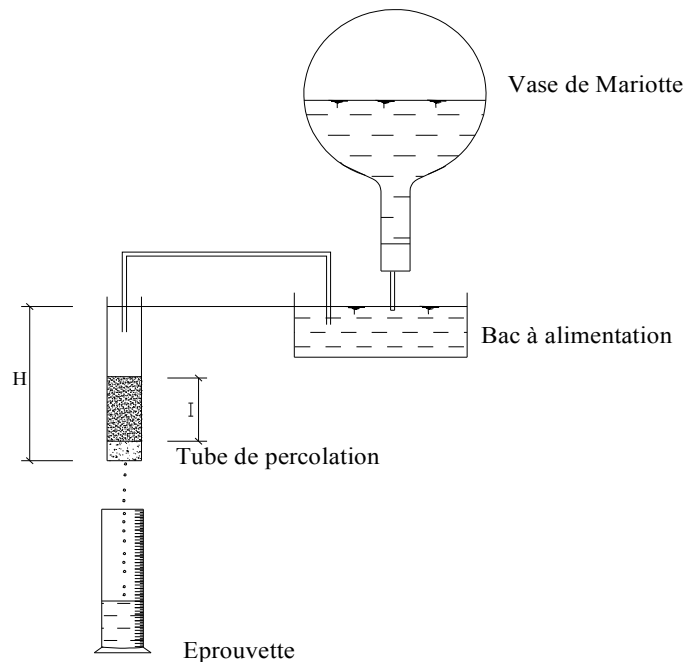


Figure : Schéma de montage du test de percolation

Mode opératoire :

# Remplissage des tubes à percolation.

- Fermer les tubes à percolation à une extrémité par une toile filtrante.
- Pour éviter le colmatage de la toile, mettre au fond du tube du gravier.
- Disposer les tubes garnis de graviers dans des béciers de 250cc forme haute et ajouter de l'eau distillée de façon que le niveau commun dans le bécier et dans le tube s'établisse.
- Introduire progressivement 1/5 exactement pesé de l'échantillon de terre. A la fin de cette addition, tourner le tube autour de son axe pour égaliser la surface de la colonne de terre, le tube plongeant dans l'eau.
- Une deuxième fraction de 10g est alors introduite.
- Recommencer l'opération jusqu'à épuisement de l'échantillon (50g).

#Percolation

- Placer le tube sur une rampe ; et par l'intermédiaire d'un siphon, le relier à un cristalliseur alimenté par un flacon de Mariotte de façon à conserver un niveau constant.
- Laisser l'équilibre s'établir pendant 10 minutes, éliminer l'eau de percolation recueillie pendant ce temps.
- Au bout de 10 minutes, commencer à recueillir l'eau qui s'écoule à la base du tube. Mesurer la quantité écoulée au bout d'une heure.

Expression des résultats :

L'indice de percolation k, exprimée en cm/h.

$$K = I \times \frac{V}{H \times S}$$

I : longueur en cm de la colonne de terre ;

V : volume en centimètre cube recueilli au cours de la première heure de percolation ;

H : hauteur en cm dans le tube entre la toile filtrante et la surface libre de l'eau ;

S : section intérieure du tube en centimètre carré

**ANNEXE III : DIRECTIVES DES COMMUNAUTES EUROPEENNES**  
**Qualité requise des eaux destinées à la baignade (1976)**

Paramètre	Unité	Valeur guide	Valeur impérative	Fréquence des contrôles
Coliformes totaux	100ml	500	10 000	bimensuelle
Coliformes fécaux	100ml	100	2 000	bimensuelle
Streptocoques fécaux	100ml	100		(1)
Salmonelles	litre	-	0	(1)
pH	unité pH	-	6 à 9	
Coloration	visuelle	-	Pas de changement anormal	bimensuelle (1)
Huiles minérales	visuel	-	pas de film ni d'odeur	bimensuelle
	mg/l	3	pas de mousse	(1)
Substances tensio-actives réagissant au bleu de méthylène	visuel	-	-	bimensuelle
	mg/l	0,3	absence d'odeur	(1)
Phénols	visuel	-	0,05	bimensuelle
	mg/l	0,005	1	(1)
Transparence	mètre	2	-	bimensuelle
Oxygène dissous	%	80 à 120	absence	(1)
Résidus goudronneux, matières flottantes.	visuel	-	-	bimensuelle
Ammoniaque		-	-	à vérifier si eutrophisation
Azote Kjeldahl		-	-	
Pesticides (parathion, HCH, dieldrine)		-	-	(1)
Métaux lourds, arsenic, cadmium, chrome VI+, plomb, mercure		-	-	(1)
Cyanures		-	-	(1)
Nitrates et phosphates		-	-	à vérifier si eutrophisation

(1) : Teneurs à vérifier par les autorités lorsqu'une enquête effectuée dans la zone de baignade en révèle la présence possible ou une détérioration de la qualité des eaux.

Nom : RASOAMIALY

Prénoms : Faralala Julie

Titre : **Les effluents d'une industrie alimentaire et d'une savonnerie : caractérisation et impacts**

Laboratoire d'accueil : **Chimie de l'Environnement**

### **RESUME**

Deux industries, l'une dans le secteur alimentaire et l'autre dans le secteur chimique rejettent directement des effluents sans traitement préalable dans un canal qui sert à irriguer les rizières environnantes. L'eau du canal se déverse dans une rivière qui reçoit les eaux usées des usines avoisinantes comme l'usine textile située en amont des deux usines que nous étudions.

La présente étude traite la caractérisation des effluents des deux usines, la qualité des eaux du canal d'irrigation et de la rivière. Pour cela, des analyses physico-chimiques des eaux ont été effectuées.

Les analyses ont révélé que les effluents des usines sont pollués. Les conséquences de la pollution sont déterminées. Quelques suggestions pour atténuer les impacts négatifs et pour accroître le rendement rizicole sont proposées.

Mots clés : industrie alimentaire, industrie chimique, eau, irrigation, pollution, impacts

### **ABSTRACT**

Two industries, the first one is concerned about the food sector and the second about the chemical sector, threw the dirty waters directly without any treatment out in a channel which is used to irrigate the surrounding rice-fields. The water from the channel is flowing in one river which receives the dirty waters of the neighbouring factories as the textile factory situated above the two industries that we are studying.

This present study treats the characterisation of dirty waters of two factories, the quality of waters of the channel of irrigation and of the river. According to this, physical-chemical analyses of the waters have been done.

The analysis revealed that the dirty waters of the factories are polluted. The consequences of the pollution are determined. Some suggestions to extenuate the negative impacts and to increase rice-products are proposed.

Key words : food industry, chemical industry, water, irrigation, pollution, impacts

Encadreur : **Docteur Josette RAKOTONDRAIBE**, Professeur titulaire  
Responsable de la formation doctorale en Chimie de l'Environnement

Adresse de l'auteur : Lot A4 Mandrosoa Ilafy  
Antananarivo (103)

e-mail : lie\_raso@yahoo.fr