

2 E
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
«O»
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

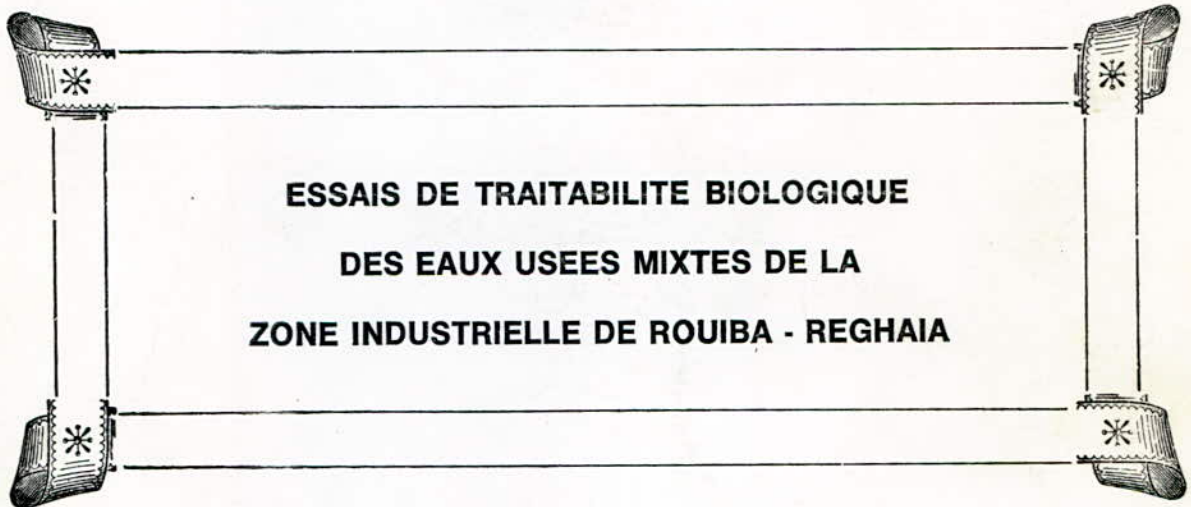
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT

THEME

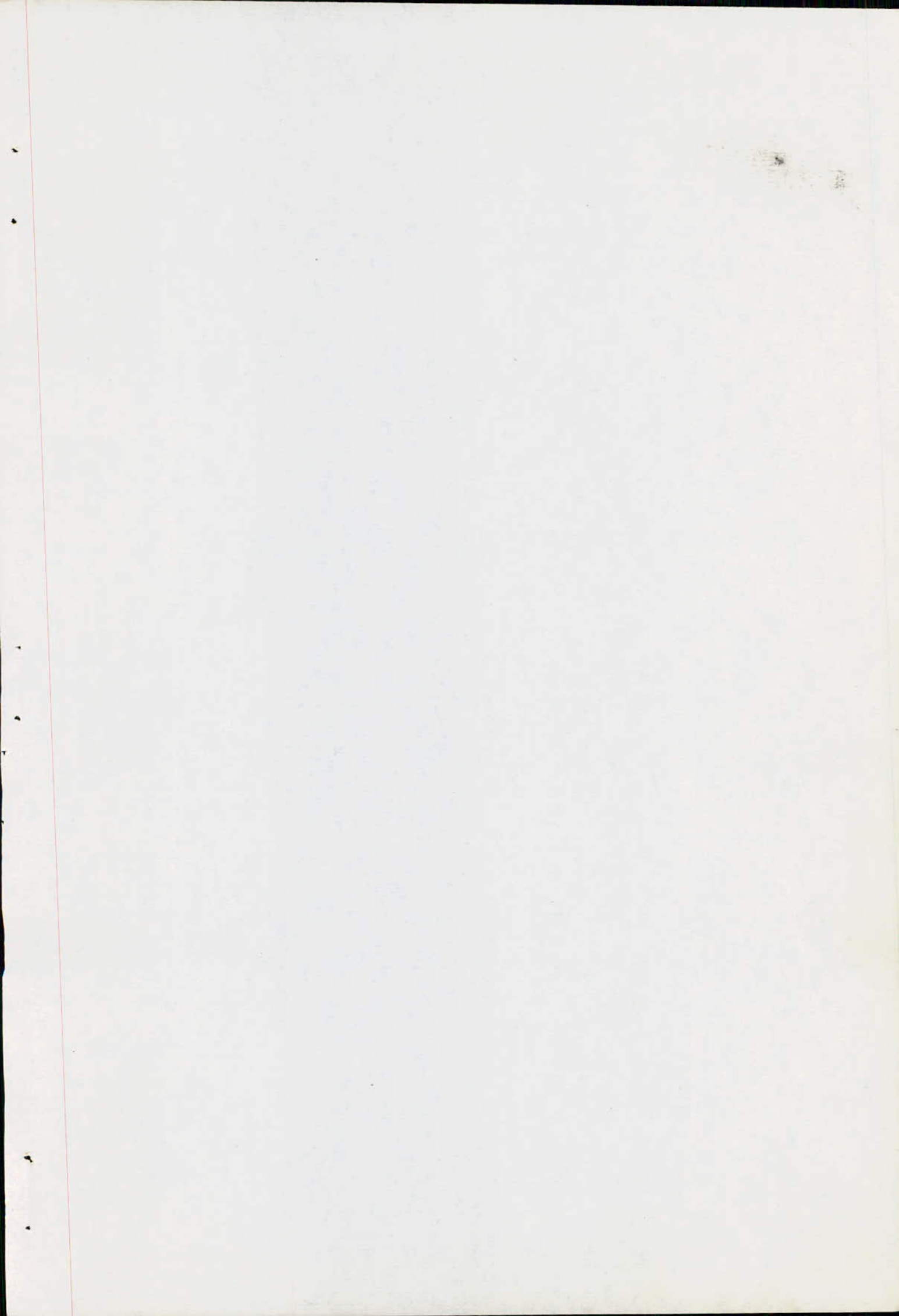


Proposé par :
R. KERBACHI
R. BELABBES

Etudié par :
A. AMOKRANE
H. AMOKRANE

Dirigé par :
R. KERBACHI
R. BELABBES

PROMOTION JUIN 1988



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية للتقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

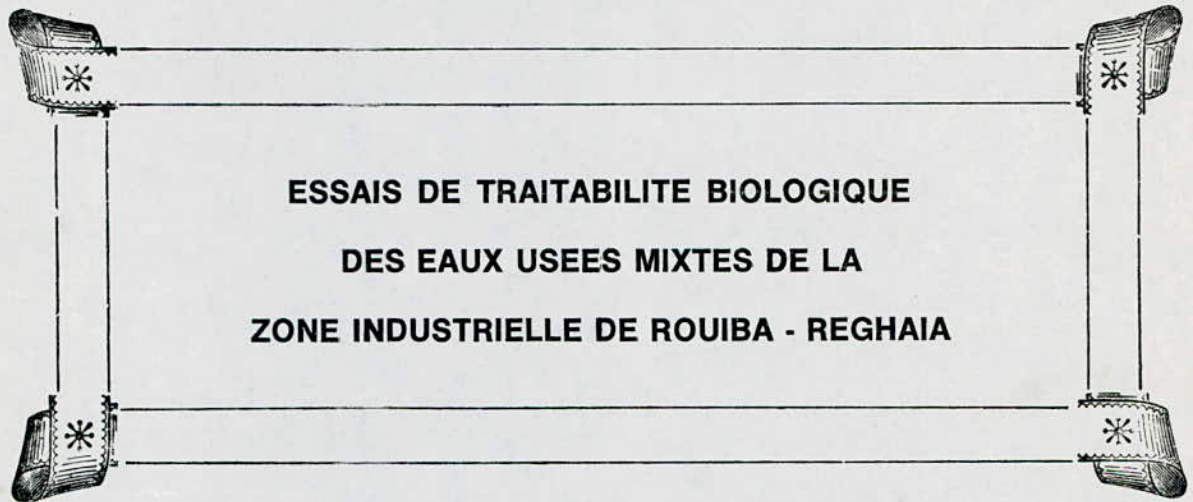
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT

THEME



Proposé par :
R. KERBACHI
R. BELABBES

Etudié par :
A. AMOKRANE
H. AMOKRANE

Dirigé par :
R. KERBACHI
R. BELABBES

PROMOTION JUIN 1988

/)/)INISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPFIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : DE GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROMOTEURS : MONSIEUR LE PROF. R. BELABES ET LE Dr R. KERBACHI.

ELEVES INGENIEURS : A. AMOKRANE et H. AMOKRANE

الموضوع : تجربة معالجة بيولوجية للمياه القذرة المختلطة للمنطقة الصناعية (الرويبة - الرغا
ماخص : ان هدف هذا المشروع يتجلى في دراسة تأثير المياه القذرة الصناعية
منطقة الرويبة الرغاية على المعالجة البيولوجية للمياه القذرة المختلطة
وتتبع هذه الدراسة بتعيين تأثير تذويب المياه القذرة الصناعية بالمياه
القذرة الحضارية للمنطقة من أجل تعيين نسبة التذويب التي تحدد
إيقاف بيولوجي لتصفية هذه المياه .

sujet : ESSAIS DE TRAITABILITE BIOLOGIQUE DES EAUX USEES MIXTES DE LA ZONE
INDUSTRIELLE ROUIBA-REGHAIA.

résumé : Le but de ce projet consiste en une étude de l'influence des eaux usées
industrielles de la zone ROUIBA-REGHAIA sur l'épuration biologique des eaux
résiduares mixtes. Cette étude est suivie par la détermination de l'effet de
dilution des eaux usées industrielles avec les eaux usées urbaines de la région
afin de déterminer le taux de dilution au dessous duquel aucune inhibition
biologique ne sera observée.

subject : Trials on the biological treatment of mixed polluted waters of the Rouiba-
Reghaia industrial area.

Abstract : The aim of this project is the polluted waters of the Rouiba area on the
biological purification of mixed waters.

This work is followed by the study of the effect of the dilution of indust
polluted waters with the city polluted waters of the area, for the purpose
of difining the dilution ratio below which wo biological inhibition is
observed.

DEDICACES

Nous dédions ce modeste travail à :

- Nos parents pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti .
- Nos grands-parents .
- Nos frères et nos soeurs qui n'ont pas cessé de nous aider .
- Ainsi qu'à tous nos amis en signe d'affection et d'amour .

—0-0-0-0-0- REMERCIEMENTS -0-0-0-0-0—

Avant de présenter ce mémoire , nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui , de loin ou de près , ont contribué à son élaboration .

Nous sommes très sensibles à l'intérêt que Messieurs le Prof. R. BELABDES , Enseignant au département de génie chimique et le Dr R. KERBACHI , Directeur et Enseignant au département de génie de l'Environnement à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger , ont manifesté à l'égard de ce modeste travail comme promoteurs et membres de ce jury et pour l'aide constante et les conseils constructifs qu'ils nous ont prodigués .

Nous prions Monsieur le Dr A. AMAMRIA , Enseignant au département de génie de l'Environnement , de bien vouloir accepter l'expression de notre profonde gratitude , pour avoir accepté d'assurer la présidence de ce jury .

Notre reconnaissance à Melle F. HAMDI , à Monsieur M. NAKIB Enseignants au département de génie de l'Environnement et à Madame K. MOUSSAOUI Enseignante au département des Sciences Fondamentales et Maître de conférences pour avoir accepté d'examiner cette étude et qui nous ferons l'honneur d'apprécier ce travail .

Nous remercions vivement Messieurs B. MAHFOUD et M. NOUAR , Techniciens au niveau de notre département , qui se sont acquités avec brio de la tâche délicate au laboratoire que constitue le déroulement de nos expériences .

Nos vifs remerciements vont également aux Messieurs M. TALEB , N. NEDJIOUI de département de Chimie industrielle de l'Université de BAB EL ZOUAR et à monsieur B. BENDAMARDJI de l'Institut de Chimie Industrielle de l'Université de Blida ainsi que Monsieur A. DJITLI de l'EPAU pour leurs aides et encouragements durant tout le semestre .

Nous transmettons également les remerciements à Monsieur
S. DIFFALAH Ingénieur chargé du laboratoire de SONATRACH de BOUMERDES
pour son aide précieuse sur les analyses des métaux lourds .

Enfin , un grand merci et toute sympathie à tous les enseignants
de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger , en particulier ceux des
départements de génie de l'environnement et de génie chimique , qui ont
contribué à notre formation .

Que chacun trouve ici le témoignage de notre estime et de notre
gratitude .

--0-0-0-0-0-0-0-0-- S O M M A I R E --0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0--

I.- Première partie : I N T R O D U C T I O N	
I.1.- PREAMBULE	I
I.2.- OBJECTIF DU TRAVAIL	2
I.3.- PRESENTATION DE LA ZONE ROUIBA-REGHAIA	2
I.3.1.- Caractéristiques générales	2
I.3.2.- Problématique de la pollution dans la zône ROUIBA-REGHAIA	3
I.3.3.- Présentation et problématique de l'oued et du marais du REGHAIA	6
I.3.3.1.- Historique	6
I.3.3.2.- Situation géographique	6
I.3.3.3.- Caractéristiques du lac et de l'oued	6
I.3.3.4.- Bilan hydrique du lac et de l'oued	6
I.3.3.5.- Problématique de la pollution du lac et du marais de REGHAIA	7
I.3.4.- Quelques caractéristiques de la pollution engendrée dans l'Oued et le marais de ... REGHAIA	10
I.4.- NORMES DE QUALITE DE REJETS	12
.- Deuxième partie : P A R T I E - T H E O R I Q U E	
I.- LES EAUX USEES	I4
I.1.- Définition	I4
I.2.- Origine et composition des eaux usées	I4
I.2.1.- Effluents urbains	I4
I.2.2.- Effluents industriels	I5
I.2.3.- Effluents d'origine agricole	I5
II.- EVALUATION DE LA POLLUTION	I7
II.1.- Généralités	I7
II.2.- Paramètres physiques	I7
II.2.1.- La couleur	I7
II.2.2.- La température	I7
II.2.3.- La conductivité	I7
II.2.4.- Le pH	I8

II.3.- Paramètres physico-chimiques	I8	...
II.3.1.- Les matières en suspension	I8	...
II.3.2.- Les matières volatiles en suspension ..	I8	...
II.3.3.- Les matières minérales en suspension ..	I9	...
II.3.4.- Les matières décantables et non décan- tables	I9	...
II.4.- Paramètres chimiques	I9	...
II.4.1.- Demande biochimique en oxygène	I9	...
II.4.2.- Demande chimique en oxygène	20	...
II.4.3.- Rapport DCO/DBO	20	...
II.4.4.- Carbone organique total	2I	...
II.5.- Les nutriments	2I	...
II.5.1.- L'azote	2I	...
II.5.2.- Le phosphore	22	...
II.6.- Les paramètres biologiques	22	...
 III.- ETUDE THEORIQUE DES PROCEDES D'EPURATION DES EAUX		
USEES	24	...
III.1.- Généralités	24	...
III.2.- Prétraitements physiques	24	...
III.2.1.- Dégrillage	24	...
III.2.2.- Déssablage	24	...
III.2.3.- Tamisage	24	...
III.2.4.- Déshuilage-Dégraissage	25	...
III.3.- Traitement primaire : Décantation primaire.	25	...
III.4.- Traitement biologique	25	...
III.4.1.- Principe et mécanisme de l'épuration biologique	25	...
III.4.2.- Evolution de la DBO en présence de bactéries	26	...
III.4.3.- Micro-organismes de l'épuration biolo- gique	28	...
III.4.4.- Epuration biologique par boues activées	28	...
III.4.4.1.- Principe des boues activées	29	...
III.4.4.2.- Flore microbienne des boues activées	29	...
III.4.4.3.- Recirculation des boues	30	...
III.4.4.4.- Paramètres spécifiques aux boues activées	30	...
III.4.4.5.- L'aération dans les bassins à boues activées	3I	...
 IV.- EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX MIXTES		
IV.1.- Généralités	34	...
IV.2.- Assainissement correct : origine des eaux mixtes	34	...
IV.3.- Précautions à prendre dans l'épuration biologi- que des eaux mixtes	34	...
IV.4.- Epuration chimique	35	...

V.- INFLUENCE DES EAUX USEES INDUSTRIELLES SUR L'EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX MIXTES 36

V.1.- Bession en nutriments 36

V.2.- Influence de la température 36

V.3.- Influence du pH 37

V.4.- Influence des détergents 37

V.5.- Influence de la salinité 37

V.6.- Influence des substances toxiques 38

 V.6.1.- Généralités 38

 V.6.2.- Adaptation des micro-organismes 38

 V.6.3.- Classification des toxiques 39

.- Troisième partie : P A R T I E- E X P E R I M E N T A L E

I.- APPAREILLAGE UTILISE 41

 I.1.- Description 41

 I.2.- Test de fonctionnement normal 41

 I.3.- Mode d'exploitation 41

II.- METHODOLOGIE EXPERIMENTALE 43

 II.1.- Localisation des points de prélèvements 43

 II.2.- Prélèvement et échantillonnage 45

 II.3.- Paramètres d'analyses 45

 II.4.- Première campagne de prélèvement 46

 II.4.1.- Résultats d'analyses 46

 II.4.2.- Interprétation des résultats 49

 II.5.- Deuxième campagne de prélèvement 50

 II.5.1.- Résultats des analyses 50

 II.5.2.- Interprétation des résultats 55

 II.6.- Troisième campagne de prélèvement 56

 II.6.1.- Résultats d'analyses 56

 II.6.2.- Interprétation des résultats 61

 II.7.- Quatrième campagne de prélèvement 61

 II.7.1.- Résultats d'analyses 61

 II.7.2.- Interprétation des résultats 66

 II.8.- Cinquième campagne de prélèvement 66

 II.8.1.- Résultats d'analyses 66

 II.8.2.- Interprétation des résultats 68

 II.9.- Caractérisation des boues activées 68

 II.9.1.- Interprétation 75

.- CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS 76

.- ANNEXE : Methodes d'analyses de l'eau

.- BIBLIOGRAPHIE

-- PREMIERE
PARTIE --

0-0-0-0-0-0-
INTRODUCTION-0-0-0-0-0-0

I.- INTRODUCTION

I.I.- PREAMBULE

Méconnus sinon délibérément ignorés pendant trop longtemps, les problèmes de pollution des eaux sont devenus, sans aucun doute, un des aspects les plus inquiétants de la dégradation des milieux aquatiques récepteurs ainsi que des biocénoses peuplant ces milieux.

La pollution des eaux par la civilisation technologique ne porte pas seulement atteinte à la pérennité des espèces animales ou végétales qui la peuplent mais comprennent aussi l'avenir de l'humanité en dilapidant des ressources naturelles irremplaçables, en particulier celles qui conditionnent la production et la productivité agricoles des divers écosystèmes continentaux.

Pour la plupart des industries, l'eau est un facteur de production important. Elle peut être utilisée comme matière première et être incorporée au produit fini, ou intervenir comme matière auxiliaire au cours du processus de fabrication. En général, elle est utilisée comme moyen d'entraînement des éléments indésirables ou récupérables, de souillure et de tout déchet tant domestique qu'industriel résultant de l'activité humaine.

Les villes, l'agriculture et l'industrie rejettent, volontairement ou accidentellement de manière concentrée ou répartie, d'importantes quantités de matière et de chaleur dans les eaux de surface, dans les rivières et dans les lacs.

Cette dilapidation scandaleuse d'énergie et de chaleur ainsi que des matières premières dont fait partie l'eau conduira tôt ou tard l'humanité vers un déficit que seule l'introduction, dans les plus brefs délais, de réglementation sévère de traitement approprié et de récupération pourra résorber.

Ainsi, pour épurer les eaux et maîtriser les phénomènes de pollution, il est recommandé, voir obligatoire, d'adopter un système cohérent de traitement afin d'éliminer avant rejet final le maximum d'impuretés qui s'y trouvent.

Les procédés sont divers, ils sont adoptés en fonction de la nature de la pollution étudiée et du devenir des eaux traitées.

Une étude complète et judicieuse du traitement le plus adapté doit faire l'objet de la réduction de la pollution en tenant compte d'une part des contraintes économiques en frais du premier investissement qu'en frais d'exploitation, d'autre part des contraintes socio-culturelles.

I.2.- OBJECTIF DU TRAVAIL

Notre étude s'inscrit dans le plan d'action anti-pollution du lac de REGHAIA.

Ce lac, qui vu sa situation à proximité de la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA où sont implantées plusieurs dizaines d'unités industrielles, artisanales et commerciales, sert de collecteur et de réservoir de pollutions diverses provenant d'une part des déchets urbains et industriels et d'autre part des eaux traversant les terres agricoles entraînant un lessivage d'engrais et de pesticides.

L'essor industriel que connaît encore la région conduirait à une surexploitation de la nappe qui engendrait tôt ou tard une mort lente mais certaine du lac, en ce sens, qu'il ne serait alimenté que par les eaux usées et perdant ainsi toutes ses facultés d'auto-épuration.

La sauvegarde de ce lac passerait inévitablement par un traitement des divers effluents qui s'y déversent.

Notre objectif consiste donc à étudier la faisabilité d'un traitement global de tous les effluents avant leur déversement dans le lac.

Les travaux effectués antérieurement nous ont conduit à axer nos efforts sur l'épuration biologique par boues activées tout en tenant compte du caractère mixte de ces effluents, c'est-à-dire urbains, industriels et parfois même toxiques.

Une éventuelle inhibition des eaux industrielles sur l'activité biologique sera également étudiée.

I.3.- PRESENTATION DE LA ZONE ROUIBA-REGHAIA

I.3.I.- Caractéristiques générales

La région de ROUIBA-REGHAIA, située dans la Wilaya de BOUMERDES à l'Est d'ALGER, comprend une population estimée à 60.000 habitants.

Cette région est située entre 3° 10 et 3° 15 de longitude Est du méridien de Green Wich et entre 36° 25 et 38° 00 de latitude Nord. Elle est limitée à l'Ouest par la ville de BORDJ EL BAHRI, à l'Est par la ville de BOUDOUAOU, au Sud par la route nationale N° 5 liant ALGER à CONSTANTINE et au Nord par la mer Méditerranée.

La zone industrielle de ROUIBA-REGHAIA, créée en 1960, englobe une superficie totale de 869 hectares occupée par 58 établissements industriels de service.

L'alimentation en eau des unités industrielles implantées dans la partie Nord de la zone industrielle est assurée

par les réseaux urbains de ROUIBA-REGHAIA d'A.E.P. (Alimentation en Eau Potable), complétée par les forages de la nappe de la MITIDJA pour certaines industries. Par contre, les unités situées dans la partie Sud de la zone industrielle sont alimentées par plusieurs forages appartenant au C.N.E.R.U. (Centre National d'Etude et de Recherche Urbaines). (I)

I.3.2.- Problématique de la pollution dans la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA

A l'instar des autres régions du pays, la région de ROUIBA-REGHAIA connaît les agressions de pollution générées par les pollution d'origine industrielle, urbaine et agricole.

La zone urbaine de REGHAIA d'une population de 10.000 habitants rejettent environ 7.000 m³/j d'eau usée urbaine se traduisant par une charge polluante estimée à 3200 Kg de DBO. Cette eau contient des matières minérales et organiques dans tous les états depuis les débris grossiers jusqu'aux molécules dissoutes ou ionisées en passant par les dispersions grossières, fines et colloïdales. Elle est presque toujours non toxique et biodégradable. Toutefois, cette eau véhicule de nombreux micro-organismes pathogènes ou saprophytes ainsi que des virus.

Il faut noter également la présence dans ce tissu urbain, de nombreuses activités artisanales et commerciales dont le volume et la nature de la charge polluante ne sont pas encore identifiés.

La zone industrielle de ROUIBA d'une population de 50.000 habitants et de superficie de 54,84 Km² rejette environ 20.000 m³ d'eau à 10.000 Kg DE DBO. (I)

Contrairement aux eaux usées urbaines, les eaux industrielles contiennent des matières biodégradables et non biodégradables (huiles, graisses...), des matières en suspension décantables, inertes et non décantables, et diverses substances chimiques inhibitrices ou de toxicité variable (Cyanure, métaux lourds, sulfures...). (2)

Le réseau d'assainissement de la partie Nord de la zone industrielle est du type unitaire qui prévoit l'évacuation en commun dans une même conduite des eaux d'égout ménagères, industrielles et des eaux de pluie. (3)

Pour la zone Sud, le réseau est séparatif comprenant un canal à ciel ouvert et des buses d'eaux usées.

Dans le premier type de réseau (réseau unitaire), il faut tenir compte des précipitations atmosphériques

alors que dans le second (réseau séparatif), il faut tenir compte des infiltrations.

Il est à signaler que dans les deux agglomérations, le réseau d'assainissement est de type unitaire.

Cependant, on notera l'existence de nombreuses décharges brutes qui déversent purement et simplement les déchets solides issus des activités urbaines et industrielles. Ces décharges contribuent, d'une manière substantielle, à l'augmentation de la charge polluante véhiculée par les eaux pluviales.

Les eaux agricoles de ruissellement constituent également une source de pollution non négligeable. Elles sont, en partie, responsables de l'eutrophisation du lac de REGHAIA et autres réservoirs naturels par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et de pesticides.

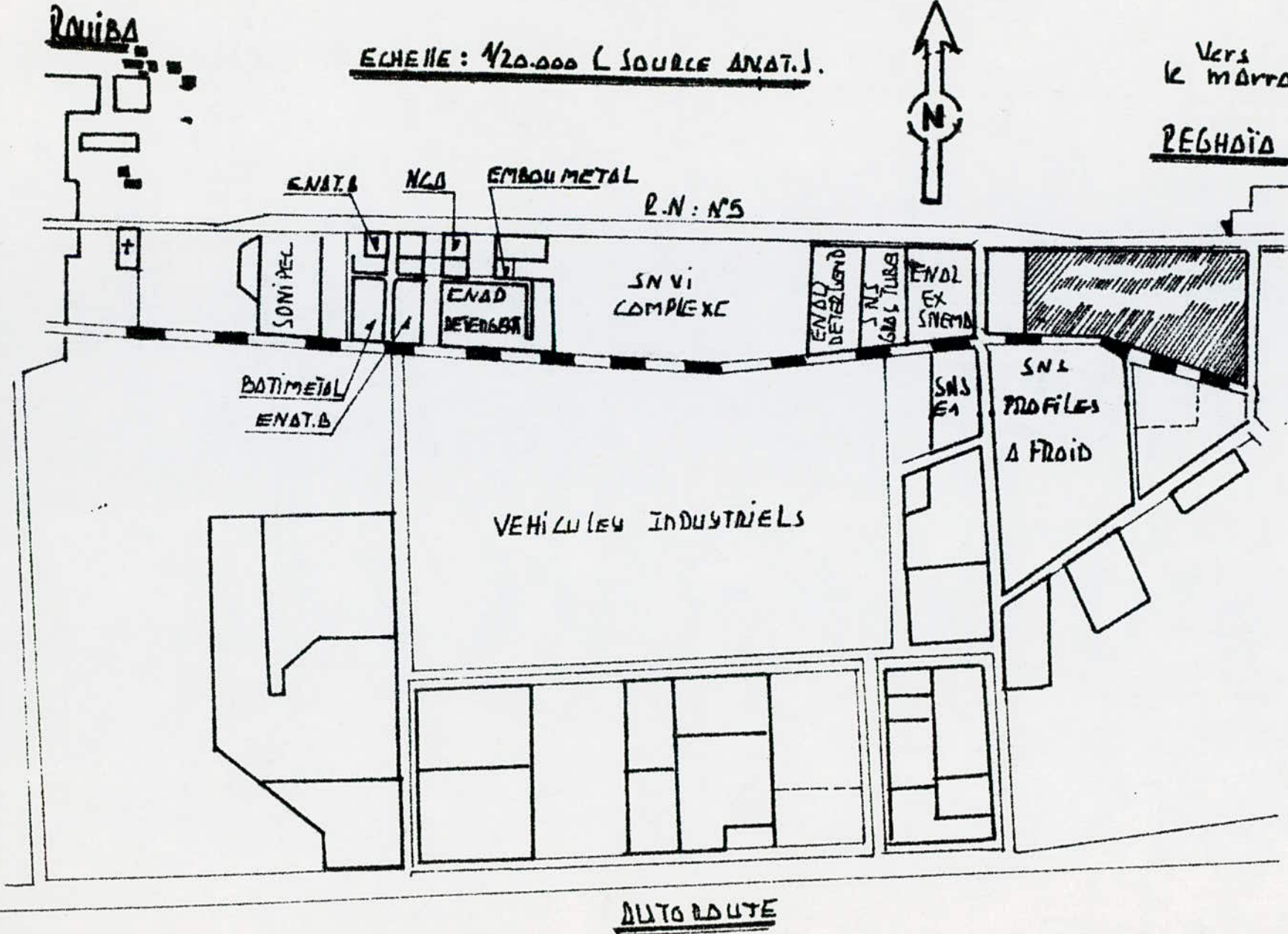
Fig. (2): ZONE INDUSTRIELLE DE LOUIBA-REGHAÏA.

ECHELLE: 1/20.000 (SOURCE ANAT.).



Vers
le marrois

REGHAÏA



I.3.3.- Présentation et problématique de l'Oued et du marais de REGHAIA

I.3.3.1.- Historique (4)

Initialement, l'Oued se heurtant au cordon dunaire, donnait lieu à la formation d'un marais naturel. Les colons procédèrent alors à un assèchement du milieu, plantèrent une ceinture d'Eucalyptus et assainirent le marécage puis construisirent une digue et réalisèrent ainsi une réserve d'eau.

Actuellement, le niveau des eaux augmente et on observe, en amont du lac, un recul de la végétation palustre ainsi que le dépérissement par asphyxie racinaire des Eucalyptus. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le dragage effectué au printemps 1974; le décolmatage ayant pu favoriser l'alimentation en eau pour la nappe phréatique.

I.3.3.2.- Situation géographique

Le lac de REGHAIA est limité à l'Ouest par une localité dite tribu Aïn Kala, à l'Est par deux fermes Arfat et Mokfi, au Sud Est par la ferme Ali-Khodja, au Sud par la ferme Mokfi et au Nord par la mer Méditerranée. (5)

Le petit périmètre de REGHAIA entre dans le grand ensemble de HAMIZ, et se trouve dans une région qui, du point de vue agroécologique, présente des conditions très favorables à la production agricole et où dominent les cultures maraichères, la viticulture et l'arboriculture. (6)

L'Oued de REGHAIA se présente, à partir du pont de la Route Nationale N° 5, comme un égout à ciel ouvert à ciel ouvert et débouche dans le marais de REGHAIA.

I.3.3.3.- Caractéristiques de l'Oued et du lac (7)

Le lac présente une superficie de 100 hectares dont une moitié recouverte d'eau libre. Sa largeur moyenne est de 500 mètres, sa longueur de 200 mètres alors que sa profondeur varie entre 0,7 mètres sur les berges et 7 à 12 mètres vers le centre.

L'Oued véhiculant les eaux du collecteur vers le marais a une longueur de 6400 mètres, une largeur variant de 0,5 à 2,5 mètres et une profondeur comprise entre 0,4 et 2,5 mètres.

I.3.3.4.- Bilan hydrique du lac et de l'Oued (4)

L'alimentation du lac est réalisée à partir d'eau douce provenant de la nappe phréatique de la MITIDJA et de quelques sources latérales à raison de 80 l/s à 200 l/s.

L'Oued, par contre, est alimenté par cinq

Oueds différents , en l'occurrence les Oueds Bior , Aïma , Moussa , Borrada et Sapinière .

Le débit des eaux usées déversées dans le lac via l'Oued REGHAIA et provenant des diverses sources de pollution est estimé à $2,32 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le prélèvement d'eau , pour l'irrigation d'environ 2733 hectares de terres agricoles , est estimé à $1236 \text{ m}^3/\text{h}$ en hiver et à $2160 \text{ m}^3/\text{h}$ en été .

1.3.3.5.- Problématique de la pollution du lac et du marais de REGHAIA (I)

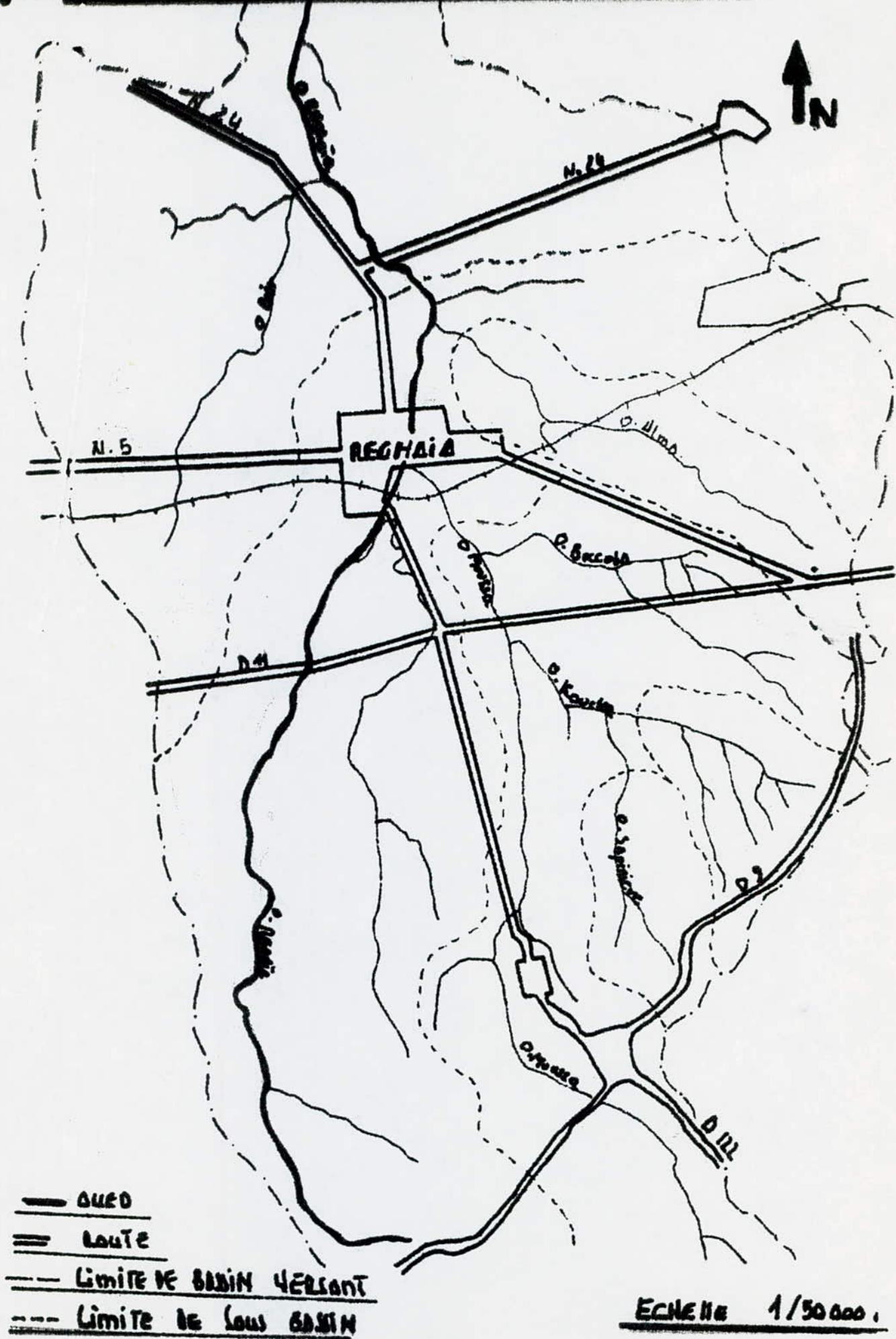
Des débris de toute sorte (Carcasse de véhicule , pneumatiques , bidons métalliques et plastiques , ect) encombrant les berges et lit de l'Oued créant ainsi les barrages ou sédimentent les matières solides entraînant leur putréfaction avec dégagement d'odeurs nauséabondes qui constituent une nuisance pour les riverains . Ce milieu favorise , en outre , la prolifération d'insectes vecteurs de maladie .

Au niveau du marais de REGHAIA , la charge polluante a dépassé le seuil admissible particulièrement au niveau de sa partie amont par les déversements , écoulements , rejets et dépôts directs ou indirects de matières de toute nature susceptibles de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant ses caractéristiques physiques , chimiques , biologiques ou bactériologiques .

Ce marais , dans lequel aboutissent les effluents urbains et industriels chariés par l'Oued REGHAIA et les engrais et produits agricoles par lessivage , tend de plus en plus à perdre son pouvoir d'auto-épuration .

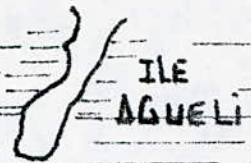
Cette situation conduirait éventuellement à la pollution irréversible de la nappe , à la perte des oiseaux migrateurs dont la niche écologique est perturbée , voir éliminée et à la diminution de la densité et de la diversité de la flore et de la faune lacustres .

Fig. (5). SITUATION DU BASSIN VERSANT DE L'OUED REGHAÏA



- OUED
- == ROUTE
- Limite de bassin versant
- Limite de bas bassin

Echelle 1/50 000.



MER MEDITERRANEE

DUNE

CULTURES

VEGETATION
PALUSTRE

CULTURES

FERME AFRAT

FERME MORFI

TRIBU

CENTRE
SYNEGETIQUE

IKALA

DI
EAU
PLAN

AGRUMES

SIN TAYD

FERME ALI KHODD

N 24.

I.3.4.- Quelques caractéristiques de la pollution engendrée dans l'Oued et le marais de REGHAIA

Dans le but d'avoir une idée sur la nature et la quantité de la pollution engendrée dans l'Oued et le marais de REGHAIA , nous résumons dans les tableaux I.1. à I.5. l'ensemble des résultats des travaux effectués antérieurement sur les eaux usées de la zone industrielle de ROUIBA-REGHAIA .

Tableau I.1.- Résultats des analyses effectuées le 05-01-86 (8) .

Paramètres	Oued REGHAIA au niveau du collecteur principal	Au niveau du marais du REGHAIA
Chrome (mg/l)	3	à l'état de trace
DCO (mg/l)	560	50,0
DBO ₅ (mg/l)	192	13,8
pH	7,7	8,0
Température (°C)	16	11
MES (mg/l)	680	49

Tableau I.2.- Contrentation de l'eau en éléments minéraux du lac de REGHAIA (mg/l) . (9) .

NO ₃ ⁻	11,27	NO ₂ ⁻	1,04	NH ₄ ⁺	3,85
K ⁺	16,63	Na ⁺	207,91	Mg ²⁺	32,18
PO ₄ ³⁻	2,74	SO ₄ ²⁻	163,30	Ca ²⁺	4,69
Cl ⁻	342,27	CO ₃ H ⁻	377,20	N	4,69
MES	21,95	DBO ₅	11,95	DCO	66,80

Le tableau I.2. nous montre que les eaux du marais de REGHAIA contiennent toute une variété d'éléments minéraux , et sont donc susceptibles d'être utilisées en Irrigation . Cependant les problèmes sanitaires liés surtout aux germes pathogènes , aux métaux lourds et aux produits chimiques, dont les teneurs sont indiquées dans les tableaux I.3. à I.5. , font l'objet

Tableau I.3.- Résultats des analyses effectuées le 22-03-87 (I0) .

Paramètres	Au niveau de l'Oued	à l'entrée du lac
Température (°C)	19,5	16,6
pH	7,8	8,4
Conductivité (ms/s)	2,10	1,48
DBO ₅ (mg/l)	29,9	10
DCO (mg/l)	103	108

Tableau I.4.- Analyse de l'eau en métaux lourds (mg/l) . (II)

Eléments	à l'entrée de l'Oued	à l'entrée du lac
Fer	20,90	10,10
Zinc	2,50	1,57
Plomb	0,91	0,20
Cuivre	0,81	0,50
Cadmium	0,22	Traces
Chrome	1,50	0,41

Tableau I.5.- Analyse bactériologique . (I2)

Eau usée urbaine	1080.10 ³ germes/ml à 37° C
	200.10 ³ germes/ml à 22° C
Eau usée industrielle à la sortie du collecteur principal	930.10 ³ germes/ml à 37° C
	610.10 ³ germes/ml à 22° C
Eau du lac	190.10 ³ germes/ml à 37° C
	60.10 ³ germes/ml à 22° C

L'ensemble des analyses présentées dans les tableaux I.I. à I.5. et effectuées antérieurement nous donnent une idée sur l'aspect qualitatif et surtout des informations sur la quantité de la pollution qui peut affecter le lac de REGHAIA .

I.4.- NORMES DE QUALITE DE REJETS

Les normes de rejet des eaux usées urbaines et industrielles différent , parfois , d'un pays à un autre . En ALGERIE , l'Agence Nationale de la Protection de l'Environnement (A.N.P.E) , le Centre d'Etude et de Réalisation en Urbanisme (URABSE) adoptent des normes de rejets proches de celles fixées par l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé) .

Le tableau I.6 montre en plus des normes nationales , celles de l'OMS , la FRANCE , la SUISSE et la RFA (13) relatives à certains paramètres .

Tableau I.6.- Concentration limites du rejet après traitement selon plusieurs directives .

Paramètres	URABSE ANPE	O MS	FRANCE	SUISSE	RFA
Température (°C)	30	30	30	30	-
Conductivité (ms/s)	-	-	2	-	-
pH	6,5-8,5	-	6,5-8,5	-	-
MES (mg/l)	20	20	30	20	-
DBO ₅ (mg/l)	30	30	40	25	30
DCO (mg/l)	90	90	120	-	90
PO ₄ ⁻ (mg/l)	2,00	-	-	2,00	-
Chlorures (mg/l)	-	-	-	100	-

Le tableau I.7 nous donne les concentrations limites des constituants les plus nocifs des eaux résiduaires industrielles mélangées avec les eaux d'égouts de ville .

Tableau I.7.- Concentrations limites de quelques constituants nocifs des eaux résiduaires mélangées avec des eaux d'égouts de ville . (14)

Constituants	MEINK , STOOF KOHLSCHUEFFER (1960)	KARNOUSKY (1961)	BRUCHNE (1959)
Composés de Mg	300 mg/l	300 mg/l	-
Cuivre	0,1 mg/l	-	1,0 mg/l
Zinc	5,0 mg/l	-	3,0 mg/l

Sulfates	300 mg/l	300 mg/l	-
Nickel	2,5 mg/l	-	-
Plomb	0,1 mg/l	-	-
Arsenic	1,0 mg/l	0,5 mg/l	-
Chromates	2,0 mg/l	1,0 mg/l	1,0 mg/l
Cyanures	1,0 mg/l	5,0 mg/l	2,0 mg/l
Phénols	40,0 mg/l	-	-
pH	plus de 6,5	-	-

Les concentrations des toxiques exerçant une action néfaste pour certains organismes végétaux ou animaux dans l'émissaire, peuvent être déterminées, jusqu'à un certain point, par des essais et par l'expérience pratique.

Les différents organismes présentent toutefois une sensibilité extrêmement variable vis-à-vis des toxiques entrant en ligne de compte ici.

Le tableau I.8. indique par exemple, les concentrations de toxiques détruisant la faune piscicole d'un cours d'eau.

Tableau I.8.- Concentrations de toxiques détruisant la faune piscicole d'un cours d'eau. (15)

Toxiques	Concentrations (mg/l)
Mercure	0,29
Cuivre	3,30
Zinc	8,40
Fer (II)	14,00
Cadmium	17,00
Nickel	128,00

-- DEUXIEME
PARTIE --

O-O-O-O-O ---
PARTIE THEORIQUE --- O-O-O-O-O

I.- LES EAUX USEES

I.1.- DEFINITION

D'une manière générale, une eau usée est une eau qui, après avoir été utilisée dans divers domaines, a pour effet de provoquer ou d'augmenter la pollution du milieu récepteur dans lequel elle est rejetée. (I6)

I.2.- ORIGINE ET COMPOSITION DES EAUX USEES

On peut utiliser divers critères pour classer les eaux usées. Ceux-ci reposent soit sur l'origine des polluants, soit sur la nature de ces derniers, ou encore la nature des nuisances créées.

En se référant au premier mode de classement, on distingue trois types d'eaux usées: les effluents urbains, les effluents industriels, et ceux d'origine agricole. (I7)

I.2.1.- Effluents urbains

Ces effluents ayant eux-même trois origines possibles sont à leur tour subdivisés en trois types.

I.2.1.1.- Eaux de ruissellement

Ce sont essentiellement les eaux de pluie et les eaux de lavage des chaussées.

Les eaux de pluie sont caractérisées par un débit fortement variable. Les polluants qui s'y trouvent sont en grande majorité des matières en suspension d'origine minérale, mais aussi des hydrocarbures provenant de la circulation automobile et saisonnièrement des débris végétaux (dans les villes ou il reste des arbres). On y trouve également des polluants de l'atmosphère tels que poussières, anhydride sulfureux ou sulfurique, composés organiques, etc...

Les eaux de lavage des chaussées ont un débit variable mais périodique et de faible amplitude. Les polluants sont identiques à ceux des eaux de pluie avec éventuellement en plus des détergents. (I7)

I.2.1.2.- Eaux résiduaires domestiques

Ces eaux rassemblent plusieurs composantes correspondant aux diverses activités quotidiennes vitales: eaux de cuisine, eaux de buanderie et salle de bain, eaux de lavage des locaux, eau sanitaires. Aussi, les eaux usées domestiques comprennent des matières minérales (sels dissous, azote, phosphore, potassium, éléments minéraux provenant du lavage des aliments, etc.) et des matières organiques (graisses, détergents, savons, hydrocarbures, etc.) qui sont entraînées par le courant liquide sous

forme de matières en suspension (décantables, flottantes, et colloïdales), ou, encore en proportion plus ou moins grande, dissoutes dans l'eau. A ces matières s'ajoutent des micro-organismes parasites ou pathogènes, susceptibles de dégrader les matières organiques et de provoquer des fermentations putrides. (I6)

I.2.1.3.- Eaux résiduaires artisanales ou industrielles

Elles sont constituées essentiellement de petites entreprises et d'effluents provenant de stations de traitement spécifiques à des entreprises de taille moyenne.

L'importance relative des apports et de la nature de ces eaux est surtout fonction du degré d'industrialisation et du type d'activité de la ville concernée.

Globalement, ces eaux contiennent des toxiques ou inhibiteurs de la micro-flore active, des détergents, des hydrocarbures, des sels minéraux dissous, des produits à réaction acide ou basique marquée. (I7)

I.2.2.- Effluents industriels

Dans une industrie, on distingue généralement quatre types d'eaux résiduaires: les eaux de fabrication, les eaux sanitaires, les eaux de ruissellement et de lavage, et les eaux contenant un certain nombre de rejets périodiques émanant de sources diverses. Aussi, la composition des eaux industrielles est extrêmement variable puisqu'elles sont susceptibles de receler les résidus de tout ce qu'il est possible de fabriquer.

Les industries polluantes sont habituellement réparties en neuf catégories. Les industries chimiques, métallurgique, minières, gazières, et des acides, qui produisent des eaux usées non fermentescibles mais contenant parfois des matières en suspension en grande quantité, présentant un PH excessif et contenant souvent des produits toxiques ou gênant tels que cyanures, phénols, etc... Les industries du papier et de la cellulose, des cuirs et des peaux, du textile, et les industries alimentaires produisent des effluents fermentescibles justiciables d'un traitement biologique. (I8)

I.2.3.- Effluents d'origine agricole

Ce type de pollution intéresse les eaux de ruissellement et concerne deux familles de composés: les pesticides et les engrais.

Les pesticides comprennent non seulement les produits phytosanitaires tels que insecticides, fongicides, herbicides, etc... mais aussi certains dérivés chimiques d'origine industrielle tels que les biphénylpolychlorés. On classe les pesticides

en: produits organochlorés, organophosphorés, organo-azotés, organométalliques et en substances minérales.

L'utilisation des engrais suit actuellement un accroissement très rapide. On attribue partiellement à ces produits, qui sont lessivés et entraînés par les eaux de ruissellement, l'augmentation nette des teneurs en nitrates et en phosphates observées dans les eaux de nappe.

II.- EVALUATION DE LA POLLUTION

II.1.- GENERALITES

L'intérêt croissant porté à la qualité de l'eau a conduit à définir, pour les eaux usées, un certain nombre de paramètres spécifiques qui peuvent être physiques, chimiques, ou biologiques.

Habituellement, on ne recherche pas à identifier systématiquement les composés présents. Le potentiel de pollution de l'effluent sera plutôt apprécié par une série de mesures à caractère global, cherchant à traduire avec plus ou moins de fidélité, les nuisances susceptibles d'être induites dans le milieu récepteur par le rejet de cet effluent.

II.2.- LES PARAMETRES PHYSIQUES

Il s'agit surtout de la couleur, la température, la conductivité et le PH.

II.2.1.- La couleur

C'est un paramètre lié au déversement de composés solubles présentant une coloration marquée.

Il est à signaler donc que le déversement des seules eaux résiduaires urbaines n'est pas susceptible de modifier durablement la coloration d'effluents industriels (teinturerie par exemple) peuvent provoquer une altération persistante

II.2.2.- La température

La température reste un paramètre dont la détermination est souvent négligée; il est des cas, cependant, où son contrôle est indispensable.

En effet, elle joue un rôle important dans le fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement des eaux usées, notamment les dégraisseurs qui nécessitent une température inférieure à 30°C. De plus, la température affecte les vitesses de réactions cellulaires, les voies métaboliques empruntées, les besoins nutritionnels, la composition de la biomasse microbienne, la solubilité de l'oxygène et l'activité des microorganismes intervenant dans la biodégradation de la matière organique. Il est à remarquer que les températures supérieures à 30°C se rencontrent notamment dans le cas des eaux de refroidissement de sorte qu'il faut ménager des temps de stockage suffisamment longs pour abaisser la température à des valeurs compatibles. (19)

II.2.3.- La conductivité (20)

La conductivité électrique de l'eau est la conductance d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm²

de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm .

La conductivité nous renseigne sur la minéralisation ou salinité globale de l'eau , et nous donne de nombreux renseignements sur l'eau à étudier . En effet , la valeur de la conductivité est influencée par la force de l'électrolyte; la nature des ions libérés et leur concentration dans la solution .

II.2.4.- le pH

La concentration en ions H_3O^+ dans un milieu influe grandement sur la croissance des micro-organismes. De plus, des PH trop bas ou trop élevés peuvent être néfastes pour les traitements physico-chimiques et biologiques.

En général, un PH variant entre 6 et 8 correspond aux meilleures conditions d'épuration biologique car les bactéries tolèrent de telles variations de pH. (21)

II.3.- LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Ils concernent principalement les matières en suspension décantables ou non décantables.

II.3.1.- Les matières en suspension (MES)

Théoriquement, les MES sont les matières qui ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdal. On peut considérer qu'elles représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussières de charbon et les particules minérales du type mucilagineux. Ces MES comportent aussi bien des matières minérales que des matières organiques.

Souvent, la connaissance de ce paramètre renseigne sur les possibilités épuratoires de certains ouvrages de traitement, décanteurs par exemple, et intervient dans l'évaluation de la production des boues en excès.

Cependant, toutes les MES ne pas décantables, en particulier les colloïdes retenus par la filtration. (19)

II.3.2.- Les matières volatiles en suspension (MVS)

ELLES représentent la fraction organique des MES. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurées à partir des résidus des MES à 105°C en les calcinant dans un four à 525±25 °C pendant deux heures.

La connaissance de ce paramètre est souvent importante dans l'étude de l'épuration biologique car il permet d'exprimer la quantité de matière cellulaire, soit les micro-organismes sous forme de floccs qui se trouvent dans une boue issue d'un procédé biologique. (22)

II.3.3.- Les matières en suspension non décantables (MESND)

II.3.3.- Les matières minérales en suspension

Les matières minérales en suspension constituent le résidu de la calcination des MES à 525 ± 25 °C pendant deux heures, et sont principalement dues à la présence de sels, de silice et de poussières. (21)

Ces matières minérales en suspension représentent en moyenne 30% de la teneur en MES pour des effluents domestiques.

II.3.4.- Les matières décantables et non décantables

Les matières décantables représentent la fraction des MES qui sédimentent pendant un temps donné, généralement de deux heures. L'essai de décantation est réalisé dans un cône IMHOFF ou dans des éprouvettes cylindriques du docteur COIN. Ces deux types d'éprouvettes ont une capacité d'un litre et le culot est gradué en ml pour la lecture. Les matières décantables sont donc exprimées en ml/l. Dans certain cas, les éprouvettes sont dotées d'un robinet de purge, ce qui nous permet d'exprimer ces matières en mg/l après leur récupération et séchage à 105°C et leur mesure par pesée.

Les matières non décantables sont, quant à elles, celles qui restent dans le liquide surnageant et qui seront dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique. (19)

II.4.- LES PARAMETRES CHIMIQUES

Ils sont évalués en mesurant la DBO, la DCO et le carbone organique total.

II.4.1.- Demande biochimique en oxygène (DBO)

Par définition, la demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est donc, une mesure du carbone organique biodégradable, et, dans certaines conditions, des formes azotées réduites contenues dans l'eau usée.

Par convention, on mesure la DBO à 20°C, à l'abri de la lumière et sur une durée de 5 jours. On parle alors de DBO₅. Dans la mesure de la DBO₅, plusieurs facteurs doivent être pris en considération. Ce sont notamment:

- le pH: en dehors des limites 6,8 et 8,3 la DBO mesurée peut ne correspondre qu'à une fraction de la DBO réelle;
- la teneur en sels nutritifs: si le milieu n'est pas assez riche en dérivés azotés et phosphorés, la DBO observée sera trop faible;

Les micro-organismes sels doivent être en nombre suffisant pour assurer l'oxydation de la matière organique. Le pourcentage de DBO₅ réalisé, en un temps donné, augmente avec le pH et diminue avec la teneur en sels nutritifs.

- les micro-organismes: ils doivent être en nombre suffisant. On observe de plus que le pourcentage de DBO satisfaite, en un temps donné, augmente avec le degré de diversité des espèces et leur stade d'acclimatation;
- la température: si la température est différente de 20°C, les réactions d'oxydation seront retardées ou accélérées;
- la durée d'incubation: le test normalisé porte sur une incubation de 5 jours. Toutefois, le degré de stabilisation dépend de la nature et de la biodégradation de la matière organique, de la population microbienne, de l'abondance de nutriments et de l'absence de composés toxiques;
- la présence de substances inhibitrices: elle se traduit par une période plus ou moins longue d'acclimatation des bactéries. L'effet des métaux lourds peut être réduit par addition d'un agent complexant tel que l'EDTA (éthylène diamine tétracétique);
- la possibilité de nitrification: la présence de bactéries nitrifiantes déjà acclimatées affecte grandement la DBO et accélère le processus d'épuration. (23)

II.4.2.- Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement, sans l'intervention de micro-organismes, les matières organiques contenues dans l'effluent. C'est donc, une mesure de quasiment toutes les matières organiques contenues dans les eaux usées, qu'elles soient ou non biodégradables. La DCO constitue un paramètre important, surtout pour les rejets industriels à caractère toxique qui se prêtent mal à la mesure de la DBO.

La procédure normalisée, pour sa détermination, fait appel à une oxydation à chaud par le bichromate de potassium en milieu acide fort concentré (H_2SO_4) à reflux pendant deux heures. On catalyse le processus par ajout de sulfate d'argent.

La DCO présente, cependant, certaines limitations. En effet, on peut observer les faits suivants:

- certains composés aromatiques résistent à l'oxydation;
- les nitrites interfèrent; ces derniers peuvent être éliminés par l'action de l'acide sulfamique;
- les chlorures, iodures et bromures interfèrent également; pour éviter l'oxydation de ces composés, on les complexe par addition de sulfate mercurique.

II.4.3.- Rapport DCO/DBO

La DBO d'une eau résiduaire est, le plus souvent,

inférieure à sa DCO. On attache souvent, et à juste raison, de l'importance au rapport DCO/DBO. Ce rapport marque la part relative des matières rapidement biodégradables dans l'ensemble des matières oxydables. Lorsque DCO/DBO5 est inférieur à 1,7 il s'agira d'un effluent biodégradable. Lorsque ce rapport est compris entre 1,7 et 5 il s'agira d'un effluent biodégradable avec des souches sélectionnées. Enfin, lorsqu'il dépasse 5 il s'agira d'un effluent non biodégradable. (19)

II.4.4.- Carbone organique total (COT)

Bien que le COT ne compte pas au rang des demandes en oxygène, on peut le placer à proximité de celles-ci, car il correspond aussi à une approche quantitative de la matière organique dont le carbone est le principal constituant.

Le principe le plus courant de la mesure du COT repose sur la combustion des matières organiques carbonnées dans un four à 950°C, sous un courant d'oxygène. Cette combustion libère du gaz carbonique qui est dosé par un analyseur infra-rouge, après condensation de la vapeur d'eau. Cette méthode nécessite l'étalonnage de l'appareil avec des solutions de produits purs, aux concentrations voisines de l'échantillon à analyser.

II.5.- LES NUTRIMENTS

On entend par ce terme les composés de l'azote et du phosphore qui sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Par ailleurs, l'azote et le phosphore étant des constituants essentiels de la matière vivante, et leur présence est indispensable pour assurer le traitement, par voie biologique, des effluents urbains et industriels biodégradables.

Ainsi, lorsque l'effluent à traiter est pauvre en éléments nutritifs, il convient alors de lui en ajouter sous forme d'engrais agricoles et par addition d'effluent urbain dans des proportions convenables, ou encore sous forme de produits tels que phosphate d'ammonium. Dans ce contexte, les études ont montré qu'un rapport DBO5/N/P voisin de 100/5/1 permet d'assurer un développement normal des micro-organismes épurateurs aérobies.

II.5.1.- L'azote

Il peut être présent dans les eaux sous de nombreux états de valence:

- forme réduite: azote organique, ammonium;
- forme moléculaire: azote dissout;
- forme oxydée: nitrites, nitrates.

L'azote organique est présent sous forme de protéines qui donnent

par hydrolyse des acides aminés. Il se trouve également sous forme d'autres combinaisons telles qu'urée, acide urique, créatinine, etc... L'azote organique et ammoniacal exercent tous deux une demande en oxygène importante. Il convient donc de surveiller attentivement le déversement des différentes formes azotées et ce, pour diverses raisons:

- limiter le développement de la flore aquatique;
- limiter les risques pour la santé publique.

D'ailleurs, la connaissance des concentrations en matières azotées des effluents rejetés par les stations d'épuration constitue un guide intéressant pour apprécier la bonne marche des installations. (22)

II.5.2.- Le phosphore

Comme l'azote, le phosphore se présente, dans les eaux, sous forme d'orthophosphates, de phosphures, de diverses combinaisons minérales comme le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétrasodique et l'hexa-métaphosphate de sodium. Le phosphore organique, quant à lui, est présent dans les combinaisons cellulaires soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément mobile du métabolisme cellulaire. La connaissance de la quantité de phosphore contenue dans les résiduaires permet de vérifier si ce composé ne fait pas défaut, pour envisager un traitement biologique de ces eaux. Dans ce cas, il ya intérêt à rechercher le phosphore total et non le seul phosphore représenté par les orthophosphates.

Dans les bassins à boues activées, le phosphore organique et les polyphosphates sont rapidement transformés, par les micro-organismes, en orthophosphates. Une partie de ceux-ci, soit environ 10%, est utilisée pour la synthèse de nouvelles cellules, tandis que l'autre fraction est évacuée dans l'effluent de sortie. (19)

II.6.- LES PARAMETRES BIOLOGIQUES

Les eaux usées évacuent les matières fécales et les urines des populations. Elles sont donc chargées en germes commensaux habituels de l'homme et en germes pathogènes en provenance de porteurs sains ou de malades. Les effluents hospitaliers peuvent venir grossir la charge biologique. A ces effluents, il convient d'ajouter également le déversement de nombreux déchets agro-alimentaires (abattoirs, equarissage, tanneries, élevage agricoles, etc.).

D'une façon globale, on distingue les organismes aérobies et les organismes anaérobies.

allochtones et les organismes autochtones.

Le premier groupe n'a aucune relation avec l'épuration biologique des eaux puisque vivant hors de ces eaux. Le second groupe, par contre, vit, croît et se développe dans les eaux quand les conditions favorables sont réunies.

En terme microbiologique, les micro-organismes présents dans les eaux usées peuvent être classés en quatre catégories qui sont les suivantes:

- les bactéries qui sont les plus nombreuses dans le monde des protistes inférieurs et qui interviennent dans une grande proportion dans le traitement biologique des eaux usées. Ainsi, à cause de leur nombre important, l'énumération des bactéries isolées serait fastidieuse;

- les parasites digestives dont on distingue deux grandes familles: les protozoaires et les métazoaires. Les protozoaires comprennent les amibes, les flagellés et les ciliés, alors que les métazoaires comprennent les cestodes (ou ténias), les nématodes, et les trématodes;

les virus dont les principaux appartiennent au groupe des entérovirus (Poliovirus, Echo, Réovirus);

- les champignons ou mycètes qui comprennent les levures et les moisissures. Ces derniers se subdivisent en Phycomycètes, Ascomycètes, Basidiomycètes et Deutéromycètes. Quant aux levures, dont la reproduction se fait, soit par bourgeonnement, soit par scission, soit par sporulation, on en distingue, en particulier, les Saccharomyces, Hanseniaspora, Trigonopsis, Endomyces, Pitysporium. (21)

III.- ETUDE THEORIQUE DES PROCÉDES D'EPURATION DES EAUX USEES

III.1.- GENERALITES

Il existe un grand nombre de procédés de traitement des eaux usées dont l'application dépend à la fois des caractéristiques des eaux à traiter, de la qualité de l'effluent, du coût et de la disponibilité des terrains, et de l'évolution des normes de rejets.

Globalement, on distingue les prétraitements physiques, le traitement primaire, les traitements chimiques, le traitement secondaire ou biologique et les traitements tertiaires ou d'affinage.

III.2.- LES PRETRAITEMENTS PHYSIQUES

Les prétraitements physiques constituent une série d'opérations susceptibles d'alléger les eaux brutes des matières grossières et de les conditionner en vue d'un traitement biologique ultérieur ou d'un rejet dans le milieu récepteur.

III.2.1.- Dégrillage

Il s'agit de séparer des eaux brutes les matières les plus volumineuses en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent.

On distingue un prédégrillage (espacement: 30 à 100 mm), un dégrillage moyen (10 à 25 mm), et un dégrillage fin (3 à 10 mm). (22)

III.2.2.- Dessablage

L'élimination des sables présents dans l'effluent brut est indispensable si l'on veut protéger les conduites et les pompes des effets d'abrasion et éviter le colmatage des canalisations par une sédimentation au cours du traitement.

Au niveau des dessableurs qui peuvent être à couloir, carrés, ou aérés, on recommande des vitesses d'effluent de 0,2 à 0,4 m/s afin d'éviter le dépôt de matières organiques et le re-entraînement des particules du type sable de dimension 0,2 mm par le courant d'eau. (22)

III.2.3.- Tamissage

Le tamissage est en fait un dégrillage poussé et consiste en filtration sur toile mettant en oeuvre des mailles de différentes tailles. Il existe un macrotamissage (mailles supérieures à 0,3 mm) et un microtamissage (mailles inférieures à 100 µm). Le macrotamissage est le stade le plus important et est déterminé à retenir les MES flottantes, les débris végétaux, les herbes, les insectes et etc... La charge de la pollution est ainsi

réduite et allègera la station d'épuration. (22)

III.2.4.- Deshuilage-Dégraissage

Les huiles libres et les matières grasses flottantes sont éliminées des eaux usées par séparation gravitaire; les huiles qui ont une densité inférieure à celle de l'eau viennent flotter à la surface du séparateur d'où elles sont enlevées par écumage en vue d'un recyclage ou d'un versage.

dans le cas de suspensions d'huiles finement dispersées, il peut être nécessaire d'introduire une étape de coalescence en amont du séparateur, ou d'introduire des agents flocculants. Les émulsions d'huiles peuvent être, en fonction de leur stabilité, traitées par action thermique, centrifugation, filtration ou addition d'agents chimiques. (23)

III.3.- TRAITEMENT PRIMAIRE: DECANTATION PRIMAIRE

Les eaux résiduaires dégrillées, dessablées et deshuilées contiennent encore des matières minérales et organiques sédimentables. L'élimination de ces matières présentes dans le milieu liquide est réalisée par décantation. Ainsi, les décanteurs sont destinés à faciliter la séparation des matières sédimentables qui représentent une proportion importante de la charge en DCO et en DBO5. De plus, une sédimentation efficace est susceptible de retenir une fraction importante des matières organiques et minérales. La charge du traitement biologique ou chimique ultérieur peut être ainsi allégée.

Les décanteurs utilisés dans le traitement primaire peuvent être statiques avec ou sans râclage mécanique des boues. Dans les deux modes, le décanteur peut être conique, cylindro-conique, circulaire, ou longitudinal-rectangulaire. (24)

III.4.- TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Lorsque les éléments sont présents sous forme soluble ou lorsque leur taille ne leur permet pas d'être piégés par les prétraitements physiques, sauf au prix d'un conditionnement physico-chimique complémentaire, on utilise le plus souvent un traitement biologique.

Il permet de faire passer des éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en éléments flocculables et de constituer ainsi des agrégats que l'on peut de nouveau séparer de la phase liquide.

III.4.1.- Principe et mécanisme de l'épuration biologique

L'épuration biologique des eaux résiduaires est basée sur l'activité vitale des micro-organismes, et dans une grande mesure des bactéries. Ces micro-organismes utilisent les

matières organiques dissoutes, ou amenées à une forme soluble, d'une part comme source d'énergie, et d'autre part pour la formation de substances cellulaires nouvelles; ce qui a pour résultat de les éliminer du liquide. (23)

La dégradation biologique des matières organiques biodégradables, présentes dans les eaux usées, s'effectue en deux phases distinctes:

- une phase d'adsorption, très rapide, au cours de laquelle les substances organiques s'adsorbent sur la membrane extérieure de la cellule;
- une phase d'oxydation plus lente au cours de laquelle a lieu l'oxydation ou la stabilisation des matières organiques en produits de décomposition tels que CO_2 et H_2O .

La vitesse de décomposition dépend de plusieurs paramètres tels que la quantité d'oxygène nécessaire, la masse totale des micro-organismes, la température, et surtout la nature des substances à traiter. En effet, de nombreuses substances sont très rapidement dégradées alors que d'autres le sont plus lentement. (22)

III.4.2.- Evolution de la DBO en présence des bactéries

Lorsqu'on apporte des matières organiques dans un milieu microbien, et si celui-ci n'est pas dépourvu en éléments nutritifs, on assiste à une évolution progressive de la masse microbienne suivant quatre phases principales. (22)

Aussi, la figure(2) montre l'évolution de la DBO et des MVS dans un bassin à boues activées. L'on remarquera auparavant que, d'une manière générale, la quantité de matière cellulaire, difficile à déterminer lors de l'étude de l'épuration biologique, est exprimée par le poids des MVS.

- Au cours de la phase I, le milieu riche en nourriture permet un développement rapide des bactéries. C'est la phase de synthèse cellulaire au cours de laquelle les matières organiques oxydées sont transformées en produits finaux de décomposition tels que CO_2 , H_2O , NO_2 , etc...
- Au cours de la phase 2, l'insuffisance de nourriture entraîne un ralentissement de la croissance bactérienne. On observe alors un début de plafonnement de la masse de MVS. C'est la phase dite de croissance ralentie.
- La phase 3 correspond à une phase stationnaire. A ce moment, les bactéries utilisent les réserves accumulées précédemment.

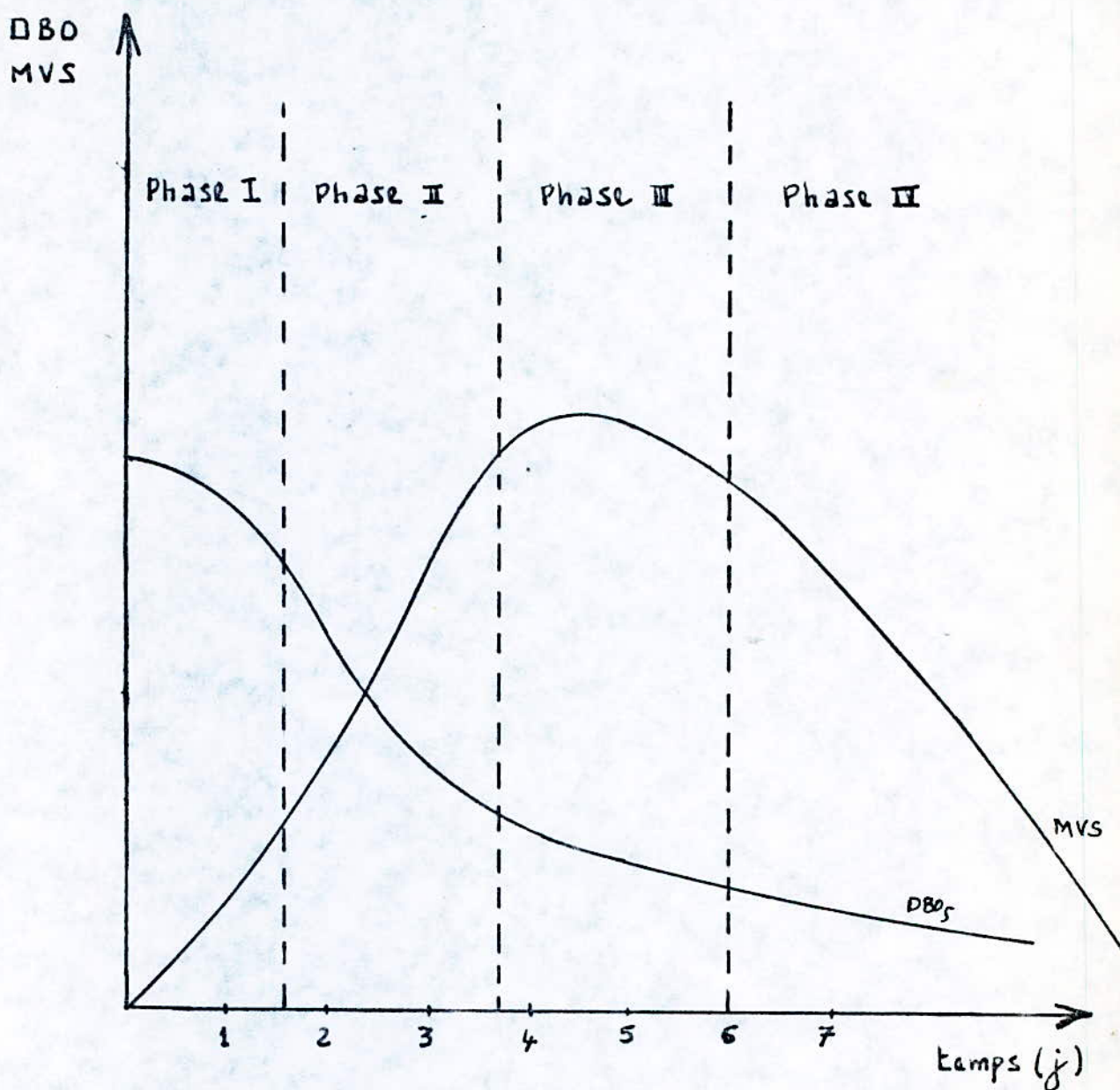


Fig. (4) : Evolution de la DBO_5 et des MVS d'une eau usée soumise à un traitement biologique dans un milieu non renouvelé.

- Enfin, la dernière phase se traduit par la mort des bactéries car le milieu est pauvre en matières organiques. C'est la phase endogène à savoir que l'oxygène apporté est utilisé par les bactéries pour synthétiser la matière vivante, et pour leur propre transformation en produits finaux (auto-oxydation).

III.4.3.- Micro-organismes de l'épuration biologique

Parmi les micro-organismes responsables des phénomènes biologiques, les bactéries sont les plus importantes et les plus nombreuses. On distingue deux catégories de bactéries à l'égard du carbone:

- Les bactéries autotrophes qui utilisent le CO_2 et les sels dissous pour synthétiser la matière vivante.
- Les bactéries hétérotrophes qui utilisent des substances organiques pour la synthèse cellulaire.

La composition des eaux usées fait apparaître une production importante de matières organiques. Ainsi, la nature des bactéries responsables de l'épuration des eaux usées est hétérotrophe. Vis-à-vis de l'oxygène, on distingue plusieurs types de bactéries: les bactéries aérobies, les bactéries facultatives et les bactéries anaérobues. Le premier groupe effectue son métabolisme en présence d'oxygène. Les bactéries facultatives effectuent une respiration en présence d'oxygène et une fermentation en son absence. Le dernier groupe ne se développe pas en présence d'oxygène.

En présence d'oxygène dissous, en quantité suffisante, la vitesse de dégradation est plus élevée qu'en l'absence d'air. C'est pourquoi, les installations d'épuration biologique utilisent des conditions d'aération de sorte que les bactéries responsables de l'épuration sont aérobies ou facultatives surtout.

En plus de la matière organique, certaines bactéries peuvent oxyder d'autres substances:

- Les bactéries sulfo-oxydantes qui font passer le soufre de l'état (-2) à l'état (+6).
- Les Nitrosomonas qui oxydent l'ammoniaque en nitrites: c'est la nitrification.
- Les Nitrobacter oxydent les nitrites en nitrates: c'est la nitrification.

Les ferrobactéries qui métabolisent le fer en milieu neutre ou légèrement acide et conduisent à la formation d'amas d'hydroxyde de fer. (25)

III.4.4.- Épuration biologique par boues activées

Le traitement de la pollution carbonnée se fait généralement par des systèmes biologiques aérobies. Parmi ces derniers, on distingue les floccs fixés sur des supports qui peuvent eux-mêmes être fixes ou mobiles (lits bactériens, disques biologiques) et les systèmes à floccs mobiles (lagunage, boues activées). La présente étude ayant été effectuée à l'aide d'un bassin à boues activées, nous ne nous pencherons que sur l'étude théorique de ce système biologique.

III.4.4.1.- Principe des boues activées

Dans un bassin à boues activées, les effluents biodégradables, issus du décanteur primaire, sont mis en contact pendant un temps suffisamment long avec les micro-organismes qui vont se développer rapidement en formant des masses floconneuses plus ou moins compactes. Ces amas biologiques sont maintenus en suspension et en agitation au sein du liquide de façon à assurer un contact intime avec toutes les parties de l'effluent. Après aération, les floccs formés sont éliminés et dirigés vers un décanteur secondaire. Celui-ci a pour rôle la séparation et un premier épaissement des boues entraînées par l'effluent issu du traitement biologique.

Ce procédé d'activation possède le grand avantage de permettre aussi bien une épuration partielle qu'une épuration totale. De plus, le procédé s'adapte bien aux conditions locales telles que élévation du degré d'épuration exigé ou fluctuations du débit ou de la composition des eaux brutes. Enfin, il est à noter que le procédé par boues activées n'est pratiquement pas aussi affecté qu'un lit bactérien à forte charge par des à-coups de concentration en effluents industriels. (26)

III.4.4.2.- Flore microbienne des boues activées

De très nombreuses espèces de bactéries peuvent participer à la formation des boues activées. La nature des composés organiques qui constituent la pollution influe sur la nature du genre dominant ainsi que sur les conditions du milieu. C'est ainsi qu'un rejet riche en matières protéiniques favorise le développement des genres *Alcaligenes*, *Bacillus* ou *Flavobacterium*; par contre une eau résiduaire riche en glucides ou en hydrocarbures conduit à la prédominance du genre *Pseudomonas*. La présence de soufre réducteur a pour effet de développer des genres *Thiothrix*.

Les floccs de boues activées sont souvent constitués par des colonies d'une bactérie particulière, *Zoogléa*

ramigera, mais il a été prouvé que toute sorte de bactérie peut former un élément de floc et que Zoogléa ramigera ne joue qu'un rôle partiel.

Certains champignons peuvent contribuer à la formation de floccs sous certaines conditions: pollution riche en glucides, bas pH et déficience en azote et phosphore. Ces champignons sont indésirables car ils sont à l'origine d'un floc très filamenteux et non décantable.

A côté des bactéries, le groupe le plus important est celui des protozoaires qui ne s'attaquent pas directement à la pollution organique mais jouent le rôle de prédateurs vis-à-vis de la flore bactérienne. Les protozoaires sont des indicateurs précieux pour l'exploitant car la prédominance de telle ou telle espèce peut renseigner sur le niveau d'adaptation de la boue activée. (21)

III.4.4.3.- Recirculation des boues

Afin de maintenir une concentration constante en boues dans le bassin d'aération, on effectue un recyclage des boues. Celui-ci se réalise à partir des boues décantées dans le décanteur secondaire.

Le débit de retour des boues peut varier de 15 à 100% du débit moyen de l'effluent traité. (22)

III.4.4.4.- Paramètres spécifiques aux boues activées

On distingue, en général, les charges appliquées l'âge des boues et l'indice de Mohlman. (26)

a- Charges appliquées

La différence entre les différents types de traitement par boues activées, classés en forte charge, moyenne charge et faible charge, porte sur l'accent donné aux phénomènes de métabolisme des micro-organismes et d'auto-oxydation des boues. La charge dont il est question est:

- d'une part volumique traduisant la DBO_5 enlevée de l'effluent par unité de volume de réacteur. Elle est liée au temps de rétention de l'effluent dans le réacteur;
- d'autre part massique traduisant la DBO_5 enlevée de l'effluent par poids (MVS) total de boues activées présentes dans le bassin.

b- Age des boues

C'est la durée d'aération subie par les boues activées avant leur élimination par purge. Il est convenu de le définir comme le rapport entre la quantité totale de boues (MVS) et la production de boues dans le bassin.

Les réacteurs à forte charge sont, par conséquent, garnis de boues jeunes peu autoxydées et les réacteurs à faible charge contiennent des boues vieilles fortement autoxydées.

c- Indice de Mohlman

C'est le volume occupé après un temps de repos (décantation) de 30 minutes par une quantité de boues correspondant à 1 g de matières sèches volatiles. Cet indice s'exprime donc en ml/mg. Il permet de traduire la décantabilité et le foisonnement des boues. Aussi, un indice compris entre 50 et 100 correspond à une très bonne décantabilité. Par contre, au dessus de 500 des difficultés sérieuses de séparation apparaissent.

III.4.4.5.- L'aération dans les bassins à boues activées

Une caractéristique des procédés artificiels d'épuration des eaux résiduaires par voie biologique, entre autres les bassins à boues activées, est l'apport d'air fortement augmenté. C'est cela seul qui offre la possibilité d'amener le nombre de micro-organismes (densité de population) à la valeur nécessaire et en même temps de réaliser une élimination rapide des produits gazeux du métabolisme, en particulier le CO_2 . On admet que les micro-organismes aérobies en suspension dans l'eau n'utilisent pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on propose de leur fournir doit être au préalable dissous dans l'eau.

On peut considérer, qu'en fait, le phénomène de transfert de l'oxygène a lieu en trois étapes distinctes:

- transfert très rapide de molécules d'oxygène de l'air vers la surface du liquide;
- diffusion des molécules d'oxygène à travers le film liquide;
- mélange intime de l'oxygène au liquide par des phénomènes de diffusion, de convection ou encore de turbulence.

Expérimentalement, on a montré que le transfert d'oxygène dans un bassin à boues activées est régi par l'équation suivante:

$$\frac{dC}{dt} = K_L \cdot a \cdot (C_S - c) - R_r \quad \text{et} \quad K_G = K_L \cdot a$$

K_L : coefficient de transfert individuel.

C : concentration en oxygène dans la masse du liquide. (mg/l)

C_S : concentration de saturation du liquide par l'oxygène à l'interface. (mg/l)

a : aire interfaciale de transfert par unité de volume. (m^2/m^3)

K_G : coefficient global de transfert d'oxygène.

R_r : taux de consommation d'oxygène par les bactéries. (mg/l/h)

Le coefficient K_G dépend du volume et de la forme du bassin d'aération, de la température et de la nature du liquide à aérer. La concentration C_G est influencée par la teneur en sels, la teneur en détergents et huiles, la température et la pression atmosphérique. (18)

a- Besoins en oxygène

Pour traduire les besoins en oxygène d'un bassin d'aération, on distingue plusieurs paramètres qui sont les suivants:

- Capacité d'oxygénation nominale: C'est la masse d'oxygène introduite par unité de temps dans l'unité de volume d'une eau pure.
- Apport spécifique nominal: il représente la quantité d'oxygène que l'on peut introduire dans une eau en dépensant une énergie de 1 KWh.
- Apport horaire nominal: C'est le produit de la capacité d'oxygénation par le volume du bassin. Il exprime donc la masse d'oxygène que l'on peut introduire dans un bassin de volume connu.

Vis-à-vis des micro-organismes, la satisfaction des besoins en oxygène nécessite la connaissance en oxygène donnée par l'expression suivante:

$$P(O_2) = a.(L_0 - L_f) + b.X$$

$P(O_2)$: Quantité d'oxygène à fournir. (Kg O_2 /j)

$L_0 - L_f$: Fraction éliminée de la DBO_5 . (Kg/j)

a: Fraction du substrat oxydée. (Kg O_2 /Kg DBO_5)

X: Quantité de MVS présente par jour. (Kg MVS/j)

b: Consommation en O_2 du métabolisme endogène. (Kg O_2 /Kg MVS)

b- Système d'aération

Le transfert d'oxygène dans l'eau dépend des performances des aérateurs et donc du système d'aération. Ce dernier détermine la manière selon laquelle l'air est introduit et réparti dans l'eau ainsi que la manière dont les bulles d'air sont maintenues dans le liquide.

Globalement, on distingue:

- Les aérateurs à air comprimé, insufflant l'air dans l'eau à différentes profondeurs du bassin; l'insufflation étant réalisée au moyen de compresseurs.
- Les aérateurs mécaniques de surface créant une zone de turbulence à la surface de l'eau. L'air injecté au niveau de cette zone de turbulence sera très bien exploité.
- Les aérateurs à turbine dans lesquels l'air est soufflé depuis

une tubulure vers les pales rotatives d'une turbine; L'air est ainsi dispersé dans tout le bassin.

- Les aérateurs statiques où l'air sous pression est injecté à la base de tubes cylindriques placés verticalement et qui contiennent des éléments internes de forme hélicoïdale. (22)

IV.- EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX MIXTES

IV.1.- GENERALITES (I4)

Les procédés biologiques d'épuration des eaux usées ont, tout d'abord, été appliqués aux eaux usées domestiques et urbaines. Dans ces traitements, on n'a que très rarement éprouvé des difficultés résultant de la composition de ces eaux. En effet, dans ces eaux, il y a un apport abondant des sels nutritifs, nécessaire à la multiplication des organismes qui réalisent la dégradation.

Par contre, ces conditions importantes pour le succès de la décomposition biologique ne sont pas toujours remplies dans le cas des eaux résiduaires industrielles. En outre, la dégradation biologique de ces eaux est, le plus souvent, gênée par leur composition surtout chimique (alcalis, acides, métaux, etc.).

IV.2.- ASSAINISSEMENT CORRECT: ORIGINE DES EAUX MIXTES

Dans la majorité des cas, on considère que l'introduction des eaux résiduaires dans un réseau d'égouts urbains est la solution la meilleure aux conditions d'évacuation de ces eaux par les industries.

D'après IMHOFF, les entreprises industrielles qui peuvent se brancher sur un réseau d'égouts urbains devraient, en principe, y déverser leurs eaux résiduaires sans épuration préalable, parce que le plus souvent ces eaux peuvent ainsi être épurées suffisamment et à moindres frais. Néanmoins, elles doivent être débarrassées des matières susceptibles d'endommager les canalisations des égouts ou des stations d'épuration.

L'épuration correcte des eaux résiduaires urbaines et industrielles mélangées ensemble constituant ainsi les eaux mixtes s'effectue donc de façon économique que lorsque chaque entreprise doit effectuer elle-même l'épuration de ses eaux et assurer leur évacuation dans des eaux naturelles telles que ruisseau, fleuve, lac ou mer.

En conclusion, on considère généralement comme préférable l'évacuation et le traitement en commun des eaux usées urbaines et industrielles. (I8)

IV.3.- PRECAUTIONS A PRENDRE DANS L'EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX MIXTES

L'un des moyens, encore controversé, d'épurer les eaux résiduaires industrielles consiste à les mélanger avec les eaux d'égouts urbains. Dans ce cas, il y a lieu de mener une étude pour permettre de déceler les différentes causes de succès ou d'échec de l'épuration.

En tout état de cause, les industries doivent retenir

les matières telles que boues de charbon, goudrons, huiles minérales, fibres de papier, cellulose, phénol, essence, sels de fer ainsi que certaines autres substances toxiques telles que sels de cuivre, arsenic, cyanure, chrome, etc...

En outre, la température de ces eaux ne doit pas dépasser 30°C et les acides ou les alcalis doivent être neutralisés. A part ces limitations, une station d'épuration doit pouvoir traiter toutes les eaux résiduaires industrielles qu'elle reçoit.

En cas d'épuration biologique d'une eau mixte, il est du reste souvent nécessaire de soumettre les eaux résiduaires industrielles à une épuration chimique préalable. (18)

IV.4.- EPURATION CHIMIQUE

Pour les eaux usées industrielles, le traitement chimique peut être considéré aussi bien comme un procédé d'épuration indépendant que comme un stade préliminaire à l'épuration biologique.

En plus de la neutralisation des effluents acides ou basiques, le traitement des eaux par des produits chimiques a pour but:

- de précipiter les solides impossibles à éliminer par simple épuration mécanique;
- de précipiter les matières colloïdales et les sels métalliques;
- d'éliminer les dernières traces d'huiles;
- d'améliorer le rendement d'épuration des installations de filtration et de flottation;
- et d'enlever aux résiduaires leur toxicité notamment lorsque ce traitement est suivi d'une épuration biologique. (23)

V.- INFLUENCE DES EAUX USEES INDUSTRIELLES SUR L'EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX MIXTES

L'emploi du procédé d'épuration biologique est naturellement limité aux effluents industriels dont les matières polluantes peuvent être décomposées par des micro-organismes.

En théorie, il est possible de décomposer biologiquement n'importe quelles matières organiques naturelles. Cependant, seuls des essais permettent de répondre à la question de savoir si l'on peut aussi décomposer biologiquement des matières organiques synthétiques, qu'on ne rencontre pas dans la nature.

Les eaux résiduaires industrielles peuvent influencer la décomposition biologique des matières polluantes de l'eau brute d'une station d'épuration urbaine pour les raisons suivantes:

- le besoin des micro-organismes en matières nutritives n'est pas couvert;

- il se produit une élévation de température de l'effluent;
- le pH de l'effluent est trop élevé ou trop bas;
- les matières toxiques (notamment les sels de chrome, de nickel et de cuivre, et les cyanures) sont présentes dans l'effluent;
- l'introduction d'oxygène est empêché par le fait, par exemple, qu'il ya un excès de détergents;
- il se produit des surcharges et des à-coups de charge. (14)

V.1.- BESOINS EN NUTRIMENTS

Le développement normal d'une communauté bactérienne requiert la présence d'azote, de phosphore et d'un certain nombre d'oligo-éléments. Ces derniers sont généralement présents en quantité suffisante dans les eaux résiduaires.

Selon Sawyer (7), pour le développement normal des bactéries et la décomposition d'un effluent industriel mélangé avec une eau usée domestique, les proportions optimales en azote et en phosphore sont les suivantes: N/DBO_5 supérieur à $1/19$; P/DBO_5 supérieur à $1/87$; ceci en respectant un rapport $P/N/DBO_5$ d'environ $1/3/45$.

Néanmoins, bien que les eaux résiduaires industrielles soient très souvent créncées en azote et phosphore, l'excès d'azote et de phosphore des eaux usées urbaines peut composer cette carence dans le cas d'une épuration mixte. (23)

V.2.- INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

Les entreprises industrielles envoient souvent d'importantes quantités d'eau de refroidissement, ce qui peut, dans certaines circonstances, élever considérablement la température des eaux résiduaires.

Wiehl et Sierp ont trouvé lors d'essais que, dans l'intervale de température compris entre 8 et 35°C, la température n'a pas d'influence sensible sur le procédé à boues activées à condition que sa variation soit très lente. Pour des températures excédant 35°C, le rendement de destruction biologique diminuait fortement. En effet, à de telles températures, l'activité enzymatique est compromise et les MES dans l'effluent augmentent. (14)

V.3.- INFLUENCE DU pH

La plupart des procédés biologiques ont un domaine optimum de pH compris entre 6,5 et 8,5. Cependant, les recherches de Wiehl ont montré qu'il est possible d'épurer un effluent par le procédé des boues activées lorsque le pH est compris entre 4,5 et 10,5. Toutefois, il est nécessaire de maintenir constamment une valeur extrême de pH afin de permettre l'adaptation des micro-organismes.

Il est important de noter également que le pH à prendre en considération est celui de la liqueur mixte du bassin d'aération, et non celui du rejet. Ce dernier peut, en effet, être modifié par l'activité métabolique des micro-organismes. (23)

V.4.- INFLUENCE DES DÉTERGENTS

Il faut s'attendre à des dommages et à des difficultés considérables lors de la destruction par des matières biologiques des eaux résiduaires contenant des détergents au-delà d'une certaine valeur critique de la concentration de ces derniers. En effet, il suffit d'une teneur de 5 à 10 mg/l en détergents dans une eau résiduaire ayant subi une épuration purement chimique, pour entraver les processus chimico-biologiques du bassin d'oxydation suivant.

Les détergents ont donc une influence sur les micro-organismes mis en jeu dans l'épuration biologique en déséquilibrant les proportions de bactéries et de protozoaires. Toutefois, la dégradation biologique des détergents est possible si ces derniers présentent une structure chimique linéaire. De tels détergents biodégradables n'influencent que peu ou pas du tout l'épuration biologique. (14)

V.5.- INFLUENCE DE LA SALINITE

Une augmentation brusque de la concentration saline des eaux résiduaires peut inhiber l'activité des micro-organismes d'une station d'épuration biologique par plasmolyse; elle peut même l'arrêter complètement.

La concentration maximum admissible à pH 7 est de 1600 mg/l pour l'ammoniac et de 1300 mg/l pour les chlorures.

Il est à noter également que de fortes teneurs en sels provoquent une certaine défloculation et dispersion de la boue activée avec, pour conséquence, une élévation des MES dans l'effluent. Ces MES sont dispersées et non décantables. (23)

V.6.- INFLUENCE DES SUBSTANCES TOXIQUES

V.6.I.- GENERALITES

Introduite officiellement depuis peu en tant que paramètre de pollution, la toxicité est vite devenue un important sujet de préoccupation.

Son approche est complexe car le caractère toxique d'un produit est variable en fonction de sa concentration et du substrat. De plus, la salinité interfère bien souvent avec la toxicité à un certain seuil de concentration.

On distingue, d'une façon globale, deux types de toxicité: la toxicité aigue ou à court terme et la toxicité à long terme ou chronique. (27)

V.6.2.- ADAPTATION DES MICRO-ORGANISMES

Par adaptation, il faut entendre l'acclimatation de la flore et de la faune aux modifications du milieu vital. Cette adaptation peut s'accomplir par le fait que, dans l'apport de substances nutritives, un ou plusieurs corps jouent le rôle de provocateurs ou d'inducteurs d'un mécanisme de régulation, par lequel s'effectue la production de l'enzyme ou du groupe d'enzymes nécessaires à l'assimilation des substances nutritives (synthèse provoquée d'enzymes).

Une adaptation peut se produire aussi par une sélection d'espèces de micro-organismes de telle sorte que puissent se créer les associations vitales les mieux adaptées à l'apport de substances nutritives ou au milieu ambiant.

Ces deux types d'adaptations peuvent s'effectuer conjointement. Dans une certaine mesure, il peut également se produire une adaptation des micro-organismes même à des concentrations élevées en produits toxiques. C'est le cas de l'adaptation aux composés cyanurés extrêmement toxiques pour des teneurs inférieures à 2 mg/l, mais qui peuvent, dans des installations biologiques bien acclimatées, être fort bien dégradés lorsque leur concentration atteint 50 mg/l.

La vitesse à laquelle s'effectue l'acclimatation des micro-organismes est très variable. Dans bien des cas, il suffit de quelques jours, mais dans d'autres cas, il faut des semaines. Il est possible également, grâce aux phénomènes d'adaptation, de traiter de manière efficace, dans des installations de

traitement biologique, des eaux résiduaires de forte alcalinité. Inversement, les micro-organismes d'installations biologiques peuvent s'adapter aussi à une réaction faiblement acide et uniforme de l'eau résiduaire. (27)

V.6.3.- CLASSIFICATION DES TOXIQUES

Les composés toxiques ou inhibiteurs peuvent être classés en trois catégories:

- Les composés organiques toxiques à forte dose, mais biodégradables à faible concentration. C'est le cas du phénol par exemple. Dans ce cas, c'est la concentration en contact avec la biomasse qu'il faut considérer. La vitesse de dégradation peut donc être suffisante pour abaisser la concentration à un niveau inférieur au seuil toxique.
 - De fortes teneurs en sels dissous peut inhiber l'activité des bactéries. C'est le cas notamment des chlorures.
 - La plupart des métaux lourds sont toxiques tant pour les systèmes biologiques aérobies qu'anaérobies. Il faut souligner que plusieurs facteurs peuvent influencer l'effet toxique des métaux lourds. L'élimination des métaux lourds a été attribuée au pouvoir complexant de la couche externe de la bactérie. Par ailleurs, la plupart des métaux sont efficacement complexés par la boue à l'exception du nickel et du chrome qui le sont moins. La présence d'agents complexants et l'état d'oxydation du métal affectent grandement le niveau toxique. Il est par conséquent important de prévoir le niveau toxique d'un métal pour une eau usée donnée; aussi est-il nécessaire de conduire des essais au laboratoire. Le tableau () ci-dessous donne une évaluation du seuil de toxicité de quelques inhibiteurs en épuration biologique. (17)
- La méthode de OFFHAUS, décrite dans l'ouvrage de H. ROQUES (17) permet d'estimer l'effet inhibiteur qui peut résulter de la présence de certains toxiques sur le développement d'une culture.

TABLEAU (V.I.)
SEUIL DE TOXICITE DE SUBSTANCES TOXIQUES
EN EPURATION BIOLOGIQUE

Substance toxique	Exprimée en	Valeur limite	
		Digesteur	Boue activée
Alkylarylsulfonate.	Subst. active	9,5 mg/l	7 - 9,5 mg/l
Alkylsulfate.	" "	40 "	50-100 "
Aniline.	$C_6H_5NH_2$	-	non toxique
Arseniates et arsénites.	As	0,7 mg/l	0,7 mg/l
Alcool éthylique.	C_2H_5OH	-	15 g/l
Chlorure de barium.	$BaCl_2$	-	I "
Composés du Cyanure.	CN	I - 2 mg/l	I-I,6 mg/l
Composés du Plomb.	Pb	5 "	-
Pyrocatechine.	$C_6H_4(OH)_2$	-	0,5-I g/l
Composés de Cadmium.	Cd	-	I-5 mg/l
Chlorure de Calcium.	$CaCl_2$	-	20 g/l
Chlore.	Cl	traces ?	-
Chlordane.	$C_{10}H_6Cl_8$	-	non toxique
Composés du Chrome.	Cr	10 mg/l	2 - 5 mg/l
Détergents cationiques.	Subst. active	10 "	-
Détergents non ioniques.	" "	5 "	9-100 mg/l
Dinitrophénol.	$(NO_2)_2C_6H_3OH$	20 "	4 "
Composés du fer.	Fe	35 "	100 "
Formaldéhyde.	HCHO	-	800 "
Effluent d'usine à gaz.	% vol.	0,4 - I %	0,5 - I %
" " "	Phénol, mg/l	env. 70 ?	50
Hexaméthylènetétramine.	$(CH_2)_6N_4$	2 g/l	2 g/l
Hydroquinone.	$C_6H_4(OH)_2$	-	600 mg/l
Crésol.	$CH_3C_6H_4OH$	50 mg/l	-
Composés du Cuivre.	Cu	I "	I mg/l
Chlorure de magnésium.	$MgCl_2$	-	I6 g/l
Sulfate de magnésium.	$MgSO_4$	-	10 "
Huile moteur.	-	100 mg/l	-
Chlorure de sodium.	NaCl	10 g/l	8 - 9 g/l
Alcalinité.	pH	-	pH 9-9,5
Sulfate de sodium.	Na_2SO_4	-	3 g/l
Sulfite de sodium.	Na_2SO_3	-	300 mg/l
Thiocyanate.	SCN	-	36 "
Composés du Nickel.	Ni	-	6 "
Phénol (Phénol pur).	C_6H_5OH	50 mg/l	250 "
Poudre de pyrèthre.	$C_{15}H_{18}O_3$	-	non toxique
Pyrogallol.	$C_6H_3(OH)_3$	-	500 mg/l
Hydrogène sulfuré, sulfures	H_2S	100 mg/l	5 - 25 mg/l
Acidité.	pH	-	pH 5
Composés du Zinc.	Zn	-	I - 3 mg/l

SOURCE H. ROQUES (I7)

-- T R O I E M E
P A R T I E --

0-0-0-
PARTIE
EXPERIMENTALE
-0-0-0

I.- APPAREILLAGE UTILISE

I.1.- DESCRIPTION

L'appareillage utilisé est constitué de trois bonbonnes d'une capacité de dix (10) litres chacune, aérées à l'aide d'un compresseur à air et agités périodiquement.

Le suivi de l'évolution de l'épuration biologique se fait dans les deux premières bonbonnes qui jouent le rôle de bassin à boues activées.

La troisième bonbonne est utilisée pour la préparation de l'eau de dilution servant de base pour la détermination de la DBO₅.

I.2.- TEST DE FONCTIONNEMENT NORMAL

Dans l'épuration biologique par les boues activées, une attention toute particulière doit être portée à l'aération. Le contrôle de cette aération peut se faire par la mesure de l'oxygène dissous, de l'indice de Mohlman, de la densité apparente, ou de la DBO₅. D'autre part, la couleur et l'aspect des boues sont également des tests souvent utilisés dans le contrôle du fonctionnement d'une station d'épuration. C'est d'ailleurs, ce dernier critère qui a été utilisé pour le contrôle de l'aération lors de l'étude de la traitabilité biologique des eaux usées de la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA.

En cas d'insuffisance d'oxygène, ce dernier, nécessaire à la vie des boues, est emprunté aux sulfates se trouvant dans les eaux, lesquels se transforment en sulfures, d'odeur caractéristique. La présence de ces sulfures confère aux boues une couleur grise qui, en fonctionnement normal, est marron clair. Les boues doivent apparaître fines et homogènes et non sous forme de bou-dins.

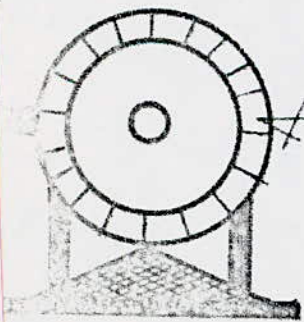
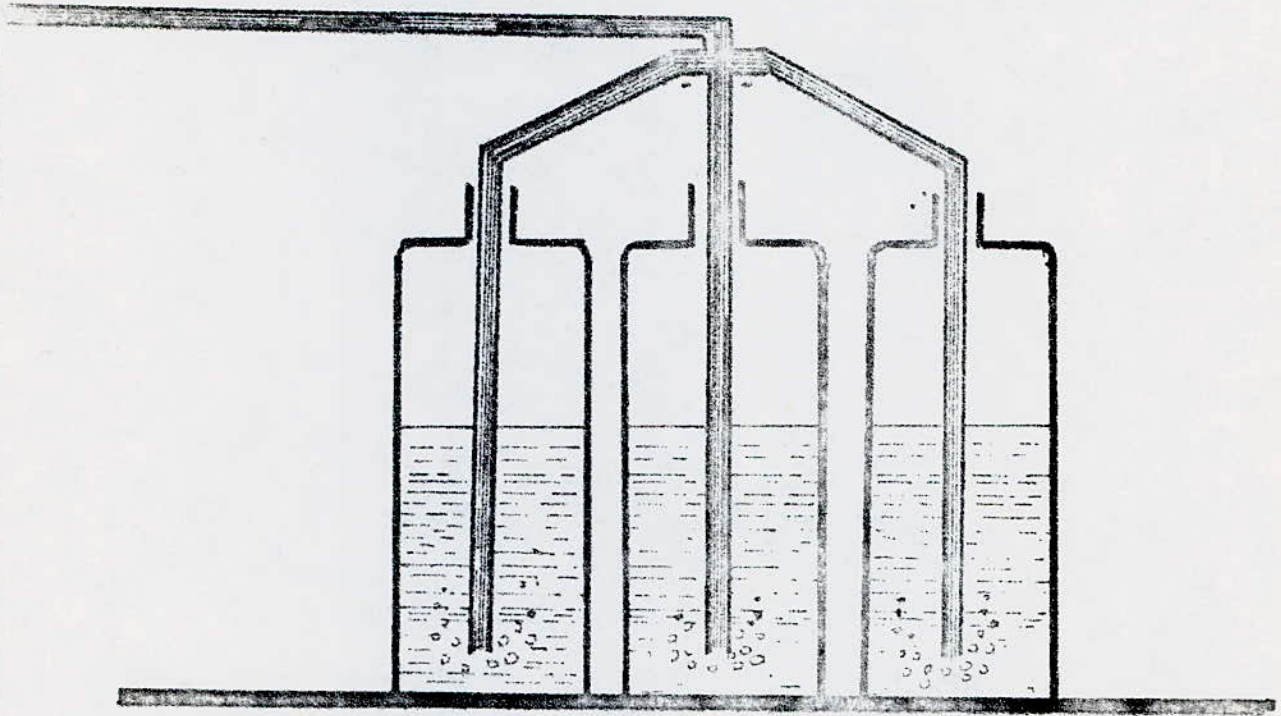
I.3.- MODE D'EXPLOITATION

Afin de simuler les opérations de dessablage, degrillage, deshuilage et décantation primaire, les eaux usées subissent une décantation d'une demi-heure suivie d'un raclage en surface.

Avant d'effectuer les analyses sur les eaux traitées biologiquement, nous opérons une sédimentation simulant ainsi la décantation secondaire.

Fig. (5)

APPAREILLAGE UTILISE



COMPRESSEUR

II.- METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

II.I.- LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT

Les lieux de prélèvement choisis se situent à deux niveaux distants de 200 mètres:

- au niveau du collecteur principal (C1) véhiculant les eaux usées en provenance de la zone industrielle de ROUIBA. Ce collecteur est situé à droite au dessous du pont de la ville de REGHAIA;
- au niveau du collecteur urbain (C3) situé à environ 200 mètres plus au Nord.

Les effluents aux points (C2) et (C4) représentent également des rejets urbains mais à très faible débit. Ils n'ont pas été pris en considération dans le choix du site de prélèvement.

Les points de prélèvement sont représentés d'une manière schématique sur la figure (6).

7166 SITUATION DES REJETS

URBAINS ET INDUSTRIELS

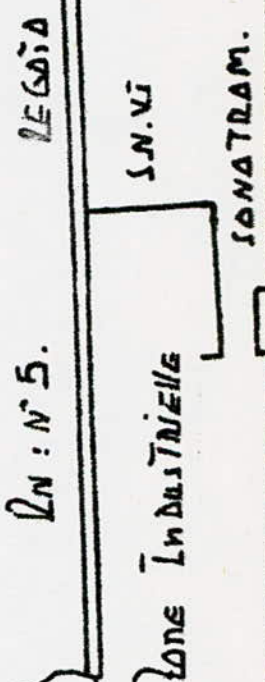
DES REGIONS AIN TAYA

REGAIA ET NAVIBA

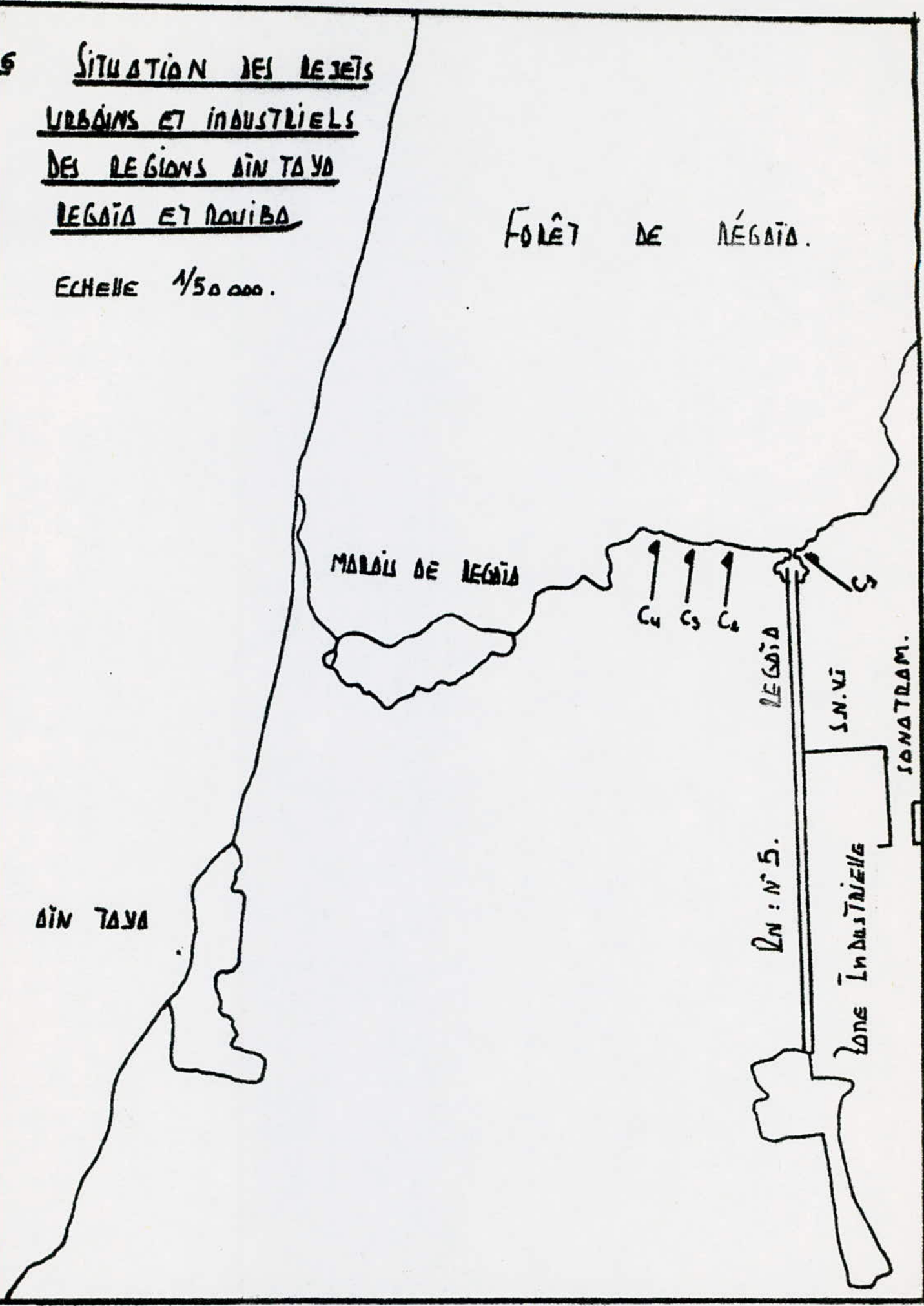
ECHELLE 1/50 000.

FORÊT DE REGAIA.

MARSAU DE REGAIA



AIN TAYA



II.2.- PRELEVEMENT ET ECHANTILLONNAGE

Les modes de prélèvement et d'échantillonnage conditionnent directement les résultats des analyses. Les valeurs déterminées ne sont fiables que si l'échantillon analysé est représentatif de la masse d'eau considérée. Il ne doit subir aucune altération entre le moment de prélèvement et celui d'analyse. Ainsi, pour toutes les campagnes de prélèvement, nous avons effectué les opérations suivantes:

- Prélèvement des échantillons dans des bidons, en matières plastiques, rincés avec l'eau à analyser. Les échantillons destinés à la mesure de la DCO sont mis dans des bouteilles en verre.
- Relevé de la température de l'eau, heure et date de prélèvement.
- Transport des échantillons en glacière à 4°C pour ralentir les phénomènes biologiques.
- Ajouts d'acide sulfurique ou d'acide nitrique concentrés à raison de deux (02) ml/l pour le dosage respectif des nutriments et des métaux.
- Les analyses sont effectuées dans les 24 heures qui suivent leur prélèvement.

II.3.- PARAMETRES D'ANALYSE

Durant toutes les campagnes de prélèvement, nous avons étudié l'évolution, dans le temps, de certains paramètres choisis en fonction de leur importance en tant que critère indicatif de:

- la traitabilité biologique des eaux;
- l'évolution du processus d'épuration;
- la nature de la pollution existante dans les eaux.

Ces paramètres sont:

- Demande biochimique en oxygène (DBO₅).
- Demande chimique en oxygène (DCO).
- Les matières décantables (MD).
- Les matières en suspension (MES).
- Les matières volatiles en suspension (MVS).
- L'azote (azote total, ammonium, nitrites, nitrates).
- Les phosphates.
- Les chlorures.
- La silice.
- Les métaux lourds (Zinc, Chrome, Manganèse, Fer, Cuivre, Cadmium, Plomb).
- La température.
- Le pH.
- Les huiles et les graisses.

II.4.- PREMIERE CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

II.4.I.- Résultats d'analyse

Cette première campagne de prélèvement a été précédée par une visite d'orientation sur le site, visite qui nous facilite la reconnaissance des lieux et nous permet d'étudier le profil de l'Oued de REGHAIA dont le plan schématique est donné sur la fig. (6).

Les premiers prélèvements visaient essentiellement l'étude des paramètres intrinsèques des eaux résiduaires urbaines et industrielles et leur aptitude à une épuration biologique.

Les résultats obtenus, résumés dans les tableaux N°E.1 et N°E.2, donnent successivement les caractéristiques des eaux usées urbaines et celles des eaux usées industrielles.

Tableau E.I.- Caractéristiques des eaux usées urbaines
 Première campagne de prélèvement
 Heure de prélèvement : 14h30
 Date de prélèvement : 10-04-1988

Paramètres	Valeur
Température (° C)	22,00
pH	7,30
Conductivité (ms/cm)	1,51
MES (mg/l)	284,00
MVS (mg/l)	186,00
MOT (%)	65,50
Matières décantables (ml/l)	3,40
DBO ₅ (mg/l)	207,00
DCO (mg/l)	381,00
Orthophosphates (mg P/l)	13,80
Nitrites (mg N/l)	0,41
Nitrates (mg N/l)	1,70
Ammonium (mg/l)	48,40
Azote total KJELDAHL (mg N/l)	91,20
Azote organique (mg N/l)	32,80
Chlorures (mg Cl ⁻ /l)	372,00
Silice (mg/l)	21,00
Huiles et graisses (mg/l)	105,73

Tableau E.2.- Caractéristiques des eaux usées industrielles .

Première campagne de prélèvement .

Heure de prélèvement : 14h30

Date de prélèvement : 10-04-88

Paramètres		Valeur
Température	(°C)	20,00
pH		7,60
Conductivité	(ms/cm)	2,50
MES	(mg/l)	453,00
MVS	(mg/l)	312,00
MOT	(mg/l)	68,80
Matières décantables	(ml/l)	6,70
DBO ₅	(mg /l)	244,00
DCO	(mg/l)	780,00
Orthophosphates	(mg P/l)	4,89
Nitrites	(mg N/l)	0,80
Nitrates	(mg N/l)	3,70
Ammonium	(mg N/l)	41,20
Azote total KJELDAHL	(mg N/l)	68,40
Azote organique	(mg N/l)	18,70
Chlorures	(mg Cl ⁻ /l)	873,00
Silice	(mg/l)	17,00
Huiles et graisses	(mg/l)	404,01

II.4.2.- Interprétation des résultats

Cette première investigation montre clairement que les rejets étudiés aussi bien urbains qu'industriels, présentent une charge polluante très élevée. Cette charge se manifeste par des valeurs importantes des paramètres DBO_5 , DCO, MES et autres, qui sont, comparées aux normes fixées par divers instances et pays, parfois dix fois plus élevées.

La nécessité d'implantation d'une station d'épuration de ces eaux est amplement justifiée. Une telle station exige, toutefois, une étude préalable de la traitabilité biologique des eaux mixtes industrielles et urbaines qui s'y déversent, d'où notre contribution.

Dans ce contexte, nous remarquons que l'apport en éléments nutritifs, base d'un traitement biologique, est assuré dans les deux rejets. En effet, à partir des tableaux N° E.1 et N° E.2, nous déduisons que les rapports liant ces nutriments à la faisabilité d'un traitement biologique sont largement respectés. Les rapports calculés sont donnés dans le tableau N° E.3.

Tabl. E.3 : rapports en nutriments caractérisant le traitement biologique des effluents.

rapport	Valeur calculée (&)		Valeur souhaitée
	E.U.Urbaine	E.U. Industrielle	
DBO_5 / DCO	0,54	0,31	sup. à 0,3
N / DBO_5	I / 3	I / 4	sup. à I/19
P / DBO_5	I / 15	I / 50	sup. à I/81
$P/N/DBO_5$	I/7/15	I/I4/50	-----

(&) il s'agit de valeurs arrondies.

Bien que les conditions de température, pH et nutriments sont favorables à un traitement biologique de nos eaux résiduaires urbaines et industrielles, il ya lieu, cependant, de noter que l'épuration biologique des eaux usées industrielles peut être compromise partiellement ou totalement par la présence de substances toxiques et inhibitrices, notamment les métaux lourds. Les teneurs de ces derniers feront l'objet d'une détermination lors d'une autre campagne de prélèvement.

II.5.- DEUXIEME CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

II.5.I.- Résultats d'analyse

L'aération continue des deux bonbonnes, l'une contient sept (07) litres d'eaux résiduaires industrielles et l'autre le même volume d'eaux usées urbaines, s'est faite durant sept (07) jours pendant lesquels nous avons suivi l'évolution de certains paramètres caractérisant la traitabilité biologique de ces eaux.

Les résultats illustrant cette évolution sont résumés dans les tableaux E.4 et E.5. Une représentation graphique de l'évolution de la biomasse (MVS) et de l'élimination de la DBO_5 en fonction du temps d'aération est donnée respectivement dans les fig.(8)et(9).

Tableau E.4. - Suivi de l'évolution biologique des E.U.U.^(*)
 2^{ème} campagne de prélèvement
 Date de prélèvement: 17-04-1988
 Heure de prélèvement: 13^H00

Jour d'aération	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Température (°C)	22	20	20	21	23	—	19	18	21
pH	7,4	8,4	8,4	8,4	8,5	—	8,6	8,4	8,6
Conductivité (ms/cm)	1,50	1,4	1,51	1,52	1,54	—	1,94	1,58	1,90
MES (mg/l)	293	876	1326	1862	1969	—	2054	1941	1969
MVS (mg/l)	195	503	876	983	1075	—	1062	986	953
MOT (%)	66,7	57,4	66,3	52,8	54,6	—	51,7	50,8	48,4
DCO (mg/l)	379	—	—	224	—	—	—	—	94
DBO (mg/l)	217	125	87	26	18	—	16	15	15

(*) : E.U.U. : Eau usée urbaine

Tableau E.5. - Suivi de l'épuration biologique des E.U.1*
 2^{eme} campagne de prélèvement
 Date de prélèvement: 17-04-1988. Heure: 13^H00

Jour d'aération	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Température (°C)	22	20	20	21	23	—	19	18	21
pH	7,4	7,8	8,4	8,3	8,4	—	8,5	8,2	8,6
Conductivité (m/cm)	2,53	2,48	2,10	2,50	2,50	—	2,60	2,60	3,40
MES (mg/l)	472	638	890	986	1057	—	911	814	768
MVS (mg/l)	306	359	478	563	558	—	473	395	377
MOT (%)	64,8	50,3	53,7	57,1	52,8	—	51,9	48,5	49,1
DCO (mg/l)	807	—	—	480	—	—	—	—	240
DBO ₅ (mg/l)	234	225	246	187	182	—	158	152	140

* E.U.1 : Eau usée industrielle

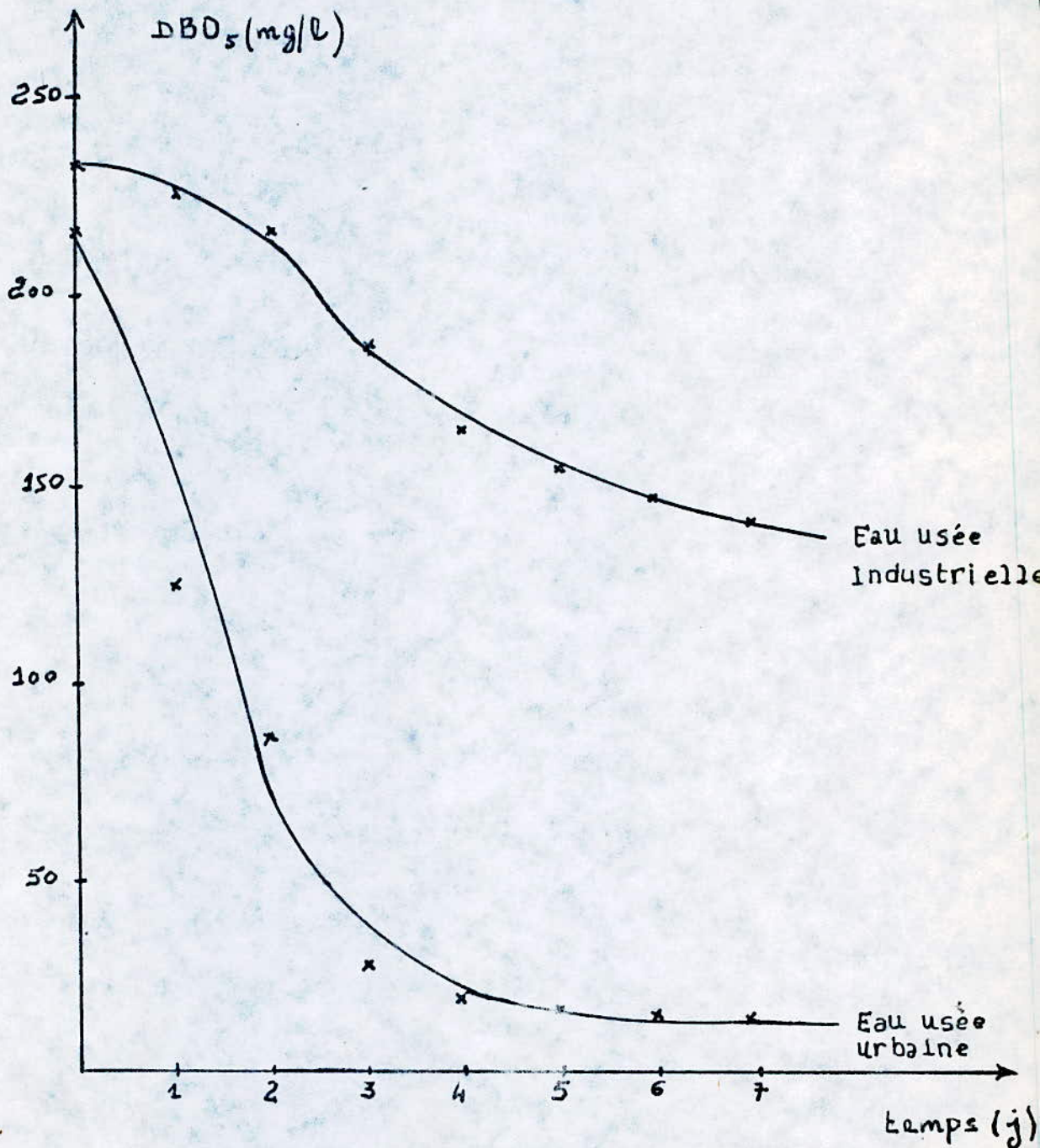


Fig: (8) : Profil d'élimination de la BOD_5 des eaux usées urbaine et industrielle lors de leur traitement biologique par boues activées.

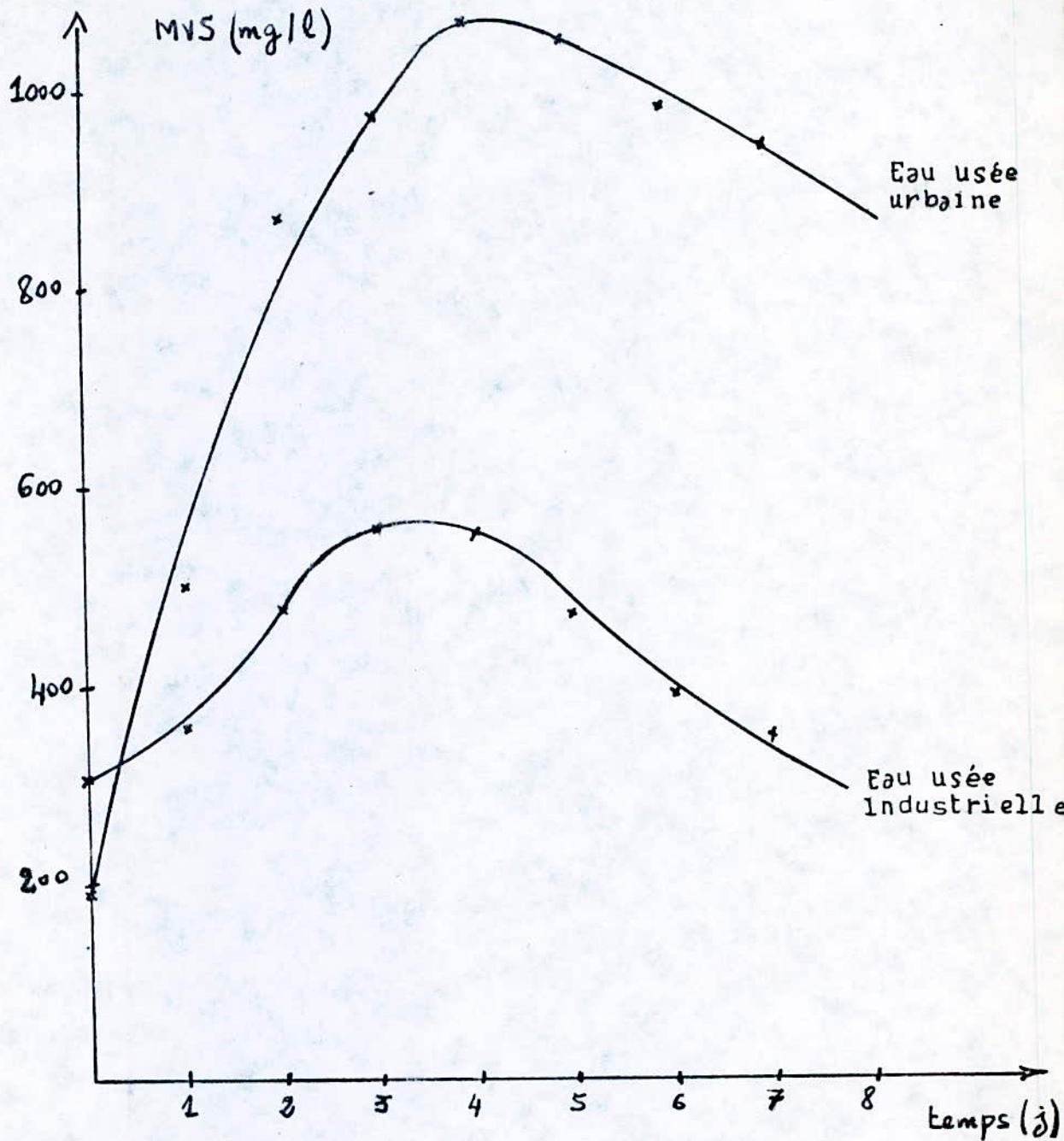


Fig. (9) : Evolution de la biomasse des eaux usées urbaine et industrielle lors de leur traitement biologique par boues activées.

II.5.2.- Interprétation des résultats

L'aération continue pendant sept (07) jours a permis d'accélérer le processus de dégradation de la matière organique aboutissant à la formation de boues préalablement inexistantes.

Les tableaux et les graphes nous ont permis de tirer beaucoup d'informations sur le déroulement du processus de traitement biologique des eaux résiduaires industrielles et urbaines.

A partir de la courbe d'évolution de la DBO_5 , nous remarquons que le processus d'élimination de la matière organique s'est poursuivi tout au long de l'aération vu que la DBO_5 accuse une diminution pour les deux types d'eaux usées. Dans le cas des eaux usées urbaines, le processus suit une évolution normale; puisque celles-ci ne renferment pas d'éléments toxiques susceptibles d'inhiber la micro-flore responsable de la dégradation biologique de la matière organique. Toutefois, le fait important réside dans le temps d'aération à partir duquel la DBO_5 résiduelle serait inférieure à la norme des rejets qui est de 40 mg/l. Ce temps d'aération a été de 2,5 jours pour les eaux résiduaires urbaines à partir duquel l'élimination de la matière organique se fait très lentement traduisant la respiration endogène ou auto-oxydation des bactéries; puisque le taux de matière organique devient trop faible.

Dans le cas des eaux résiduaires industrielles, le profil d'élimination de la DBO_5 montre clairement une inhibition partielle du processus biologique; puisque la DBO_5 diminue de façon beaucoup plus lente. En outre, nous constatons, qu'à partir du quatrième jour d'aération, la courbe prend l'allure d'un pallier montrant que la DBO_5 ~~se~~ tend vers une valeur limite très supérieure aux normes de rejet et ce même si l'aération se poursuit sur plus de sept jours, soit sur une plus longue durée d'aération. La respiration endogène commence pratiquement dès le cinquième jour d'aération.

Concernant les courbes de variation des MVS, nous remarquons que la biomasse des eaux usées urbaines augmente, de façon spectaculaire, jusqu'à un maximum le quatrième jour pour diminuer ensuite traduisant la phase endogène qui correspond à un abaissement du taux de matière organique totale MOT. Une telle variation confirme bien l'aptitude de nos eaux usées urbaines à l'épuration biologique.

Dans le cas des eaux résiduaires industrielles, le profil des MVS

montre clairement une très faible augmentation de la **biomasse**, qui résulte probablement d'une inhibition partielle de la micro-flore.

En conclusion, nous pouvons dire que l'épuration biologique de nos eaux résiduaires industrielles a été compromise. Une solution qui remédierait à cette inhibition réside dans la dilution des eaux usées industrielles avec les eaux usées urbaines. Le taux de dilution assurant un traitement biologique performant des eaux mixtes doit être déterminé par d'autres essais.

II.6.- TROISIEME CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

II.6.I.- Résultats d'analyse

Dans le cadre de cette campagne de prélèvement, nos essais visant essentiellement la détermination du taux de dilution à partir duquel les eaux usées industrielles exerceront une influence négative sur le procédé d'épuration biologique des eaux mixtes.

Pour réaliser une telle opération, nous avons choisi un taux de dilution de départ de 10%, lequel sera augmenté de 5 en 5 jusqu'à l'apparition de l'éventuelle inhibition biologique.

Etant donné que nous ne disposons que de deux bonbonnes, nous n'avons effectué, durant cette campagne, que deux dilutions, dont l'une est de 10% et l'autre de 15%.

Les résultats d'analyse, rassemblés dans les tableaux E.6 et E.7, nous permettent de voir l'évolution de la DBO_5 et des MVS de ces eaux mixtes pour les taux de dilution de 10% et 15%. Une telle évolution est représentée graphiquement sur les fig. (IO) et (II).

Tableau E.6. — Cos du mélange à 10% . 3^{eme} campagne de prélèvement
 Date de prélèvement : 26-04-1988 . Heure : 13^H 30

Jour d'aération	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Température (°C)	21	19	22	—	18	19	20	19	—
pH	7,6	8,3	8,3	—	8,2	8,1	8,3	8,6	—
Conductivité (ms/cm)	1,74	1,74	1,00	—	1,60	1,58	1,08	1,70	—
MES (mg/l)	422	849	1201	—	1514	1706	1912	1716	—
MVS (mg/l)	301	600	748	—	869	1008	983	906	—
MOT (%)	71,3	70,6	62,3	—	57,4	59,1	51,4	52,8	—
DCO (mg/l)	516	—	—	—	—	218	—	107	—
DBC ₅ (mg/l)	207	125	54	—	41	26	22	14	—

Tableau E.7. - Cas du mélange à 15%. 3^{ème} campagne de prélèvement.

Date de prélèvement : 26-04-1988. Heure : 13^H 30

Jour d'aération	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Température (°C)	21	19	22	-	18	19	21	20	-
pH	7,1	8,0	7,9	-	8,1	8,1	8,4	8,3	-
Conductivité (ms/cm)	172	170	172	-	150	157	161	170	-
MES (mg/l)	238	397	879	-	1206	1387	1436	1328	-
MVS (mg/l)	161	239	558	-	696	737	724	659	-
MOT (%)	67,7	60,2	63,5	-	57,7	53,1	50,4	49,6	-
DCO (mg/l)	573	-	-	-	-	309	-	183	-
CBOD ₅ (mg/l)	238	207	107	-	41	31	17	16	-

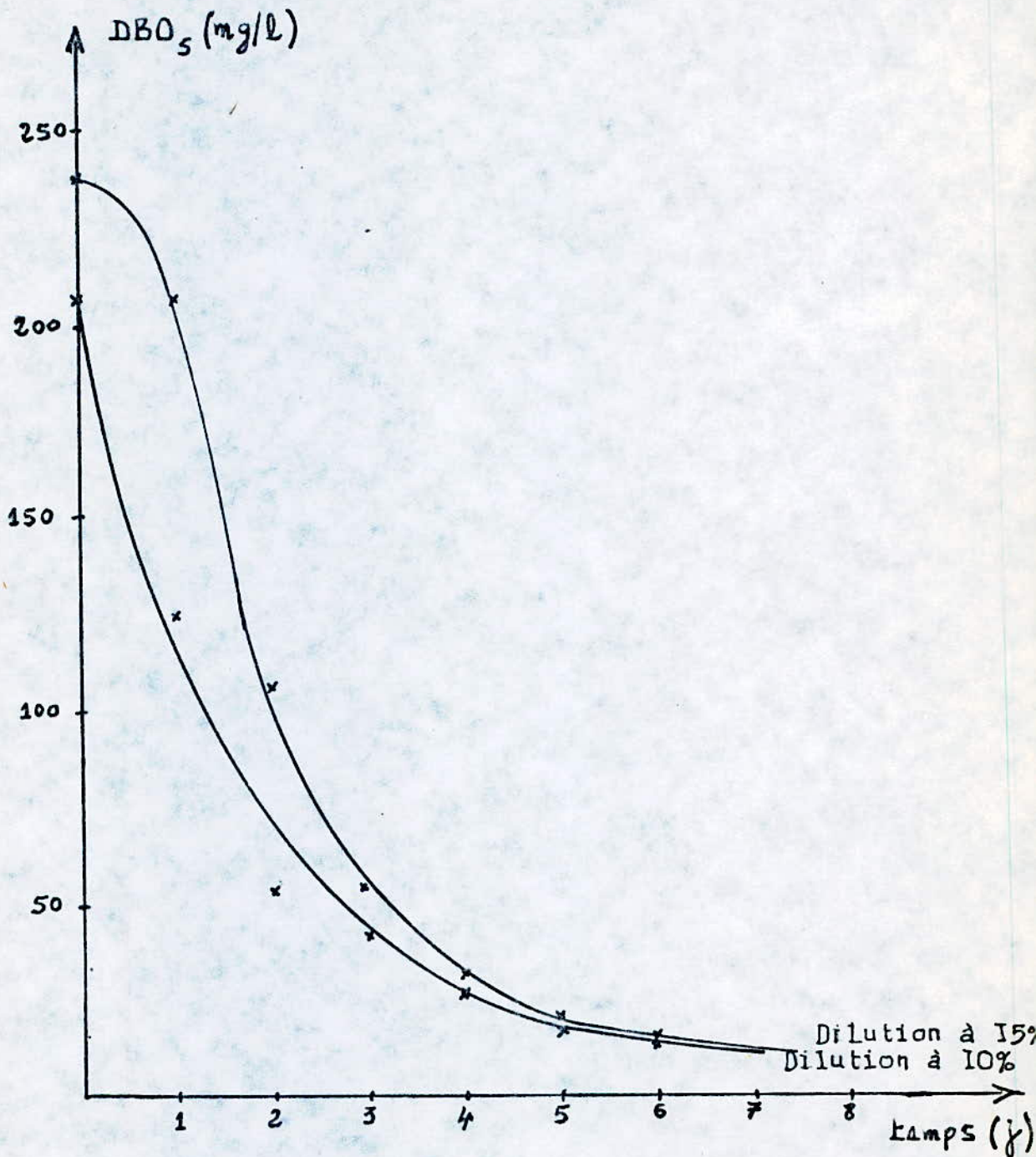


Fig. (10): Profil d'élimination de la DBO₅ des eaux usées mixtes diluées à 10% et 15% lors de leur traitement biologique par boues activées.

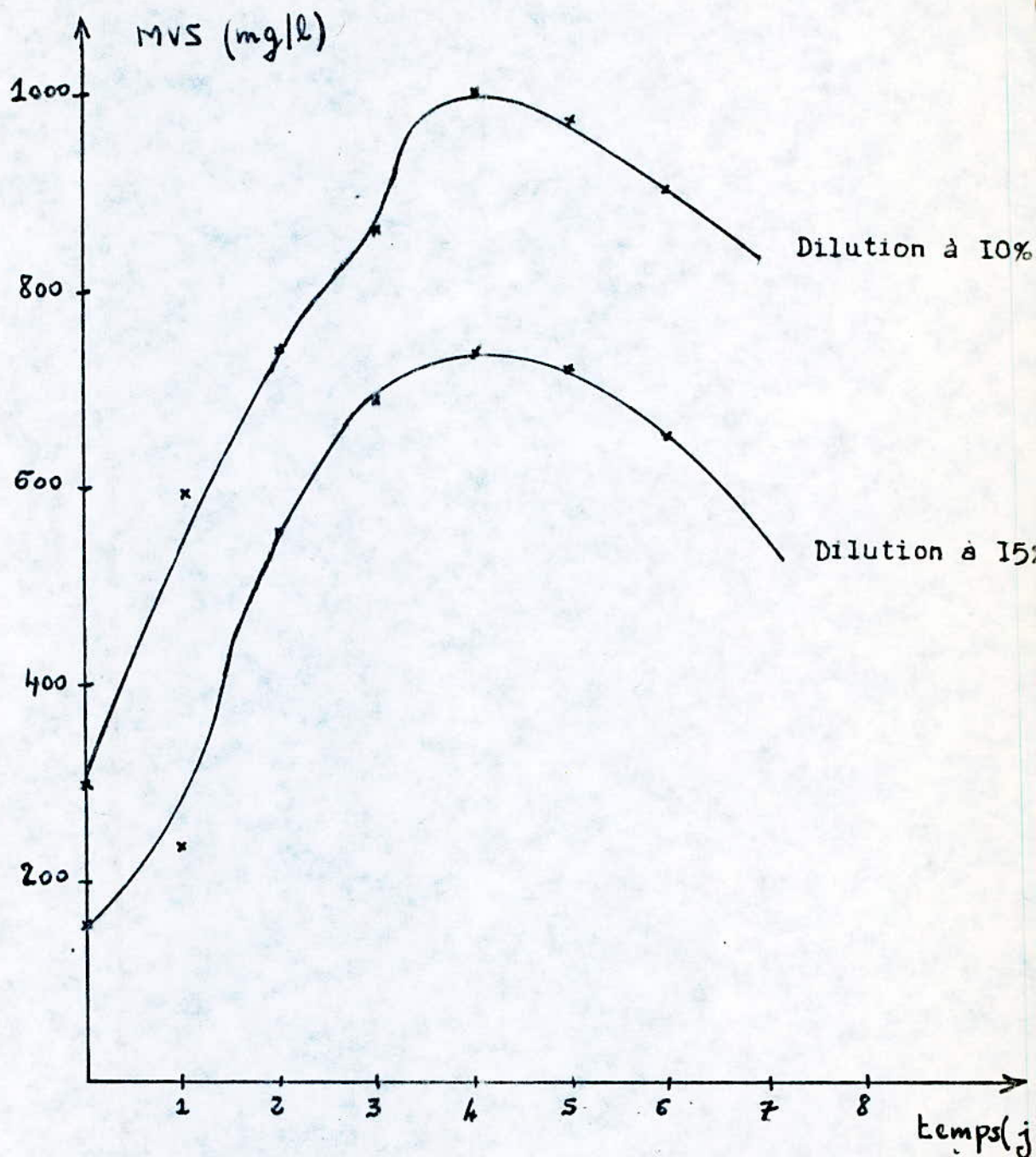


Fig. 11: Evolution de la biomasse des eaux usées mixtes diluées à 10% et 15% lors de leur traitement biologique par boues activées.

II.6.2.- Interprétation des résultats

Sur la base de ces résultats d'analyse et des graphes correspondants, nous pouvons affirmer que, du point de vue traitement biologique, les eaux usées mixtes industrielles et urbaines diluées à des taux de 10% et 15% se comportent pratiquement comme les eaux usées urbaines. En effet, les profils d'élimination de la DBO_5 ainsi que les courbes de variation des MVS sont pratiquement identiques à ceux observés lors du suivi de l'évolution du processus de traitement biologique des eaux usées urbaines. La seule différence réside au niveau de la durée d'aération qui correspond à une valeur de DBO_5 compatible avec les normes de rejets. En effet, la présence des eaux usées industrielles allonge la durée d'aération de 2,5 à 3 jours pour de tels taux de dilution.

On observe à partir du quatrième jour d'aération, le début de la phase endogène et une diminution sensible du taux de matière organique indiquant une auto-oxydation des bactéries et la minéralisation des boues activées.

En résumé, nous pouvons affirmer que, pour des dilutions de 10% et de 15%, le processus de dégradation de la matière organique des eaux usées urbaines ne semble pas être perturbé.

II.7.- QUATRIEME CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

II.7.I.- Résultats d'analyse

N'ayant pas encore atteint le taux de dilution qui correspond à l'inhibition biologique, nous passons, dans cette étape, aux essais sur mélanges dilués à 20% et 25%, en eaux usées industrielles.

Les résultats illustrant l'évolution de paramètres, caractérisant la traitabilité biologique pour de tels taux de dilution, sont résumés dans les tableaux E.08 et E.09. Les graphes correspondants sont tracés sur les fig. (I2) et (I3).

Tableau E.8. - Cas du mélange à 20% (Evolution du traitement biologique)
 4^{ème} campagne de prélèvement.
 Date de prélèvement : 08-05-1988.
 Heure de prélèvement : 13H 15

Jour d'aération	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Température (°C)	19	21	22	19	20	-	18	21	-
pH	7,3	7,7	8,5	8,4	8,4	-	8,4	8,3	-
Conductivité (ms/cm)	1,62	1,78	1,76	1,77	1,77	-	1,79	1,78	-
MES (mg/l)	335	503	1154	1233	1255	-	1154	1191	-
MVS (mg/l)	224	329	696	761	749	-	695	672	-
MOT (%)	66,9	65,4	60,3	61,7	59,7	-	60,2	56,4	-
DCO (mg/l)	603	-	502	-	-	-	-	189	-
DBD ₅ (mg/l)	221	181	82	41	33	-	25	19	-

Tableau E.9. - Evolution du traitement biologique. Cas du mélange à 25 %
 4^{eme} campagne de prélèvement
 Date de prélèvement : 08-05-1988.
 Heure de prélèvement : 13^H15

Jour d'aération	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Température (°C)	19	21	20	19	20	-	18	21	-
pH	7,9	7,9	8,3	8,7	8,5	-	8,4	8,6	-
Conductivité (mS/cm)	1,78	2,01	2,04	2,03	2,10	-	2,10	2,08	-
MES (mg/l)	259	445	489	1000	1123	-	876	845	-
MVS (mg/l)	181	269	300	597	666	-	557	443	-
MOT (%)	69,8	60,4	61,4	59,7	59,3	-	63,6	52,4	-
DCO (mg/l)	691	-	531	-	-	-	-	226	-
DBO ₅ (mg/l)	247	212	182	198	187	-	96	93	-

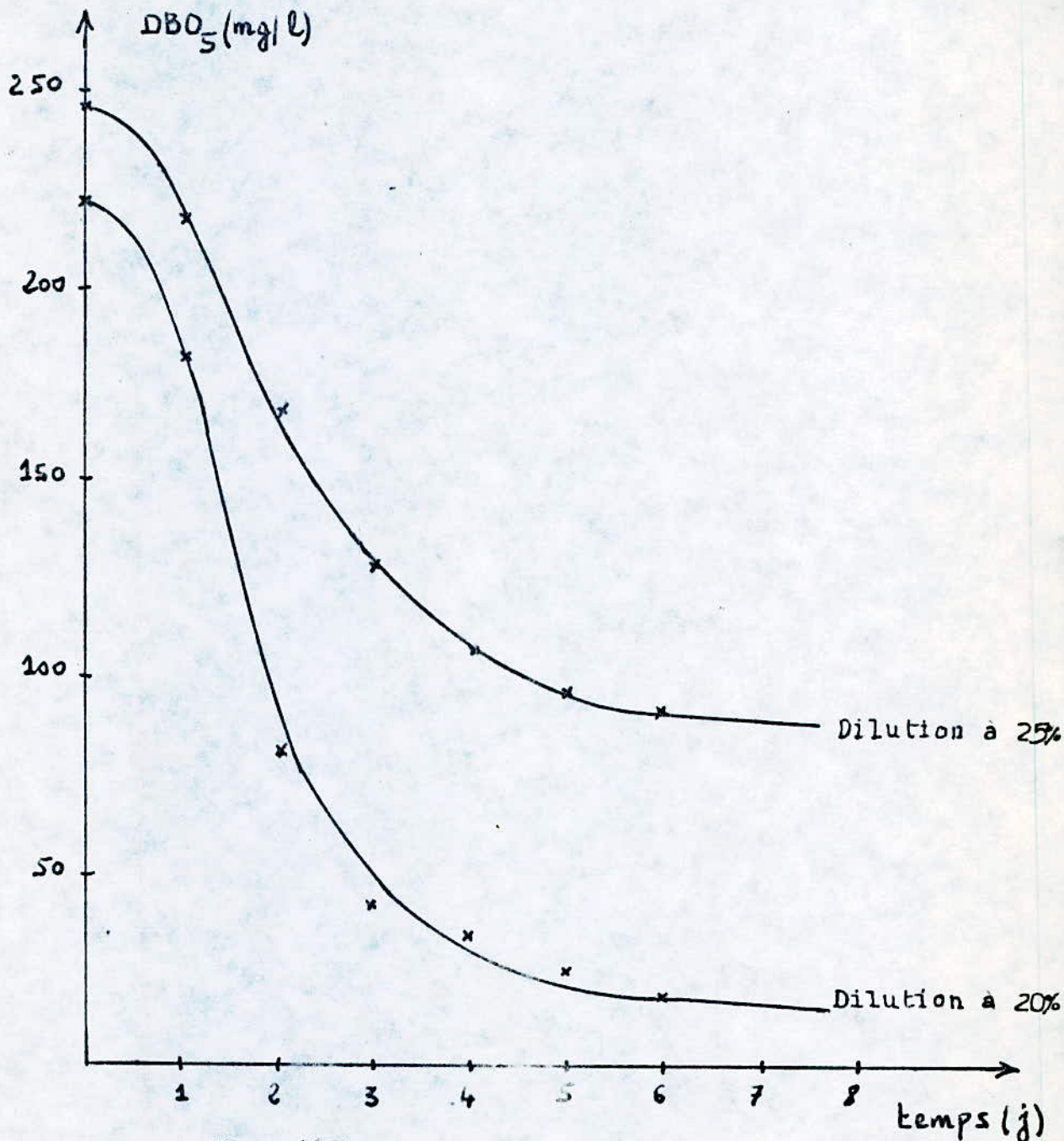


Fig. (12) : Profil d'élimination de la DBO_5 des eaux usées mixtes diluées à 20% et 25% lors de leur traitement biologique par boues activées.

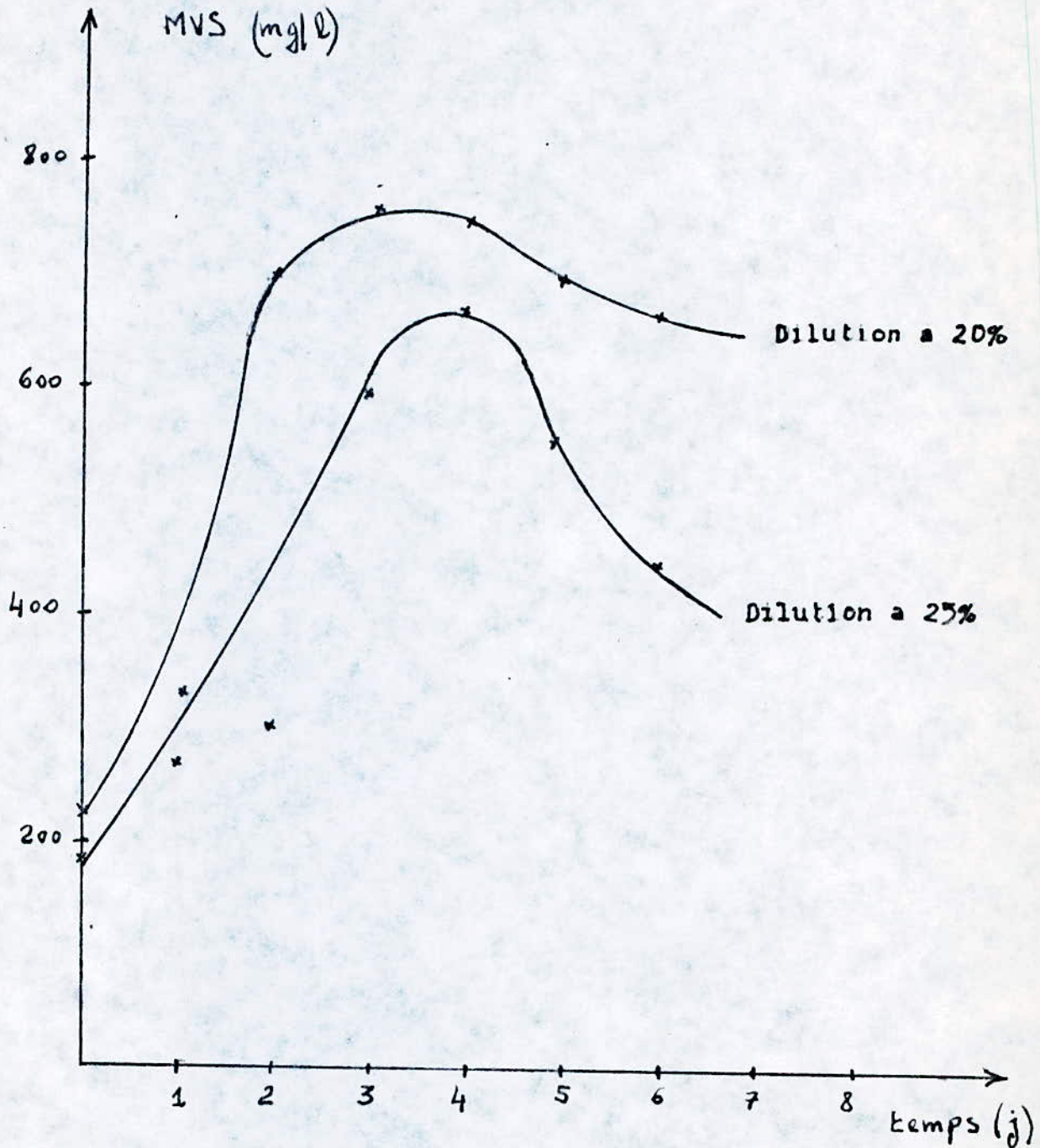


Fig. (13) : Evolution de la biomasse des eaux usées mixtes diluées à 20% et 25% lors de leur traitement biologique par boues activées.

II.7.2.- Interprétation des résultats

Dans le cas de la dilution de 20% en eau usée industrielle, nous constatons les mêmes phénomènes observés déjà dans les taux de dilution inférieurs que nous avons étudiés. En effet, nous remarquons une dégradation de la charge polluante organique avec un rendement satisfaisant et une croissance graduelle dans la durée d'aération nécessaire à l'obtention de la DBO_5 minimale.

En ce qui concerne la dilution de 25%, nous observons un changement notable dans le profil d'élimination de la DBO_5 et dans l'évolution des MVS. En effet, cette eau usée mixte se comporte quasiment comme les eaux résiduaires industrielles en matière de traitabilité biologique. La DBO_5 n'atteint, au bout de toute la durée d'aération, que la valeur de 95 mg/l alors que la phase endogène commence déjà à partir du quatrième jour d'aération.

En résumé, pour mener une épuration biologique des eaux mixtes urbaines et industrielles de la zone de ROUIBA-REGHAIA, avec efficacité, il ya lieu d'effectuer des dilutions ne dépassant pas 25%. Dans le cas où l'on veut augmenter ce taux de dilution, il faut alors déterminer quels sont les facteurs responsables d'une telle inhibition biologique pour pouvoir déterminer les opérations préliminaires à soumettre aux eaux usées industrielles.

II.8.- CINQUIEME CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

II.8.1.- Résultats d'analyse

Vu que la traitabilité biologique des eaux usées industrielles a été compromise, il devient alors intéressant de doser les métaux lourds qui sont, à partir d'un certain seuil, toxiques pour les micro-organismes épurateurs.

Ainsi, le but de cette campagne de prélèvement consiste en une analyse quantitative de certains métaux lourds tels que chrome, plomb, cuivre, zinc, manganèse, cadmium et fer.

Les résultats des analyses effectuées, en grande partie, au laboratoire de la Sonatrach de BOUMERDES, sont consignés dans le tableau E.IO

Tableau E.IO.- Teneurs des métaux lourds dans les eaux usées industrielles .

Cinquième campagne de prélèvement

Date de prélèvement ; 10-05-1988

Heure de prélèvement : 14h00

Elements	Concentration (mg/l)
Chrome	2,74
Plomb	Non décelable
Cuivre	0,71
Zinc	1,18
Manganèse	1,08
Cadmium	Non décelable
Fer	5,37

II.8.2.- Interprétation des résultats

A travers les résultats obtenus durant cette cinquième et ultime campagne de prélèvement, nous remarquons que les métaux lourds, dont les teneurs sont relativement proches des seuils de toxicité, peuvent être à l'origine d'un quelconque phénomène d'inhibition sur les micro-organismes épurateurs remettant ainsi en cause l'épuration biologique des eaux résiduaires industrielles.

Toutefois, l'inhibition observée n'étant que partielle, on peut conclure que l'effet toxique de ces métaux lourds a été réduit par la présence éventuelle d'agents complexants ou par le fait qu'il ya eu adaptation plus ou moins poussée des micro-organismes responsables de l'épuration biologique.

Néanmoins, il ya lieu également de noter que l'inhibition, constatée dans le traitement biologique des eaux résiduaires industrielles, peut aussi provenir de la présence d'autres substances toxiques, de nature non métallique, tels que les sulfures, les solvants organiques de dégraissage et autres substances commerciales non identifiées.

II.9.- CARACTERISATION DES BOUES ACTIVEES

Dans le but essentiel de suivre l'évolution de la matière organique et d'en déterminer les proportions dans chaque fraction des matières en suspension, nous avons tracé les graphes de variation, en fonction du temps d'aération, des MES et du MOT pour les campagnes 2, 3 et 4.

Ainsi, de tels graphes nous permettent de déterminer le comportement de la boue activée durant tout le processus d'épuration biologique.

Ces graphes sont tracés sur les figures (I4), (I5), (I6), (I7), (I8) et (I9).

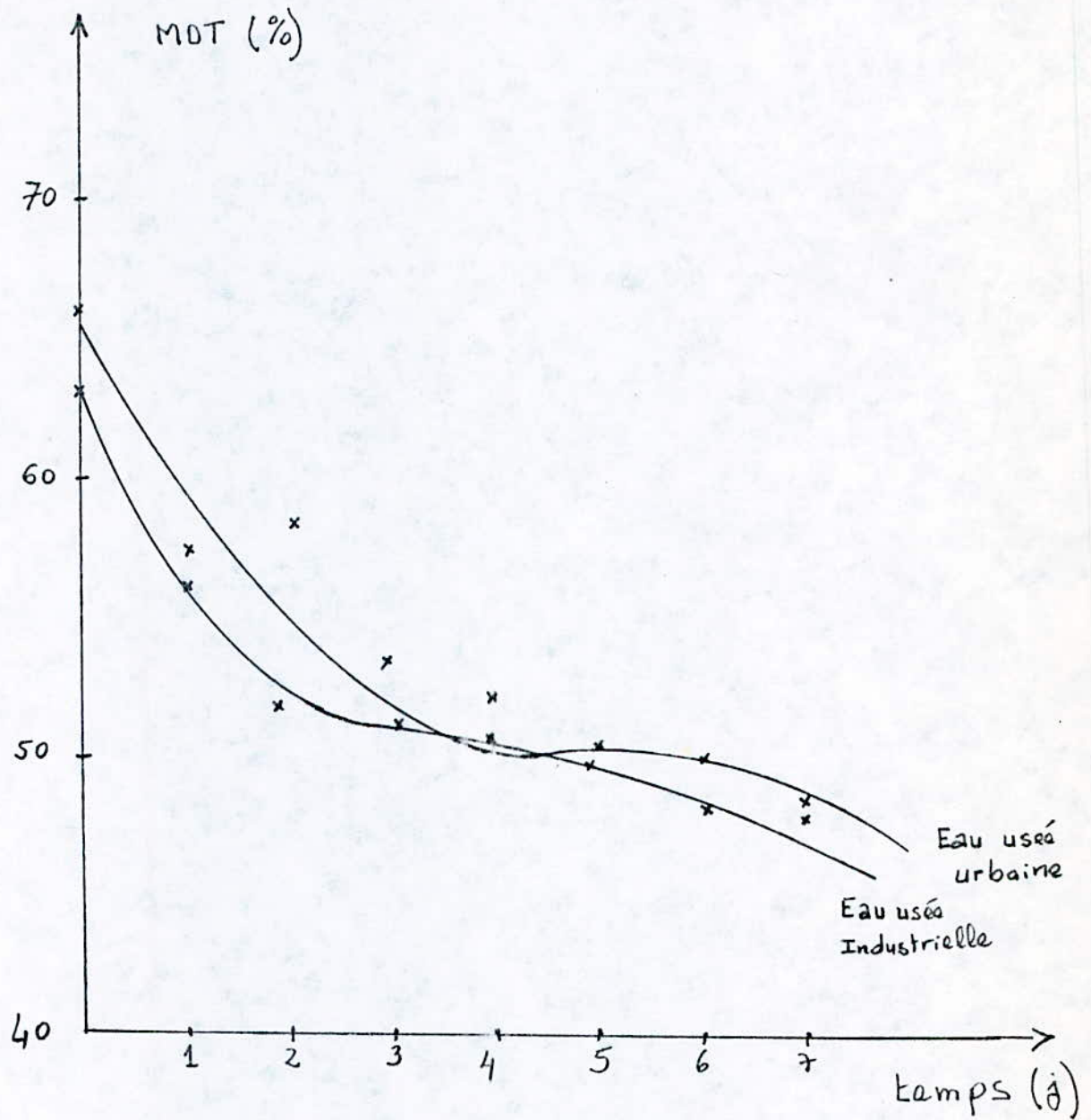


Fig. (14) : Evolution du taux de matière organique des eaux usées urbaine et industrielle.

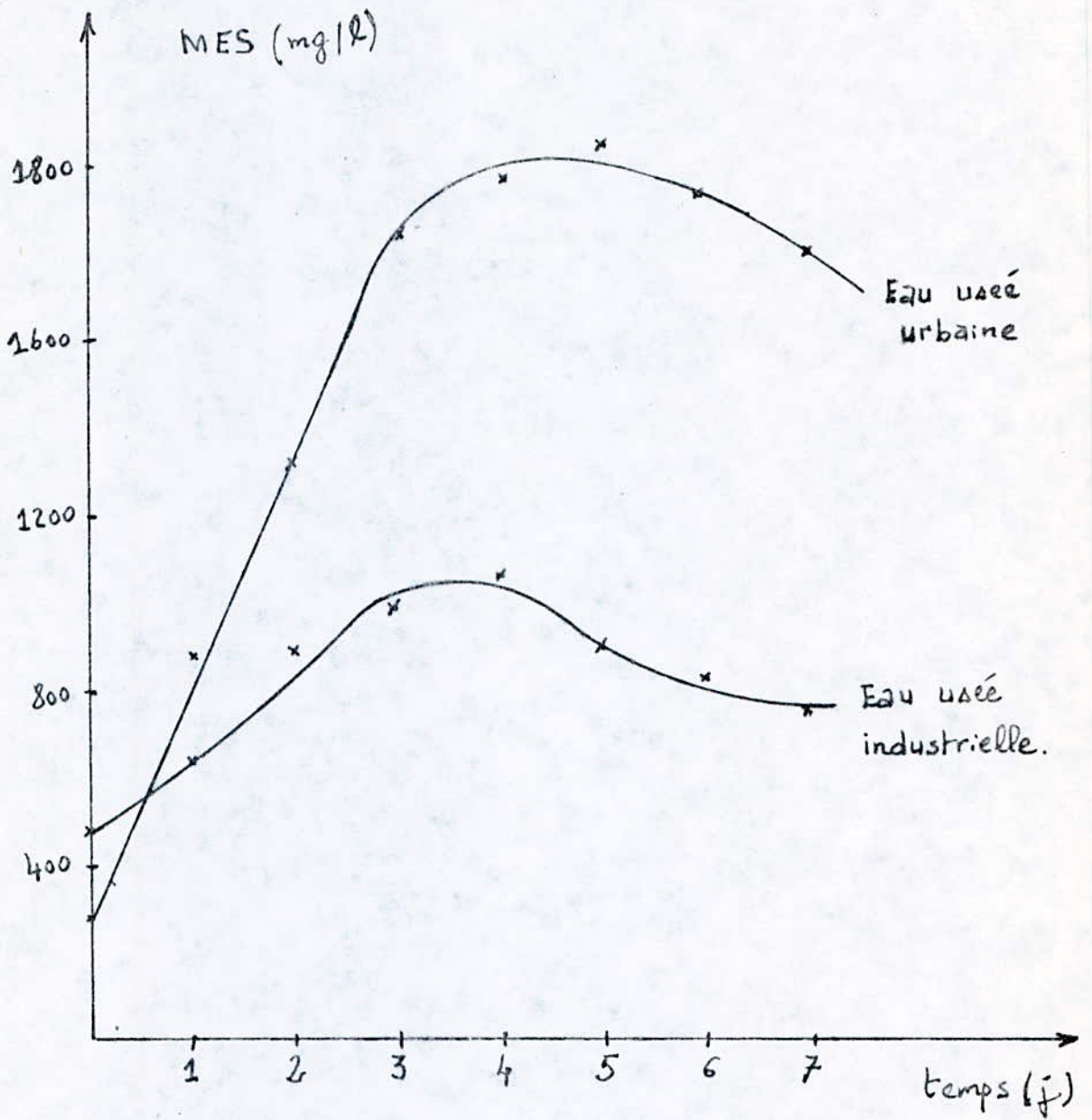


Fig. (15) : Evolution des MES des eaux usées urbaine et industrielle.

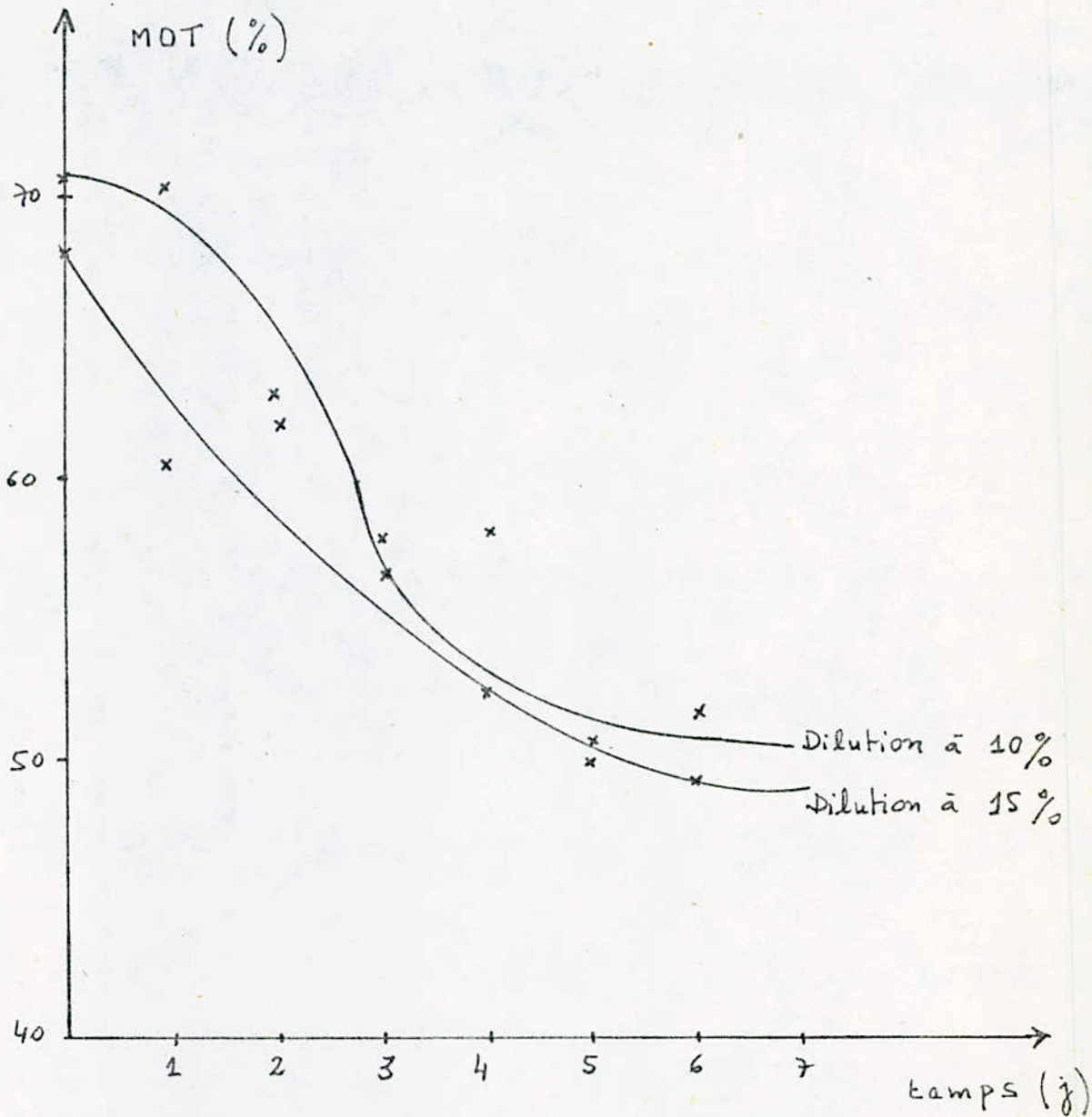


Fig. (16): Evolution du taux de matière organique des eaux usées mixtes diluées à 10 % et 15 %.

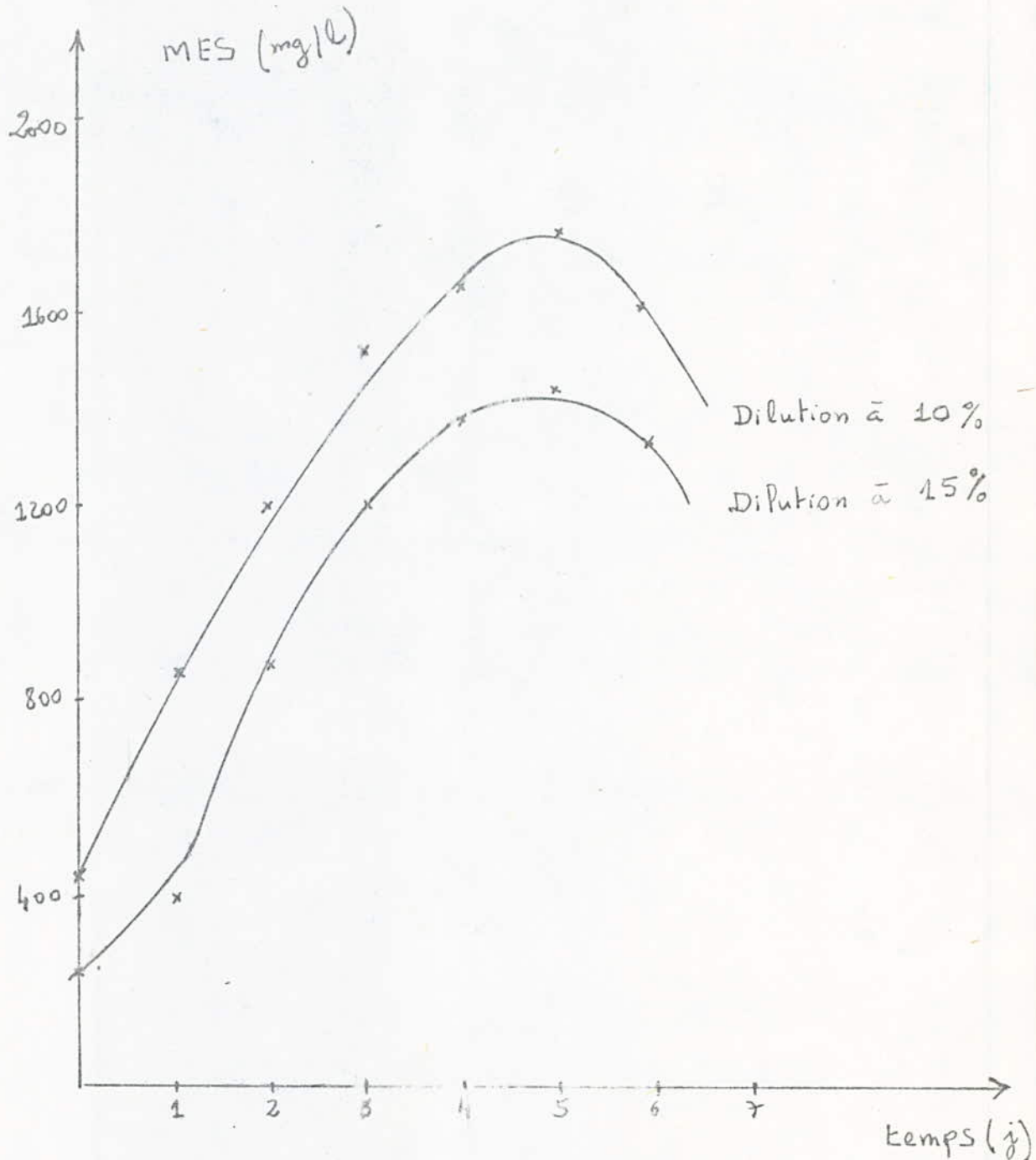


Fig. (17) Evolution des MES des eaux usées mixtes diluées à 10% et 15%.

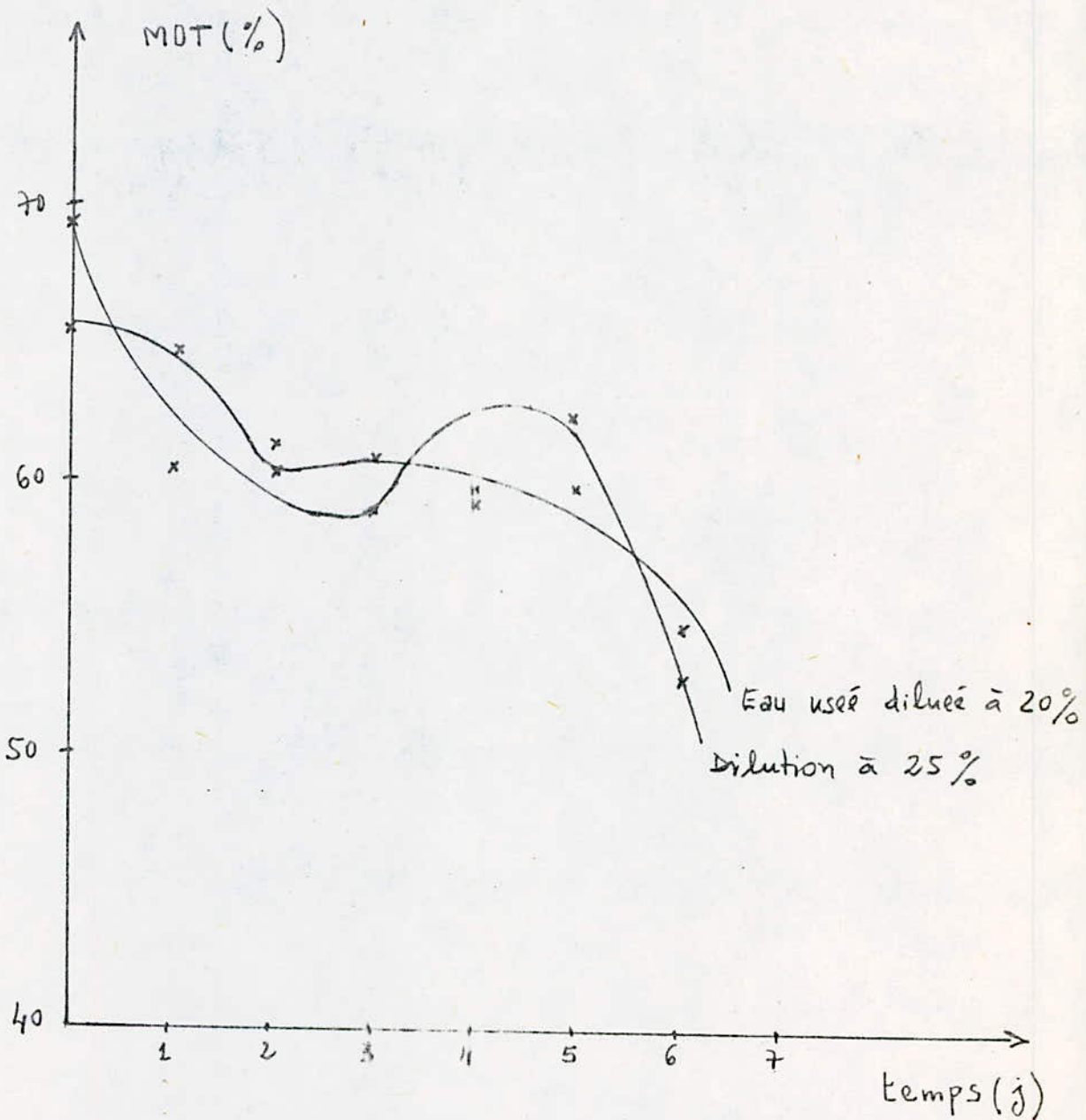


Fig (18) : Evolution des taux de matière organique des eaux mixtes diluées à 20 % et 25 %.

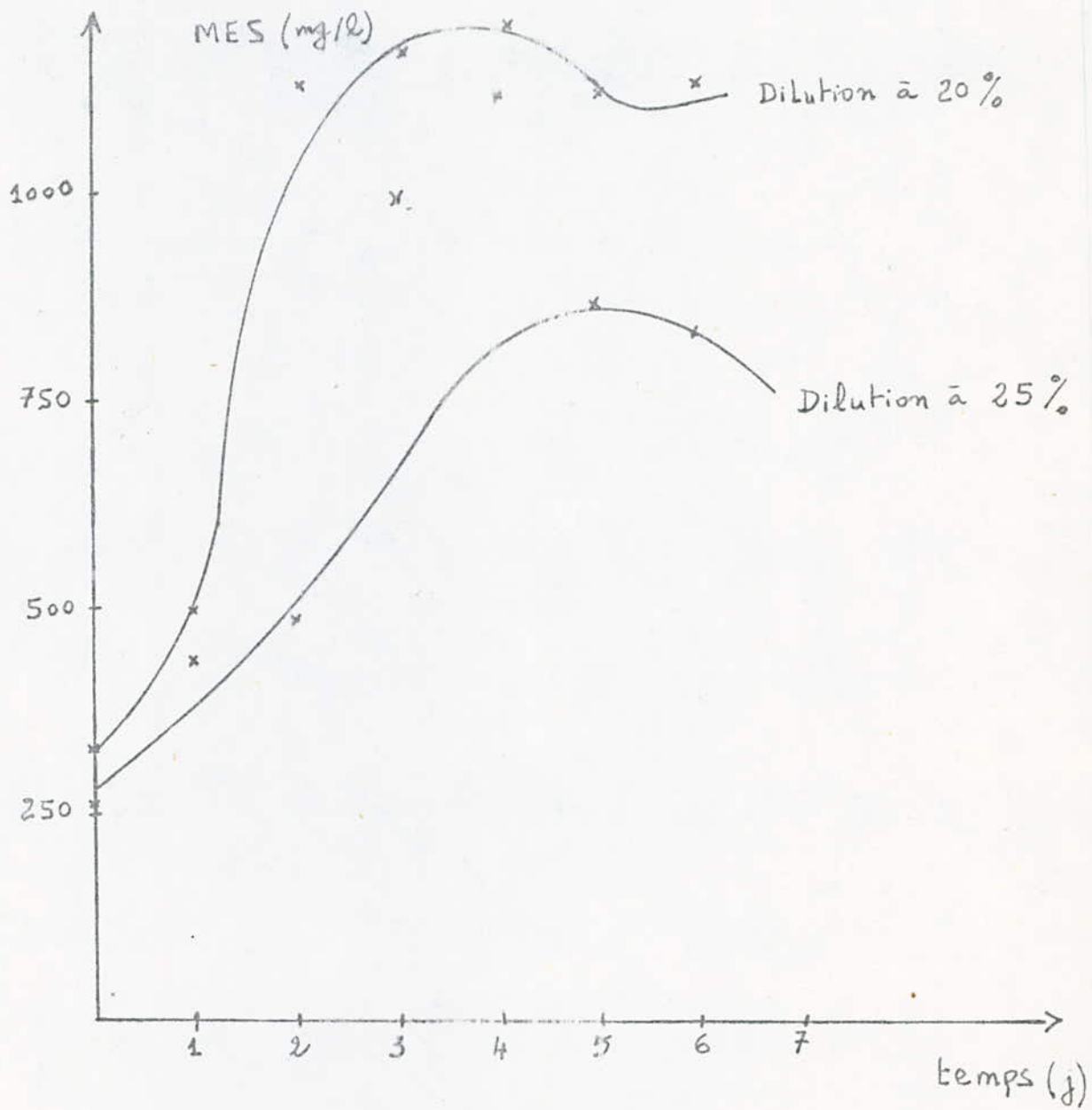


Fig. (19) : Evolution des MES des eaux usées mixtes diluées à 20 % et à 25 %.

II.9.I- Interprétation

Nous remarquons, sur la base de ces graphes, que la charge polluante est à prédominance organique; d'où la nécessité d'un traitement par voie biologique des eaux usées de la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA.

En effet, nous constatons que le taux de matière organique (MOT), qui est le rapport des MES sur les MVS, augmente au début de l'aération afin de passer par un maximum d'environ 70%, toutefois, il se stabilise vers la fin de la période d'aération avec tendance à la diminution. Une telle diminution traduit la respiration endogène. Il est à noter que le taux de 70% observé indique bien que la matière organique est prédominante, puisque une telle valeur de MOT se rencontre surtout dans le cas des eaux urbaines riches en matières organiques.

En outre, nous pouvons dire que la biomasse flocculerait instantanément, puisque les MES augmentent de façon spectaculaire durant toute la durée d'aération.

Bref, il est intéressant de noter que les boues activées décantent d'une façon rapide traduisant la bonne marche de la station d'épuration par boues activées.

CONCLUSION
GENERAL

e t

RECOMMENDATIONS

CONCLUSION GENERALE

A la lumière des résultats obtenus sur l'analyse des eaux résiduaires urbaines et industrielles de la zone ROUIDA REGHAIA , il ressort clairement que ces eaux contribuent considérablement à une pollution poussée de l'Oued et du marais de REGHAIA . Ceci par ses importants débits chariant de divers polluants de toxicité variable .

Afin de préserver et de protéger cet écosystème récepteur , un traitement global des eaux résiduaires est impératif .

Les premières campagnes de prélèvement montrent que le traitement biologique des eaux usées urbaines ne constituait aucun problème . Cependant , les eaux usées industrielles connaissent une épuration avec une éventuelle inhibition partielle . Ceci peut s'expliquer par les teneurs plus ou moins élevées en métaux lourds dépassant les seuils toxiques comme le montre la cinquième campagne de prélèvement .

Les causes essentielles de cette inhibition ne sont pas dûes uniquement aux métaux lourds . La composition variable , en éléments indésirables et en substances généralement non biodégradables telles que les huiles , les graisses et les détergents , des eaux usées industrielles peut être la cause .

Pour y remédier , un traitement biologique des eaux mixtes, urbaines , et industrielles est retenu .

Les quatre premières campagnes de prélèvement , durant lesquelles , nous avons suivi l'évolution en fonction du temps de plusieurs paramètres tant physico-chimiques que biologiques . permettent d'affirmer qu'à travers les résultats obtenus , l'essai de traitement biologique des eaux usées mixtes est concluant lorsque le traitement est exécuté à un taux de dilution d'au plus de 25 % .

Il est très important de remarquer que l'introduction de l'effluent industriel à un taux de dilution n'excédant pas 25 %

n'est pas possible à l'échelle industrielle , étant donné le débit important des eaux usées industrielles (20.000 m³/j) devant celui des eaux usées urbaines (7.000 m³/j) .

En raison de cela , nous sommes conduits à faire les suggestions suivantes :

- Concevoir des équipements de traitement préliminaire au niveau des unités industrielles , en l'occurrence celles considérées comme potentiellement polluantes , pour la séparation et l'élimination de diverses substances telles que les huiles , les graisses , les détergents et les métaux lourds qui sont capables de perturber le bon fonctionnement de l'épuration biologique ;

- Meilleure gestion des ressources en eau pour une diminution du gaspillage des volumes rejetés ;

- Rapport sur la faisabilité d'un recyclage des eaux de refroidissement et des eaux de process pour une réutilisation à maintes reprises dans le circuit interne de l'usine ;

- Orientation des eaux usées à caractère urbain des régions avoisinantes la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA vers la station d'épuration ;

- Possibilités d'installer des bassins mélangeurs de régularisation de débits ;

- Il est également nécessaire d'accorder une grande importance aux eaux traitées , la détoxification étant plus ou moins totale ; il serait très utile d'envisager un recyclage de ces eaux dans les bassins d'aération pour une dilution supplémentaire .

En outre , nous pouvons conclure que certains paramètres tels que la température , le pH et les nutriments n'avaient nullement aucune influence négative sur la traitabilité biologique des eaux usées urbaines , industrielles et mixtes .

En effet , la température est pratiquement constante à une valeur inférieure à 35°C , le pH compris entre 6 et 9 est optimal et les nutriments se trouvaient bel et bien en abondance .

RECOMMANDATIONS

Comme nous venons de le voir , la pollution de l'Oued de REGHAIA est à un stade avancé particulièrement au niveau du collecteur principal et en aval de celui-ci . Le marais est directement menacé par cette pollution .

En raison de cela , nous suggérons quelques recommandations

I- Etude poussée des essais de traitabilité des effluents mixtes urbains et industriels :

- Estimation des flux de pollution résiduelle dissoute et non sédimentable ;

- Essais de traitement primaire ;

- Mise au point du pilote et production de boues activées à partir de l'effluent urbain ;

- Introduction évolutive de l'effluent industriel par tranche de 5 % à 10 % , analyses de la liqueur et contrôle de l'évolution de la production des boues activées .

2- Identification des phénomènes physico-chimiques secondaires , pouvant provenir surtout des activités artisanales et commerciales , et jouant un rôle d'inhibition ou de toxicité vis-à-vis des bactéries mises en oeuvre dans les processus d'épuration .

3- Réalisation d'un collecteur d'amennée des eaux usées vers le site de la station d'épuration avec une étude d'exuction .

4- Définition d'un schéma directeur d'assainissement pour le bassin versant et élaboration de variantes du schéma tenant compte des nouvelles orientations de développement de l'agglomération d'ALGER et de l'état actuel du marais de REGHATA .

5- Etude de réalisation d'un module d'épuration sur la base des résultats expérimentaux et de considérations pratiques de réalisation et d'exploitation .

6- Prendre des mesures strictes à long terme au niveau des différentes unités industrielles implantées dans la zone industrielle ROUIBA-REGHAIA .

7- Lutte contre la décharge sauvage , possibilité de création de décharge contrôlée et stockage des déchets toxiques au niveau des unités en attendant la désignation par les autorités locales du site d'accueil .

8- Enquête sur les produits phytosanitaires d'assolement utilisés par les agriculteurs , ainsi que les produits périmés et les emballages .

9- Récupération et stockage des huiles usées de vidange .

10- Etant donné les teneurs plus ou moins importantes en métaux lourds , en particulier le Fer , il serait intéressant et souhaitable de se pencher d'une manière sérieuse sur le problème de récupération du Fer à l'état solide en tant que sulfate de Fer et de l'acide sulfurique .

I. -- DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (20)

Principe

Dans des conditions bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

Réactifs

- Eau distillée fraîchement préparée.
- Sulfate de mercure cristallisé.
- Solution sulfurique de sulfate d'argent à 0,66 % .
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium 0,25 N .
- Solution de dichromate de potassium 0,25 N .
- Solution de ferroïne : dissoudre 1,485 g de 1.10-phénanthroline et 0,695 g de sulfate de fer dans 100 ml d'eau distillée .

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un ballon de 500 ml ou , éventuellement, une même quantité de dilution. Ajouter 1 g de sulfate de mercure cristallisé et 5 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Chauffer, si nécessaire, jusqu'à parfaite dissolution. Ajouter 25 ml de solution de dichromate de potassium puis 70 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Porter à ébullition pendant 2 heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. Laisser refroidir. Diluer à 350 ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne .

Déterminer la quantité nécessaire de solution de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé. Procéder aux mêmes opérations sur 50 ml d'eau distillée .

Expression des résultats

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en mg d'oxygène par litre est égale à : $8000(V_0 - V_i)T/V$.

V_0 : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

V_i : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml) .

V : Volume de la prise d'essai .

T : Titre de la solution de dichromate de potassium .

2. -- DOSAGE DES CHLORURES PAR LA METHODE DE MOHR (20)

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent .

Réactifs

- Acide nitrique pur .
- Carbonate de calcium pur .
- Solution de chromate de potassium à 10 % .
- Solution de nitrate d'argent N/10 .

Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, dans un erlen-meyer de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de calcium et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 % . Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes. Soit V le nombre de ml de nitrate d'argent .

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml : $V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en mg de Cl^{-} par litre d'eau, et $V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en mg de NaCl par litre d'eau .

3.- DETERMINATION DES MATIERES DECANTABLES (20)

Principe

Un certain volume d'eau est abandonné au repos pendant 2 heures. La quantité de matière décantée est déterminée par volumétrie .

Mode opératoire

Passer l'eau sur un tamis à mailles de 5 mm de côté. L'homogénéiser et en verser 1 litre dans un cône d'IMHOFF maintenu vertical à l'abri de la lumière et de la poussière. Au bout de 45 minutes, imprimer au cône deux ou trois mouvements brusques alternatifs autour de son axe , les matières adhérant aux parois se détachent. Effectuer une première lecture après une heure de sédimentation. Puis une deuxième après 1 heure 30 minutes. Au bout de 1 heure 45 minutes de décantation, imprimer de nouveau au cône les mêmes mouvements de rotation que précédemment. Effectuer une nouvelle lecture après 2 heures. Si le niveau arrive entre deux graduation, la teneur en matière sédimentable est le volume correspondant à la graduation inférieure .

Expression des résultats

Les résultats s'expriment en ml de matières décantées pour un litre d'eau .

4.- DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION PAR FILTRATION (20)

Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle .

Mode opératoire

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher ($105^{\circ}C$) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au

dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml 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 à 0,1 mg près, jusqu'à poids constant .

Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression : $1000(M_i - M_o)/V$.

M_o = Masse du disque filtrant avant utilisation (mg) .

M_i = Masse du disque filtrant après utilisation (mg) .

V = Volume d'eau utilisée (ml) qui doit être d'au moins 100 ml .

5.- DÉTERMINATION DES MATIÈRES VOLATILES EN SUSPENSION (28)

Principe

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée . Le résidu desséché est ensuite pesé. Celui-ci incinéré à $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ est également pesé. La masse des matières volatiles en suspension est déterminée par pesée différentielle .

Appareillage

- Une étuve à 105°C .

- Un four à 550°C .

- Un dessiccateur .

Mode opératoire

Placer un volume d'environ 100 ml d'échantillon dans une capsule de porcelaine sèche et propre. Assécher le résidu 2-3 heures à l'étuve (105°C) . Refroidir au dessiccateur environ 30 minutes. Peser à poids constant. Calciner le résidu 2 heures au four (550°C) . Refroidir au dessiccateur. Peser à poids constant.

Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières volatiles en suspension (mg/l) est donnée par l'expression : $1000(M_a - M_o)/V$.

M_a = Masse du résidu desséché (mg) .

M_o = Masse du résidu calciné (mg) .

V = Volume d'eau utilisé (ml) .

6.- DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL PAR LA METHODE DE NESSLER (29)

Principe

Le réactif de NESSLER (Iodo-mercureatq de potassium alcalin) en présence d'ions ammonium est décomposé avec formation d'iodure de dimercuriammonium jaune-brun, soluble en faible concentration, qui se prête au dosage photométrique entre 400 et 500 nm des ions ammoniums .

Réactifs

- Réactif de NESSLER / ajouter par portions 12,5 g de HgI_2 rouge à une solution de 9,75 g de KI dans 15 ml d'eau distillée, après dissolution verser le liquide lentement dans une solution froide de 27,5 g de NaOH dans 75 ml d'eau distillée. Compléter à 100 ml par l'eau distillée et tenir à l'obscurité. Utiliser le surnageant .

- Tartrate : une solution de 10 % de tartrate de sodium et de potassium est conservée avec 0,5 ml du réactif de NESSLER alcalin par 100 ml . Utiliser le surnageant clair .

- Solution étalon à 1g/l d'azote auquel on ajoute de l'acide sulfurique concentré à raison de 0,8 ml H_2SO_4 / litre .

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Par dilution de la solution étalon, préparer, en flacons jaugés de 50 ml numérotés, 5 ou 6 solutions contenant entre 0 et 0,1 mg/l d'azote ammoniacal. Introduire ensuite dans chaque flacon successivement : la solution de tartrate (0,5 ml) et 1ml du réactif de NESSLER. Laisser au repos pendant 10 minutes à l'abri de la lumière. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 410 nm . Construire la courbe d'étalonnage .

Mode opératoire

Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire successivement : la solution à analyser, son volume ne dépassant pas 25 ml , 0,5 ml de tartrate, de l'eau distillée jusqu'à 35-40 ml, agiter pour bien homogénéiser la solution et ajouter rapidement 1 ml du réactif de NESSLER, immédiatement agiter et compléter avec de l'eau à 50 ml. Laisser la solution au repos pendant 10 minutes à l'abri de la lumière. Mesurer l'absorbance à 410 nm contre le blanc des réactifs . Se reporter à la courbe d'étalonnage .

Expression des résultats

La courbe donne la teneur en azote ammoniacal exprimée en mg dans la prise d'essai de l'échantillon .

7.- DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL KJELDAHL (29)

Principe

Après minéralisation de l'azote organique , l'ammoniac déplacé par une solution de lessive de soude est entraîné par un courant de vapeur d'eau puis dosé par colorimétrie selon la méthode de NESSLER décrite pour le dosage de l'azote ammoniacal .

Réactifs

- Acide sulfurique concentré pur .
- Acide sulfurique 1 M .

- Dioxyde de sélénium comme catalyseur .
- Bleu de bromophénol : solution 0,1 % dans 20 % alcool absolu .
- Solution de soude à 20 % .
- Sulfate de potassium anhydre .

Matériel spécial

- Matras type KJELDAHL de 50 ml .
- Col rodé N° 24 avec absorbeurs .

Mode opératoire

Introduire dans la fiole de KJELDAHL 50 ml d'eau à analyser . Ajouter 0,5-1 mg de dioxyde de sélénium, 2 ml de H₂SO₄ concentré et 0,5 g de sulfate de potassium anhydre . Dans l'absorbant , introduire 15-20 ml de NaOH 6 % . Chauffer en augmentant la température lentement et maintenir l'ébullition du mélange encore pendant 30 minutes après clarification complète, en total 2-3 heures de chauffage . Refroidir, diluer par portions avec de l'eau distillée, transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 500 ml . Ajouter 0,2 ml de bleu de bromophénol et neutraliser en ajoutant de NaOH 20 % jusqu'à virage au bleu . POUR éviter les fuites de NH₃ en milieu alcalin , rétablir une faible acidité de la solution avec H₂SO₄ 1 M . Compléter avec de l'eau distillée à 500 ml , agiter . La solution servira à l'analyse photométrique de l'ammoniacale selon la méthode décrite pour le dosage ammoniacal .

8.- DETERMINATION DE L'AZOTE ORGANIQUE (20)

L'azote organique est calculé par différence entre l'azote KJELDAHL total et l'azote ammoniacal .

9.- dosage DES NITRATES par le salicylate de sodium (20)

Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent des para-nitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique .

Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 % .
- Acide sulfurique concentré ?
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate de sodium et de potassium : dissoudre 400 g de NaOH et 60 g de tartrate de sodium et de potassium dans 1000 ml d'eau distillée .
- Solution mère étalon d'azote nitrique à 0,005 g/l .

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Par dilution de la solution mère-étalon, préparer, en flacons jaugés de 50 ml numérotés, 5 solutions contenant entre 0 et 5 mg/l

d'azote nitrique. Introduire ensuite dans chaque flacon 1 ml de solution de salicylate de sodium. Evaporer à sec au bain marie entre 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml de H₂SO₄ concentré en prenant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau distillée puis 15 ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. Soustraire les densités optiques lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire

Introduire dans un flacon de 10 ml d'eau à analyser. Alcaliniser faiblement avec la solution de soude. Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Faire de la même façon pour un témoin de 10 ml d'eau distillée. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en azote nitrique, exprimée en mg/l d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrates, multiplier ce résultat par 4,43.

10.- DOSAGE DES NITRITES PAR LE REACTIF DE AMBELLI (20)

Principe

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol forme avec les ions NO₂⁻ un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrates.

Réactifs

- Ammoniaque pure (d= 0,925).
- Réactif de AMBELLI : Introduire dans une fiole de un litre 260 ml d'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y introduire l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain marie. Après dissolution complète ajouter 135 g de chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution. Après refroidissement ajuster s'il y'a lieu le volume de la solution à un litre avec l'eau distillée.
- Solution étalon d'ion NO₂⁻ à 0,0023 g/l.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Par dilution de la solution étalon, préparer, en flacons jaugés de 50 ml numérotés ; 5 ou 6 solution contenant entre 0 et 20 g/l de

NO₂⁻ . Introduire ensuite 2 ml de réactif de SAMBELLI . Attendre 10 minutes et ajouter 2 ml d'ammoniaque pure . Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 435 nm . Construire la courbe d'étalonnage .

Mode opératoire

Prélever 50 ml d'eau à analyser , ajouter 2 ml de réactif de SAMBELLI . Agiter et laisser au repos 10 minutes . AJOUTER 2 ml d'ammoniaque pure ; effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 435 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin . Se reporter à la courbe d'étalonnage .

Expression des résultats

Pour une prise de 50 ml , la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en NO₂⁻ , exprimée en mg/l d'eau . Cette valeur multipliée par 0,365 donne la teneur en azote nitreux , en mg/l d'eau .

II.- DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (30)

Principe

Par demande biochimique en oxygène (DBO) , on désigne la quantité d'oxygène moléculaire dissous consommé dans les condition de l'essai après incubation durant 5 jours , à 20°C et dans l'obscurité , par les micro-organismes pour les dégrader en les oxydant , les matières organiques contenues dans l'eau . La mesure de la quantité d'oxygène consommé est suivie dans une solutionensemencée ou non .

La méthode de dilution convient bien pour la détermination de la DBO₅ dans les eaux fortement polluées . Ces eaux sont diluées avec une eau riche en oxygène et dans laquelle la consommation d'oxygène a cessé . Cette dilution doit être effectuée à un tel degré qu'après la durée d'incubation et de consommation , il reste au moins 2 mg d'oxygène par litre d'eau .

Réactifs

- Solution de phosphates : Dissoudre 8,5 g de KH₂PO₄ ; 21,75 g de K₂HPO₄ ; 33,4 g de NaHPO₄.2H₂O et 1,7 g de NH₄Cl dans un litre d'eau distillée . pH 7,2 .
- Solution de sulfate de magnésium à 2,25 % de MgSO₄.7H₂O .
- Solution de Chlorure de calcium à 2,75 % de CaCl₂ .
- Solution de chlorure de fer à 0,25 % de FeCl₃.6H₂O .

Préparation de l'eau de dilution

L'eau utilisée à cette doit être expente d'ions d'argent et de cuivre ainsi que de chlore efficace . Ajouter à un litre d'eau distillée un ml de chacune des solution ci-dessus . L'eau de dilution ainsi obtenue doit aérée plusieurs fois jusqu'à consommation d'oxygène . Elle est conse-

rvée à la l'abri de la lumière à 20°C . Cette eau de dilution doit être utilisée dans les 24 heures .

Mode opératoire

Mettre un volume connu d'eau à analyser dans une fiole jaugée compléter avec de l'eau de dilution . Homogénéiser . Vérifier que le pH est compris entre 6 et 8 . Remplir complètement un flacon avec cette solution . Bien boucher en évitant la formation de bulles d'air . Préparer également deux autres dilutions succesives . Agiter fortement le premier échantillon . Les deux autres échantillons sont conservés dans l'obscurité à 20°C . Mesurer l'oxygène dissous subsistant au bous de 5 jours . Pratiquer un éssai témoin en dosant l'oxygène dissous dans l'eau de dilution .

Expression des résultats

La demande biochimique en oxygène , exprimée en mg O₂ / l , de l'eau pendant 5 jours est égale à / :

$$DBO_5 = Va(Zp-Zv)/Vb+Zv .$$

- Va = Volume total après dilution , ml .
- Vb = Volume de l'échantillon non dilué , ml .
- Zp = Consommation d'oxygène de la dilution pendant 5 jours , en mg/l 4
- Zv = Consommation d'oxygene de l'eau de dilution (éventuellement inoculée) pendant 5 jours , en mg/l .

Présiser éventuellement le traitement préalable effectué sur le prélèvement (décantation , filtration , ...) .

12.- DOSAGE PHOTOMETRIQUE DES ORTOPHOSPHATES (3I)

Principe

En présence en excés d'une solution acide sulfurique de molybdate d'ammonium , les orthophosphates conduisent à la formation d'un complexe qui , en présence de chlorure stanneux , est réduit . Le corps obtenu est stable et soluble dans l'eau . Il est coloré en bleu avec un large maximum d'absorption entre 500-750 nm .

Réactifs

- Réactif de molybdate : 25 g de (NH₄)₆Mo₇O₂₄ . 4H₂O dans 175 ml d'eau . 280 ml de H₂SO₄ concentré dans 400 ml d'eau distillée . Refroidir . Mélanger et portet à un litre .
- Réducteur : 2,5 g de SnCl₂ . 2H₂O dans 100 ml de glycérine .

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Par dilution des étalons , préparer des échantillons contenant entre 0 et 2 mg/l de phosphore (PO₄³⁻) dans des flacons de 100 ml . Ajouter succesivement en agitant après chaque addition 4 ml de réactif de molybdate et 10 gouttes du réducteur . Attendre 10-12 minutes puis effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 660 nm en

I.- Principe de la spectrométrie d'émission ICP

Le principe de la méthode est le suivant :

Les échantillons liquides ou en solution à analyser sont introduits à l'aide d'un nébuliseur pneumatique dans la torche à plasma où régnent une température de 11.000 K . La combinaison de hautes températures et de longs temps de permanence (environ 3 millisecondes) dans le milieu permet d'obtenir une vaporisation complète du solvant et la totale dissociation de l'échantillon en atomes libres pouvant ensuite être excités par des collisions dans la flamme physique .

Le plasma fournit donc une source lumineuse dont la radiation contient toutes les longueurs d'onde caractéristiques émises par les éléments de l'échantillon . Ces longueurs d'onde mélangées seront séparées pour la mesure dans le spectromètre à l'aide d'un réseau ou tout autre élément de dispersion optique à haute résolution . L'intensité de chaque raie spectrale est en fait une mesure de la concentration de l'élément correspondant .

II.- Définition et mode d'obtention d'un plasma

On entend par plasma un gaz ou un mélange de gaz à haute température constitué de particules neutres (atomes , molécules) et de particules chargées (électrons , ions) . L'argon , gaz généralement choisi pour son inertie chimique et sa plus grande transparence aux UV que l'air , favorise l'excitation de raies d'étincelles .

Dans la technique d'excitation ICP , une bobine d'induction branchée à un générateur RF de ~~radiation~~ radio-fréquences induit un fort champ magnétique à haute fréquence dans un petit volume traversé par un courant d'argon . Le plasma est amorcé en exposant l'argon à une décharge Tesla , énergie suffisante pour créer des électrons et des ions initiateurs . Le champ magnétique induit les électrons et ions initiateurs ~~le champ magnétique~~ dans un parcours de forme ~~toroïdale~~ toroïdale (annulaire) ~~due~~ dû au phénomène dit " effet de peau " à des fréquences de 27 MHz . Cet argon ionisé est maintenant conducteur et agit comme un bobinage secondaire court-circuité dans un transformateur . Les électrons qui ont été accélérés sont freinés par collision avec les atomes neutres d'argon . Il en résulte un grand dégagement de chaleur et une multitude d'ions formés . Le procédé se déroule presque instantanément et le plasma s'étend jusqu'à occuper tout le volume . Cependant les températures de 11000 K (voire 12000 à 13000 K) obtenues dans le plasma nécessitent l'utilisation d'un flux d'argon tourbillonnaire afin de refroidir les parois intérieures du tube ou de la torche en quartz . Ce flux sert

Les graisses sont extraites de l'échantillon, acidifié à pH 5, par du trichloro-éthylène et dosées gravimétriquement après évaporation du solvant .

Réactifs

- Trichloro-éthylène chimiquement pur .
- Acide chlorydrique chimiquement pur .

Mode opératoire

Placer dans une ampoule à décantier , de 1,3 à 2 litres , un litre d'eau à analyser et acidifier par l'acide chlorydrique jusqu'à pH 5, pour hydrolyser les savons et casser les émulsions éventuelles . Ajouter 100 ml de trichloro-éthylène dont 25 ml serviront au rinçage du flacon ayant contenu l'échantillon . Agiter pendant 20 minutes . Laisser reposer jusqu'à séparation des phases . Récupérer la phase organique dans un erlen-meyer de 500 ml . Recommencer l'extraction sur la phase aqueuse 2 à 3 fois en opérant comme ci-dessus . Récupérer les 3 phases organiques dans un erlen-meyer de 500 ml : c'est une masse bitumineuse qui contient des graisses , des huiles et des protéines . Pour évaporer le solvant , ajouter 20 à 30 % du méthanol , et chauffer à une température inférieure à 70°C . Le chauffage sera arrêté lorsqu'il ne restera plus dans l'eren-meyer qu'une vingtaine de ml . Les protéines se séparent des graisses et sont éliminées par filtration . Récupérer le filtrat contenant des huiles et des graisses dans un petit erlen-meyer taré au préalable , rincer l'eren-meyer avec quelques ml de solvant . Distiller jusqu'à évaporation complète du solvant (70°C) . Refroidir l'eren-meyer pendant 30 minutes dans un dessiccateur et peser .

Expression des résultats

Le nombre de mg des huiles et des graisses par litre d'eau analysée est obtenu par pesée différentielle .

15. DOSAGE DES METAUX LOURDS PAR SPECTROMETRIE D'EMISSION A PLASMA

A COUPLAGE INDUCTIF (ICP) . (33) , (34)

La spectrométrie d'émission à plasma à couplage inductif , une technique récente , offre des possibilités d'analyse très étendues associées à une sensibilité élevée et une linéarité sur une très large gamme de concentrations .

cuve de 1 cm . Construire la courbe d'étalonnage .

Mode opératoire

Introduire 20 ml d'eau à analyser filtrée et neutralisée dans une fiole de 100 ml. Ajouter 4 ml de molybdate et 0,5 ml de réducteur , agiter et compléter le volume à 100 ml avec l'eau distillée . Attendre 10-12 minutes puis effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 660 nm en cuve de 1 cm . Tenir compte de la valeur lue pour le témoin . Se reporter à la courbe d'étalonnage .

Expression des résultats

Pour une prise de 20 ml , la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en PO_4^{3-} ou en phosphore exprimée en mg/l d'eau .

13.- DOSAGE DE LA SILICE PAR COLORIMETRIE (28)

Principe

L'anhydride silicique donne avec le molybdate d'ammonium à pH 1,2 , une coloration jaune due à l'acide silico-molybdique ; celui-ci peut être réduit en anhydride silico-molybdique de coloration bleue .

Réactifs

- Acide chlorydrique : (1+1) .
- Réactif molybdate d'ammonium à 10 % .
- Acide oxalique à 10 % .
- Solution-étalon de silice : dissoudre 10 mg/l de $Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$ dans de l'eau distillée .

Mode opératoire

Preparer 5 ou 6 étalons contenant entre 0,5 et 10 mg/l de silice par dilution de la solution-étalon de silice .

Traiter les étalons , les deux échantillons inconnus et le témoin (eau distillée) selon le procédé suivant : verser 50 ml d'échantillon dans un erlen-meyer . Ajouter successivement 1 ml d'HCl (1+1) et 2 ml de réactif molybdate . Mélanger . Laisser reposer 6 ou 7 minutes . ~~ajouter~~ Ajouter 1,5 ml d'acide oxalique . Mélanger . Laisser reposer un minimum de 2 minutes . Ne pas attendre plus de 15 minutes avant de mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 610 nm . Construire la courbe d'étalonnage .

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml , la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en silice , exprimée en milligramme de SiO_2 par litre d'eau .

14.- DOSAGE DES HUILES ET DES GRAISSES (32)

Principe

également à center et à stabiliser le plasma . L'échantillon liquide est injecté sous forme d'aérosol dans le canal axial de ce tore , comme le montre la figure , assurant ainsi de longs temps de permanence dans le milieu intérieur à haute température .

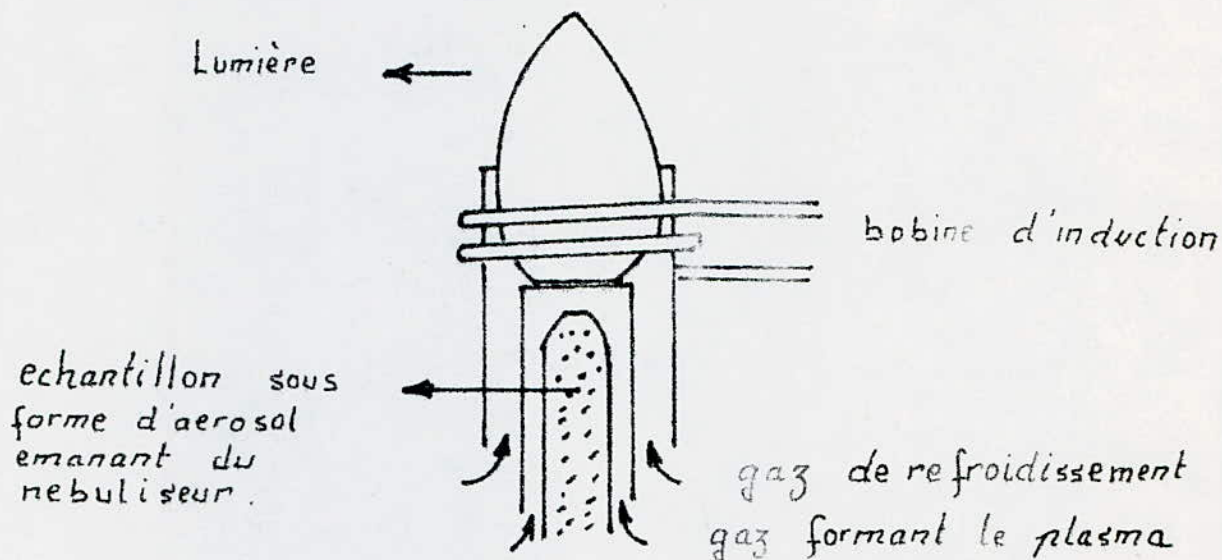


figure : torche à plasma à couplage inductif

III.- Conditions opératoires retenues pour le dosage des métaux lourds

Des conditions retenues pour le dosage des différents éléments sont résumées comme suit

Elément	Température (°C) et Limites de détection (ppm)	Longueur d'onde sélectionnée (nm)
Chrome Cr	0,005	284,3252
Plomb Pb	0,050	283,3059
Cuivre Cu	0,002	324,7540
Zinc Zn	0,050	213,8560
Manganèse Mn	0,002	279,4820
Cadmium Cd	0,010	228,8018
Fer Fe	0,005	374,5530

- 1.- Ministère de l'Hydraulique de l'Environnement et des Forêts ,
" Marais de REGHAIA - Plan d'action anti-pollution " ,
ALGER , (Mars 1985) .
- 2.- KETTAB (A.) ,
" Problématique de la lutte contre la pollution de la
zone industrielle ROUIBA-REGHAIA " , ALGER , (1986) .
- 3.- HUNKEN (K.H.) ,
" Traitement des eaux usées et des déchets solides " ,
Cours d'assainissement Urbain à l'Université des Sciences
et de Technique d'ALGER , 2^{eme} Ed. SNED , (1980) .
- 4.- SEGHOUANI (H.) , ALLAIA (L.) ,
" Contribution à l'Etude de la pollution engendrée par
l'ENAD : UII et son impact sur le lac de REGHAIA " ,
Thèse d'Ing d'Environnement , ENPA , (1986) .
- 5.- MERIEM (N.) ,
" Inventaire et dénombrement des oiseaux d'eau de marais
de REGHAIA " , Thèse d'Ing Agronome , INP , (1985) .
- 6.- CHEBLI (L.) ,
" Quelques aspects agronomiques de la pollution des
eaux du marais de REGHAIA " , Thèse d'Ing Agronome ,
INA , (1979) .
- 7.- Institut National de Recherches en Hydraulique (I.N.R.H.) ,
" Etude de la pollution de la zone ROUIBA-REGHAIA " ,
Laboratoire chimie des eaux , ALGER .
- 8.- BOUTRIA (S.) ,
" Contribution à l'étude de la pollution de la zone
industrielle ROUIBA-REGHAIA : cas de la Mégisserie
de ROUIBA " , Thèse d'Ing d'Environnement , ENPA ,
(1986) .
- 9.- TAZEROUT (R.) , MAROUF (Z.) ,
" Contribution à l'étude des eaux du lac de REGHAIA en
vue de leur utilisation en Agriculture " , Thèse d'Ing
d'Environnement , ENPA , (1987) .

- 10.- BELKACEMI (M.) , BOUCHENE (F.Z.) ,
" Quantification à l'amélioration du suivi du rejet du milieu CVI ROUIBA - Méthodologie de prélèvement et de contrôle périodique " , Thèse d'Ing d'Environnement , (ENPA) , (1987) .
- 11.- LOUNESS (T.) ,
" Contribution à l'analyse quantitative de certains métaux lourds contenus dans les vases et les eaux de l'Oued et du lac de REGHAIA " , Thèse d'Ing d'Environnement , ENPA , (1988) .
- 12.- KHAZNADJI (M.) , ASSAM (M.) ,
" Essai de traitement biologique sur une station d'épuration de Laboratoire " , Thèse d'Ing d'Environnement , ENPA , (1987) .
- 13.- ALOV (A.) , FOLACHIER (A.) , VULLIERMENT (B.) ,
" Tannery and pollution " , Ed. CTC , FRANCE , (1976) .
- 14.- O.C.D.E. ,
" Epuration des eaux résiduaires mixtes urbaines et industrielles en République Fédérale d'Allemagne " , Paris , (1966) .
- 15.- WEINER (R.) ,
" Epuration des eaux résiduaires dans la transformation et la galvanisation des métaux " , Ed. Eyrolles , PARIS , (1975) .
- 16.- BECHAUX (J.) ,
" Mémento technique de l'eau " , Technique et Documentation Société DEGREMONT , PARIS , (1978) .
- 17.- ROQUES (H.) ,
" Fondements théoriques du traitement biologique des eaux, Vol. I , Technique et Documentation , Ed. Lavoisier , PARIS , (1980) .
- 18.- MEINCK (F.) , STOOF (H.) , KOULSCHUTTER (H.) ,
" Les eaux résiduaires industrielles " , Ed. Masson , PARIS , New York , BARCELONE , MILAN , (1977) .
- 19.- BECHAC (J.P.) , BOUTIN (P.) , MERCIER (B.) , NUER (P.)
" Traitement des eaux usées " , Ed. Eyrolles , PARIS , (1984) .

- 20.- RODIER (J.) ,
" L'analyse de l'eau : Eaux naturelles , eaux résiduaires ,
eaux de mer " , Ed. DUNOD , PARIS , (1978) .
- 21.- LARPENT (J.P.) , LARPENT (G.M.) ,
" Eléments de microbiologie " , Collection Enseignement
des Sciences , Ed. Hermann , PARIS , (1985) .
- 22.- GAID (A.) ,
" Epuration biologique des eaux usées urbaines " , Vol. I,
Ed. OPU , ALGER , (1984) .
- 23.- ECKENFELDER (W.W.) ,
" Gestion des eaux usées urbaines et industrielles " ,
Technique et Documentation , Ed. Lavoisier , PARIS ,
(1982) .
- 24.- BROUZES (P.) ,
" Précis d'épuration biologique " , Ed. DUNOD , PARIS ,
(1973) .
- 25.- MARTIN (G.) ,
" Point sur l'épuration biologique et le traitement des
eaux usées " , Vol. I , PARIS , (1972) .
- 26.- GOMELLA (C.) , GUERRE (H.) ,
" Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et
rurales " , Vol. 2 , Le traitement , Ed. Eyrolles ,
PARIS , (1983) .
- 27.- RAMADE (F.) ,
" Ecotoxicologie " , Ed. Masson , PARIS , New York ,
BARCELONE , MILAN , (1979) .
- 28.- MONIQUE (T.H.) , BEAUDRY (J.P.) ,
" Chimie des eaux " , Les Editions le Griffon d'Argile
Inc , BRUXELLES , GENEVE , PARIS , (1984) .
- 29.- DOWGIALLO (A.) ,
" Simplified photometric methods of determination of
ammonia and Kjeldahl nitrogen in biological materials " ,
Pol Arch hydrobiol , POLOND , (1984) .
- 30.- LEITHE (W.) ,
" Détermination comparée de la demande chimique et
biochimique en oxygène ainsi que la consommation de
permanganate de potassium dans l'eau potable et les
eaux de surface " , Annuaire , Tome 38 , p. 119 - 127 ,
(1971) .

- 31.- AUDIGIE (CL.) , FIGARELLA (J.) , BONSZAN (F.)
" Manipulations d'analyse biochimique " , Ed. DOIN ,
PARIS, (1984) .
- 32.- PRABIKWOSKI (W.) , DOMINAS (H.) , MARROWSKA (M.) ,
" Lipid pattern of rebbit sceletat muscle ,Act of
biochimical " , POLOND , (1966) .
- 33.- R.BELABBES , R.KERBACHI ,
" Spectraanalyse d'emmission par plasma inductif (ICP) "
Travaux pratiques de techniques d'analyse , ENPA ,
(1986 - 1987) .
- 34.- Handbook of chemistry , LANGE , revised Tenth edition ,
Mc. GRAW - HILL , (1967) .

