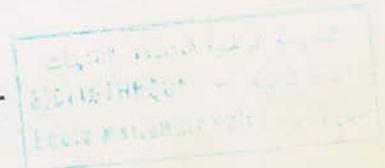


وزارة التعليم والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

2Ex

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



PROJET DE FIN D'ÉTUDES

EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME D'INGÉNIEUR D'ÉTAT

S U J E T

ESSAIS DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE
SUR UNE STATION D'ÉPURATION
DE LABORATOIRE

Proposé par :

L'ENP

Étudié par :

ASSAM.M

KHAZNADJI.M

Dirigé par :

Mr. DOWGIALLO

Mlle. ZOUGHLACHE

Mme. MADEVA

PROMOTION :

JUIN 1987

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

S U J E T

ESSAIS DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE
SUR UNE STATION D'EPURATION
DE LABORATOIRE

Proposé par :

L'ENP

Etudié par :

ASSAM.M

KHAZNADJI.M

Dirigé par :

Mr. DOWGIALLO

Mlle. ZOUGHLACHE

Mme. MADEVA

PROMOTION : JUIN 1987

DEDICACES

A mon Père

A ma Mère

A mon frère et à mes soeurs

A tous mes amis (es)

MAHMOUD .

A la mémoire de mon regretté Père

A ma Mère

A mes frères et soeurs

A toute ma famille

MOKRANE .

R E M E R C I E M E N T S

Qu'il nous soit permis de traduire ici toute notre reconnaissance à nos promoteurs : Dr A. DOWGIALLO, Mme MADEVA et Mlle ZOUCHLACHE. Avec nos plus grands remerciements.

Nous ne saurons oublier de remercier également :

- Monsieur KAOUA Omar, Docteur-Ingénieur à la Centrale Electrique Thermique d'Alger-Port pour son aide morale et matérielle ;
- Monsieur HAOUCHINE KHEIR-EDDINE, enseignant à l'institut de chimie de l'U.S.T.H.B ;
- Mlle ABSI et Mr BOUAMOUD Khaled, enseignants au département du génie chimique de l'E.N.P ;
- Mlle ARRAR Djazia enseignante au département du génie de l'environnement ;
- Monsieur YAICI Madani enseignant au C.F.P de ZGHARA (notre DAME).
- Monsieur RABHI et Monsieur TABET de l'I.N.R.H.
- Monsieur AZZOUG Akli "p'tit" étudiant au département du génie hydraulique à l'E.N.P.
- Melle Nacéra Systèmes.
- A tous nos enseignants.
- A tous nos amis (es) du semestre neuf en génie sanitaire en particulier : BELAID, BOUDJELLALI, KADI, AZZOUZ ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidé et dont nous ne pouvons malheureusement citer les noms.

S O M M A I R E



- I - INTRODUCTION.
- II - BUT DE L'ETUDE.

PARTIE THEORIQUE

- III - LES EAUX USEES.
 - III - 1 - DEFINITION.
 - III - 2 - ORIGINES DES POLLUTIONS.
 - III - 2.1 - EFFLUENTS URBAINS.
 - III - 2.1.1 - EAUX DE RUISSELLEMENT.
 - III - 2.1.2 - EFFLUENTS DOMESTIQUES.
 - III - 2.1.3 - EAUX RESIDUAIRES RESULTANT D'ACTIVITES ARTISANALES OU INDUSTRIELLES.
 - III - 2.2 - EFFLUENTS INDUSTRIELS.
 - III - 2.3 - POLLUTION D'ORIGINE AGRICOLE.
- IV - EVALUATION DE LA POLLUTION.
 - IV - 1 - PARAMETRES PHYSIQUES.
 - IV - 1.1 - LA COULEUR.
 - IV - 1.2 - LA TEMPERATURE.
 - IV - 2 - PARAMETRES ORGANIQUES.
 - IV - 2.1 - LES MATIERES EN SUSPENSION (MES).
 - IV - 2.2. - LES MATIERES VOLATILES EN SUSPENSION (MVS).
 - IV - 2.3 - LES MATIERES MINERALES - MATIERES SECHES TOTALES.
 - IV - 2.4 - LES MATIERES DECANTABLES ET NON DECANTABLES.
 - IV - 3 - PARAMETRES CHIMIQUES.
 - IV - 3.1 - LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO).
 - IV - 3.2 - LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO).

.../...

.....

IV - 4 - LES NUTRIMENTS.

IV - 4.1 - L'AZOTE.

IV - 4.2 - LE PHOSPHORE.

IV - 5 - LES PARAMETRES BIOLOGIQUES.

IV - 5.1 - LES MICRO-ORGANISMES.

IV - 5.2 - CROISSANCE DES MICRO-ORGANISMES DANS UN MILIEU NON RENOUVELE (DISCONTINU).

IV - 5.2.1 - LE TEMPS DE GENERATION.

IV - 5.2.2 - LE TAUX DE CROISSANCE.

IV - 5.2.3 - LA COURBE DE CROISSANCE.

IV - 5.2.4 - FACTEURS INFLUANT LA CROISSANCE.

IV - 5.3 - LES MICRO- ORGANISMES DE L'EPURATION.

IV - 5.4 - L'INHIBITION DES MICRO-ORGANISMES PAR DES AGENTS TOXIQUES.

IV - 5.4.1 - MODES D'ACTION DES TOXIQUES ET INHIBITEURS.

IV - 5.4.2 - MESURE DE L'EFFET INHIBITEUR DES TOXIQUES.

IV - 5.4.3 - SEUILS DE TOXICITE DE SUBSTANCES TOXIQUES EN EPURATION BIOLOGIQUE.

IV - 5.4.4 - MELANGE DES TOXIQUES.

IV - 5.5 - ADAPTATION DES MICRO-ORGANISMES A UN MILIEU.

V - EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES MIXTES URBAINES ET INDUSTRIELLES.

V - 1 - INFLUENCE DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES SUR L'EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX RESIDUAIRES MIXTES URBAINES.

V - 1.1 - TENEUR NECESSAIRE DES EAUX RESIDUAIRES MIXTES EN SUBSTANCES NUTRITIVES.

V - 1.2 - ELEVATION DE LA TEMPERATURE DES EAUX RESIDUAIRES MIXTES PAR DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES.

V - 1.3 - INFLUENCE DE LA MODIFICATION DU PH DES EAUX MIXTES PAR DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES.

V - 1.4 - ACTION DES SUBSTANCES TOXIQUES DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES SUR L'EPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX RESIDUAIRES MIXTES.

V - 5 - INFLUENCE DES DETERGENTS.

VI - L'EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES.

VI - 1 - EPURATION PRIMAIRES - PRETRAITEMENTS PHYSIQUES.

VI - 1.1 - DEGRILLAGE.

VI - 1.2 - DESHUIILLAGE.

VI - 1.3 - DESSABLAGE.

VI - 1.4 - DECANTATION PRIMAIRE.

VI - 2 - EPURATION SECONDAIRE.

VI - 2.1 - EPURATION BIOLOGIQUE.

VI - 2.2 - PRINCIPE DE L'EPURATION BIOLOGIQUE.

VI - 2.3 - MECANISME DE L'EPURATION BIOLOGIQUE.

VII - DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES DU DOMAINE D'ETUDE (ZÔNE ROUI-BA - REGHAIA).

PARTIE EXPERIMENTALE

I - ANALYSES.

I - 1 - LES HYPOTHESES DE DEPART.

I - 2 - APPAREILLAGE UTILISE.

I - 3 - LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS.

I - 3.1 - MODES DE PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS ET D'ANALYSES.

I - 4 - PREMIERE CAMPAGNE.

I - 4.1 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

I - 4.2 - REMARQUES CONCERNANT LA PREMIERE CAMPAGNE.

I - 4.3 - REFORMULATION DES HYPOTHESES.

I - 5 - DEUXIEME CAMPAGNE.

I - 5.1 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

I - 6 - TROISIEME CAMPAGNE.

I - 6.1 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

I - 7 - QUATRIEME CAMPAGNE.

I - 7.1 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

I - 8 - CINQUIEME ET DERNIERE CAMPAGNE.

I - 8.1 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

II - CONCLUSION GENERALES

III - MESURES A PRENDRE PAR LES UNITES INDUSTRIELLES AVANT DE REJECTER LES EAUX RESIDUAIRES DANS LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT URBAIN.

I - INTRODUCTION :

L'être humain est contraint d'évoluer dans un milieu où, de plus en plus, il se trouve exposé en permanence à des risques de contamination pouvant résulter de pollutions nombreuses et diverses. Ces pollutions appartiennent à l'une ou à l'autre des deux catégories ci-dessous, à savoir :

- Les pollutions biologiques :

dont la manifestation se caractérise par la prolifération d'agents pathogènes favorisée par des résidus organiques en décomposition. Les pollutions de cette espèce ont existé de tous les temps, mais elles sont devenues particulièrement inquiétantes au cours des dernières décades du fait de l'écart de plus en plus grand qui se creuse d'une part entre leur développement en relation directe avec l'accroissement des populations, leur concentration dans les villes et l'évolution de leur mode de vie, et d'autre part le développement à un rythme beaucoup plus lent des moyens mis en oeuvre pour les neutraliser.

- Les pollutions physiques et chimiques :

celles ci constituant l'envers de la médaille en ce qui concerne le développement et le perfectionnement des techniques scientifiques et industrielles.

Si, bien souvent, les éléments polluants ne sont nuisibles qu'en raison de leur caractère encombrant et inesthétique, il arrive parfois qu'ils soient toxiques, parfois même radioactifs à telle enseigne que leur rejet dans l'environnement constitue pour l'homme et pour les animaux un danger qui justifie des mesures appropriées.

Tout cela a été donc la conséquence directe du fait que la majeure partie des activités humaines utilise l'eau comme moyen d'entraînement d'éléments indésirables ou irrécupérables. Les ^{eaux} résiduelles et industrielles, séparées ou en mélange, contiennent de nombreuses matières qui représentent à des titres divers, selon les qualités mises en jeu, des dangers de diverses nature pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. L'élimination de tout ou une partie des différents éléments constitutifs des eaux résiduelles est composée par

.....

par la limitation des risques nuisants associés à l'évacuation de ces éléments vers ces milieux récepteurs diluants.

II - BUT DE L'ETUDE :

Notre étude entre dans le cadre de l'assainissement de l'Oued Réghaia, transformé en un véritable égout à ciel ouvert, par les rejets de la zone industrielle et des différentes Z.U.H.N de la ville de Réghaia et ses alentours. Les traitements d'épuration biologique connaissant actuellement une vogue parfaitement justifiée par leur grande efficacité, il nous a été proposé d'étudier la traitabilité biologique de ces rejets au laboratoire.

Pour cela, différentes prises d'échantillons d'eaux usées domestiques et industrielles de la région furent effectuées afin de suivre leur épuration, par le biais d'une aération continue à travers les principaux paramètres caractérisant la pollution, tels que les matières en suspension, DCO, DBO, ainsi qu'une évaluation et identification de la microflore. L'intérêt pratique de notre étude est, bien entendu, la mise en évidence de la possibilité d'appliquer un traitement biologique aux eaux résiduaires mixtes urbaines et industrielles qui se déversent dans l'oued Réghaia et qui se traduira par :

d'une part un avantage économique considérable, vu que ce mode de traitement est nettement moins onéreux et beaucoup plus efficace que les méthodes physico-chimiques, et d'autre part, du point de vue écologique, la ville de Réghaia "récupérera" sa rivière, son magnifique bois d'eucalyptus et ses habitants retrouveront leur loisir préféré :

LA PÊCHE.

=====

{ P A R T I E T H E O R I Q U E }

=====

III - LES EAUX USEES :

III - 1 - Définition d'une eau usée :

D'une manière générale, une eau usée est une eau dont le déversement a pour effet de provoquer ou d'augmenter la pollution du milieu récepteur dans lequel elle est rejetée.(1)

III - 2 - Origine des pollutions :

Suivant leur origine, trois types de pollution peuvent être mis en évidence pour les eaux de surface, qui, pour leur part, représentent le principal milieu récepteur.(2)

III - 2.1 - Effluents Urbains :

Ces effluents ont eux-mêmes trois origines possibles ;

III - 2.1.1 - Eaux de ruissellement :

Constituées essentiellement d'eaux de pluies et de lavage des chaussées, elles sont caractérisées par des débits extrêmement variables. Les polluants sont en grande majorité des matières en suspension d'origine minérale, des hydrocarbures provenant de la circulation automobile ainsi que pour les eaux de pluies, des polluants de l'atmosphère (poussières, SO_2 ou SO_3 , composés organiques du plomb) et les détergents pour les eaux de lavage.

Dans les grandes villes, ces eaux peuvent être rassemblées par un réseau d'égout pluvial distinct du réseau des eaux domestiques. On parlera alors de réseau séparatif. Les stations d'épuration ne seront pas ainsi perturbées par les grands débits de pointes engendrés par des

.../...

pluies abondantes, alors qu'en cas de sécheresse, la charge organique et les temps de séjour dans les bacs de traitement biologique diminueront considérablement.

D'une manière générale le traitement des eaux issues d'un réseau d'égout pluvial se limite à l'élimination des matières en suspension par dégrillage et décantation.

Si les eaux de ruissellement rejoignent le réseau des eaux domestiques, nous avons dans ce cas un réseau unitaire.

III - 2.1.2 - EFFLUENTS DOMESTIQUES :

Qu'elles soient de cuisines, de buanderies et salles de bains ou de vannes, les eaux résiduaires d'origine domestique comportent une grande variété de matières organiques ou minérales, dans divers états physiques et chimiques. Par ailleurs elles sont très riches en micro-organismes dont certains jouent un rôle prépondérant dans les processus d'épuration biologique alors que d'autres sont pathogènes et inutiles sur le plan du traitement.

III - 2.1.3 - EAUX RESIDUAIRES RESULTANT D'ACTIVITES ARTISANALES OU INDUSTRIELLES :

Ces eaux, du fait de leur aboutissement fréquent dans le réseau d'égout des villes, constituent une gêne considérable sur le plan du traitement des effluents urbains toujours effectué par voie biologique car ils sont susceptibles d'apporter :

- des toxiques ou inhibiteurs de la micro-flore active ;
- des quantités importantes de détergents ;
- des produits non ou faiblement biodégradables ;
- des produits à réaction acide ou basique marquée

.....

III - 2.2 - EFFLUENTS INDUSTRIELS :

Les caractéristiques des eaux résiduaires diffèrent considérablement d'une branche industrielle à une autre. Même les eaux provenant d'entreprises du même genre peuvent présenter des différences de composition importantes, car cette composition dépend des produits qui sont fabriqués, des procédés de fabrication utilisés et de la mesure dans laquelle l'eau utilisée dans l'entreprises y est récupérée et réutilisée. La multiplicité des types d'industrie se manifeste par la multiplicité de la composition de leurs eaux résiduaires.

On classe ordinairement les eaux résiduaires industrielles de la manière suivante :

A) Eaux résiduaires contenant principalement des constituants inorganiques.

- *Mines et installations de traitement de minières
- *Industries transformatrices du fer et autres métaux ;
- *Industries chimiques ;
- *Industries des silicates et de l'alumine.

B) Eaux résiduaires comprenant les constituants principalement organiques :

- *Industries alimentaires ;
- *Entreprises de transformations des déchets des plantes et des animaux ;
- *Industries de traitement des combustibles.

C) Eaux résiduaires comprenant des constituants en partie inorganiques et en partie organiques :

- *Industries de la cellulose et du papier ;
- *Industries textiles ;
- *Fabriques de cuir, de colle et de gélatine ;
- *Fabriques de matières plastiques ;
- *Industries de la photographie et du cinéma.

.../...

III - 2.3 - POLLUTION D'ORIGINE AGRICOLE :

Ce type de pollution concerne deux (02) groupes de composés :

Les pesticides et les engrais dont les effets se répercutent essentiellement sur les eaux de ruissellement qui les véhiculent.

Le caractère de cette pollution est en majeure partie chimique et toxique à effets cumulatifs.

IV - EVALUATION DE LA POLLUTION :

Cette évaluation consiste à identifier les composés présents dans l'eau. Le potentiel de pollution de l'effluent sera apprécié par une série de mesures de caractère très global, cherchant à traduire avec plus ou moins de fidélité, les nuisances susceptibles d'être induites dans le milieu récepteur par le rejet de l'effluent.

IV - 1 - PARAMETRES PHYSIQUES :

IV - 1.1 - LA COULEUR : les effluents comportant des composés chimiques solubles dans l'eau présentant une coloration marquée (effluents de teinture par exemple).

- 1.2 - LA TEMPERATURE : souvent cette mesure est négligée. Cependant elle peut jouer un rôle très important dans le fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseurs) qui nécessite une température inférieure à 30°C (3). Si cette condition est vérifiée pour ce qui concerne les effluents domestiques, il peut être intéressant dans le cas d'effluents industriels particuliers, de ménager des temps de stockage suffisamment long pour abaisser la température à des valeurs compatibles avec une bonne élimination des matières grasses.

IV - 2 - PARAMETRES ORGANIQUES :

IV - 2.1 - MATIERES EN SUSPENSION (MES) :

.../...

Ce sont les matières en suspension et surnageantes non dissoutes dans l'eau, c'est-à-dire, non solubilisées ni colloïdales. Les matières en suspension comportent des matières organiques et des matières minérales. Toutes les matières en suspension ne sont pas décantables en particulier les colloïdes retenus par filtration. Les matières en suspension peuvent être mesurées par filtration d'un échantillon d'eau usée ou par centrifugation de celui-ci.

La teneur en matières en suspension est obtenue par séchage à 105°C d'un volume connu d'un échantillon.

IV - 2.2 - MATIERES VOLATILES EN SUSPENSION (MVS):

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination des MES (Résidu sec à 105°C) dans un four à 525°C pendant deux (02) heures "la perte au feu", différence entre les poids de ces 02 résidus correspond aux substances organiques ou MVS.

IV - 2.3 - MATIERES MINERALES-MATIERES SECHES :

Elles représentent le résidu des matières en suspension après calcination dans un four à 525 ± 25°C.

IV - 2.4 - MATIERES DECANTABLES ET NON DECANTABLES :

.../...

Les matières décantables représentent les matières en suspension séparables : Elles correspondent aux matières décantables sous des conditions fixées, leur qualité est indiquée sur le volume de la boue décantée en 2 heures dans une éprouvette graduée d'un volume de un (01) litre. Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant et qui peuvent donc être dirigées vers des procédés de traitement biologiques ou chimiques (3).

IV - 3 - PARAMETRES CHIMIQUES :

IV - 3.1- DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO) :

C'est une mesure indirecte des matières organiques contenues dans l'eau usée. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières, aux bactéries pour décomposer les matières organiques.

En général on parle de DBO_5 , qui exprime la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques pendant une période de 5 jours.

L'ouvrage de H. ROQUES (2) présente une méthode indirecte de mesure de la DBO d'après CATROUX et MORFAUX et qui est fondée sur le fait que le terme final de l'oxydation biologique ou chimique du carbone est le CO_2 , que l'on peut donc accélérer et achever chimiquement une oxydation qui a débuté par voie biologique ce qui revient à poser :

$$DBO_5 = DCO_0 - DCO_5$$

où DCO_0 est la DCO de l'effluent encé-
mencé au temps zéro et DCO_5 la DCO de
l'effluent ensémené et incubé 5 jours
à 20°C.

IV - 3.2 - DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO) :

C'est la quantité d'oxygène nécessaire
pour oxyder chimiquement (sans l'inter-
vention des micro-organismes) les ma-
tières organiques contenues dans l'ef-
fluent, indépendamment du fait qu'elles
soient ou non biodégradables.

Le principe consiste à mesurer l'oxygène emprunté à un oxydant pour porter les composants de l'effluent à leur valeur "normale". Lors de l'oxydation le problème sera d'utiliser un oxydant assez énergétique pour rompre certaines structures carbonnées très résistantes et qui cependant ne fasse pas dépasser aux halogènes le stade halogénure. L'oxydant choisis pour déterminer la DCO est le bichromate de potassium ($K_2 Cr_2 O_7$). La DCO s'exprime en mg/l

IV - 4 - LES NUTRIMENTS :

L'azote et le phosphore, sont des éléments chimiques responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques s'ils sont rejetés en grande quantité.

D'autre part, l'azote et le phosphore sont 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.

IV - 4.1 - L'azote :

L'azote existe dans les eaux usées sous toutes ses formes minérales NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et organiques, on peut le déterminer sous ses différentes formes. Les laboratoires modernes sont équipés de rampe de dosage de l'azote total permettant d'opérer en série sur plusieurs échantillons simultanément par la méthode de KJELDAHL ou une méthode variante basée sur la minéralisation de la matière organique par attaque d'acide à chaud en présence d'un catalyseur et dosage volumétrique de l'azote à l'état d'ammoniac à l'aide d'une liqueur titrée.

L'azote organique et ammoniacal exercent une demande biochimique en oxygène (DBO) importante lors de leur déversement dans les milieux récepteurs. Cette demande peut être aussi importante que la DBO carbonée des effluents urbains.

L'oxydation d'un (01) gramme d'azote amoniacal en azote nitrique exige 4,57g d' O_2 . Il convient de surveiller attentivement le déversement des différentes formes azotées pour diverses raisons :

- limiter le développement de la flore aquatique ;
- préparer une désinfection, par chloration (influence de la présence de NH_4^+) (3) ;
- limiter les risques pour la santé publique (méthémoglobinémie) du nourrisson du a un excès de nitrates.

.....

IV - 5 - LES PARAMETRES BIOLOGIQUES :

IV - 5.1 - LES MICRO-ORGANISMES.

On distingue dans le monde vivant :

- Les procaryotes ou protistes inférieurs, dotés de cellules rudimentaires c'est-à-dire dépourvus de véritables noyaux. Ils comprennent les algues bleues et bactéries ;

- Les eucaryotes ou protistes supérieurs, dotés de cellules parfaites.

Il comprennent tous les autres organismes unicellulaires tels que les protozoaires, fungi, certaines algues. (4).

Pour ce qui est des eaux proprement dit nous parlerons d'organismes Allochtones et d'organismes Autochtones.

Le premier groupe n'a aucune relation avec l'épuration biologique des eaux puisque vivant hors de celles-ci.

Le second groupe par contre vit, croit et se développe dans les eaux si les conditions favorable sont réunies.

Parmi les protistes, les bactéries jouent un rôle crucial dans les procédés de traitement et d'épuration mais cela n'y va pas sans causer - souvent - des répercussions négatives sur la santé publique par la présence de micro-organismes pathogènes.

Ces micro-organismes pathogènes peuvent être classés en quatre (04) groupes :

.../...

- Les bactéries pathogènes, essentiellement des Entérobactéries.
Exemple : Salmonelle ;
- Les virus ; Exemple : vérus polio ;
- Les parasites : Oeufs des vers (Taenia, Ascaris...) ;
- Les champignons qui pour leur part sont encore assez mal connus.

IV - 5.2 - CROISSANCE DES MICRO-ORGANISMES DANS UN MILIEU NON RENOUELE :

La croissance des micro-organismes se définit comme étant l'accroissement ordonné de tous les composants de l'organisme. Chez les micro-organismes unicellulaires, elle aboutit à une augmentation du nombre d'individus ; cet accroissement est donc synonyme de multiplication puisque toutes les 20 mn, une bactérie peut donner naissance à deux (02) nouvelles bactéries. La croissance peut être étudiée sur un milieu solide ou liquide.

Si une cellule bactérienne isolée est placée dans un milieu nutritif favorable et des conditions adéquates, elle va par des divisions successives engendrer une population microbienne.

Une population microbienne se définit par deux grandeurs fondamentalement distinctes qui sont d'une part, la densité microbienne ou la masse microbienne et d'autre part la concentration cellulaire, exprimées toutes deux par unité de volume. La croissance constituera l'accroissement de ces deux grandeurs.

La croissance d'une bactérie placée dans des conditions idéales de culture peut être définie par deux constantes :

- le temps de génération ;
- le taux de croissance.

V -5.2.1 - Le temps de génération :

C'est l'intervalle de temps entre deux divisions successives, ou celui nécessaire au doublement de la population. Il est donné par la formule :

$$G = \frac{t}{n}$$

où t représente le temps
n représente le nombre de divisions (5).

IV - 5.2.2 - Le taux de croissance :

Le taux de croissance défini comme étant le nombre de divisions par unité de temps ; (5)

$$u = \frac{n}{t}$$

où n = nombre de divisions.
t = temps.

V - 5.2.3 - La courbe de croissance :

On distingue quatre (04) phases principales représentées par la figure (1).

1ère phase : "phase de latence ou d'adaptation".

Le taux de croissance est nul.

2ème phase : "phase exponentielle ou logarithmique".

- A) phase d'accélération du taux de croissance ;
- B) phase de croissance à taux constant ;
- C) phase de ralentissement du taux de croissance.

3ème phase : "phase maximale ou stationnaire" . u n'augmente plus. Toutefois l'activité enzymatique subsiste.

4ème phase : "phase de déclin".

Le taux de croissance devenu négatif augmente en valeur absolue (A), puis demeure négatif (B), pour ensuite diminuer en valeur absolue (C).

En règle générale, lorsque le milieu convenable est ensemencé avec une quantité de culture microbienne, on observe un développement immédiat, il faut normalement attendre 2 à 3 heures, pour constater un trouble visible. On peut observer la phase de latence pour tous les micro-organismes, bactéries, levures, champignons. Les facteurs qui interviennent dans la phase de latence sont l'âge des bactéries inoculées, c'est ainsi que lorsque des cellules jeunes de quelques heures sont introduites dans un milieu neuf,

Cette phase peut être extrêmement courte, elle est au contraire prolongée avec des bactéries provenant d'une culture en phase de déclin.

Le deuxième facteur est l'adaptation des bactéries au milieu.

LORS DE LA PHASE EXPONENTIELLE les bactéries vont se multiplier sans entrave. Le taux de croissance est maximal et constant. Le temps de génération est par contre minimal. Les conditions d'environnement tels que la température, le P.H, la nature et la concentration des aliments peuvent exercer une influence sur cette phase.

Le milieu devient ensuite de moins en moins favorable à la croissance : c'est la PHASE STATIONNAIRE. Le nombre de cellules viables reste constant, il peut correspondre à un équilibre entre le nombre de cellules provenant de la multiplication et le nombre de cellules qui disparaissent par autolyse.

Enfin au cours de la PHASE DE DECLIN, les bactéries ne se divisent pas. Beaucoup d'entre elles meurt et sont lysées par les enzymes qu'elles libèrent.

V - 5.2.4 - LES FACTEURS INFLUANT SUR LA CROISSANCE DES MICRO-ORGANISMES :

Les facteurs les plus importants qui influent sur la croissance sont :

la température, le p.H, la nature du substrat.

Chaque micro-organisme exige une température déterminée pour sa croissance optimale.

La température de croissance optimale est de l'ordre de 35°C pour un grand nombre de bactéries, et de 28°C pour les champignons et les levures.

.../...

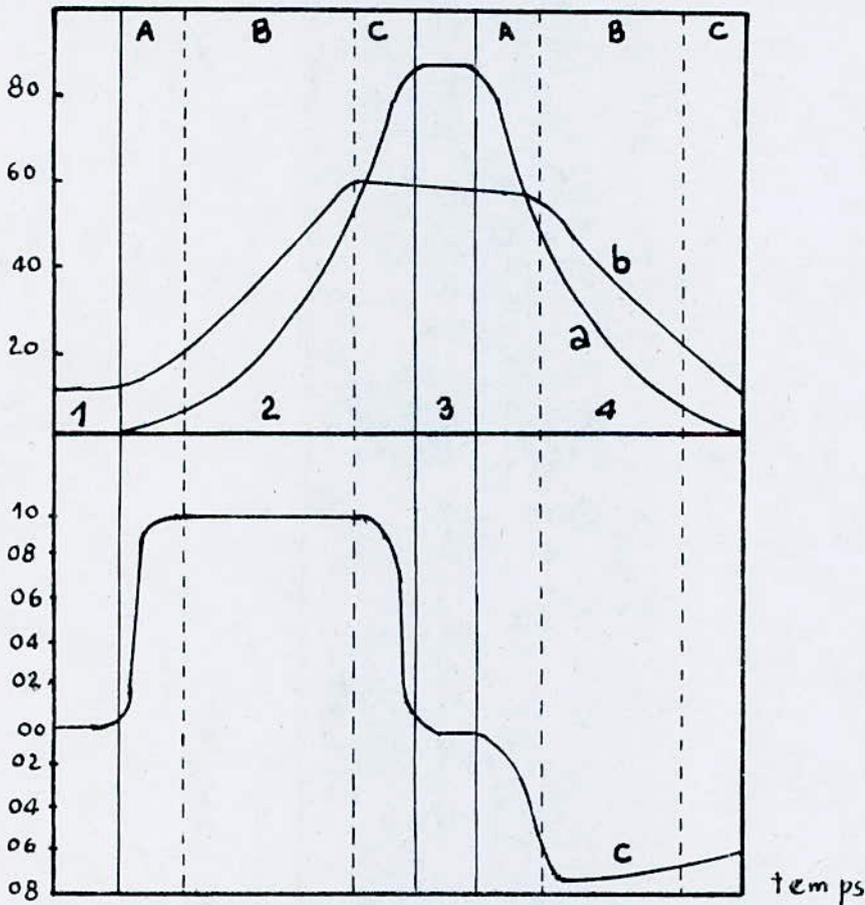
.....

Chaque micro-organisme exige encore pour sa croissance un P.H déterminé variant entre 4 et 8. Les bactéries poussent mieux dans un p.H = 7 (milieu neutre), les champignons préfèrent un p.H de 4,5.

Fig (1) les courbes de croissance en milieu non renouvelé et ses phases :

- a) en coordonnées ordinaires ;
- b) en coordonnées semi-logarithmiques ;
- c) taux de croissance.

Source : J.P. LARPENT 1985. (6)



IV - 5.3 - MICRO-ORGANISMES DE L'EPURATION :

Les micro-organismes qui participent à l'épuration ne sont pas les germes d'origine fécale (ou Entérobactéries) telles que : E.Coli, Coliformes ou stréptocoques fécaux qui trouvent en ces eaux un milieu hostile à leurs exigences métaboliques, à savoir une grande dilution et une température trop basse par rapport aux 37°C du tube digestif de l'homme et des mammifères.

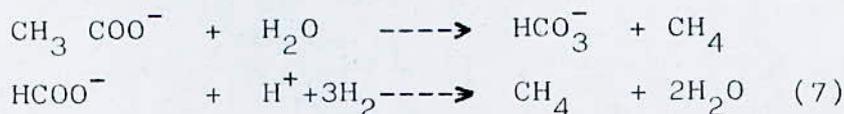
- LES HETEROTROPHES :

Le groupe le plus intéressant-de par sa fonction - pour le génie sanitaire est celui des organismes hétérotrophes, qui tirent leur substance de l'oxydation des matières organiques préexistantes dont voici quelques exemples :

- Metabolisme Aérobie :



- Métabolisme Anaérobie :



Pour tous ces organismes hétérotrophes, la matière organique est à la fois source de carbone et source d'Énergie. Mais il y a aussi un autre groupe d'organismes important, celui des autotrophes, parmi lesquels au distingue :

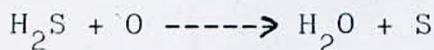
- *les phototrophes :

ce sont les micro-organismes qui utilisent, l'énergie lumineuse par synthétiser leur matière organique à partir du CO₂.

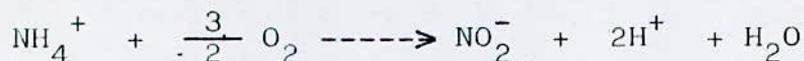
- *les chimiotrophes :

ce type de bactéries oxydent diverses substances inorganiques et utilisent l'énergie ainsi libérée pour synthétiser ensuite la matière organique à partir de CO₂ qui est leur source de carbone.

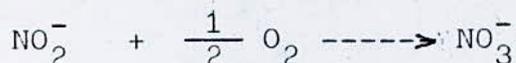
- *Les bactéries sulfureuses ou sulfobactéries : font passer le soufre de l'état de S^{-2} à S^{+6} :



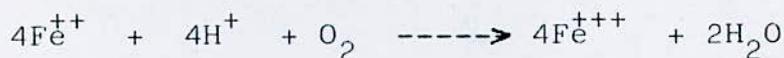
- *Nitrosomonas : de N^{-3} à N^{+3}



- *Nitrobacter : de N^{+3} à N^{+5}



- *Ferrobactéries :



A partir de toutes ces réactions nous pouvons donc affirmer que les organismes autotrophes ne sont pas des décomposeurs. Différents tests et essais ont pu mettre en évidence l'implication des bactéries hétérotrophes dans le phénomène d'épuration. C'est ainsi que Walker et Leclerc (1973) ont montré que les bactéries aérobies hétérotrophes gram négatif, dans l'eau des étangs d'oxydation, étaient dominantes et largement représentées par les genres Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium.

De même que lors de la filtration des eaux au travers de supports (charbon, argile, matières plastiques,...) une population de micro-organismes colonise peu à peu la surface disponibles. Elle est composée principalement de bactéries de genre Zoogloea, pseudomonas, Achromobacter, Alcaligenes et Flavobacterium. (4)

V - 5.4 - L'INHIBITION DES MICRO-ORGANISMES PAR DES AGENTS TOXIQUES :

Certaines substances toxiques se trouvant en composition avec une eau résiduaire, entravent les processus d'épuration biologique par leurs effets inhibiteurs sur les micro-organismes qui y entrent en jeu.

C'est le cas notamment de la plupart des métaux lourds, des détergents et d'un certain nombres d'anions.

L'effet d'inhibition se répercute directement sur l'activité enzymatique des bactéries, Il existe d'après F.EDELIN les inhibitions :

- a) par excès de substrat ;
- b) compétitive ;
- c) non compétitive.

a) Inhibition par excès de substrat :

Elle a lieu quand, en présence d'un excès de substrat (S), le complexe Enzyme - substrat (ES) se combine avec une 2ème mole de (S) pour former un composé inactif.

Exemple : un excès d'acide acétique bloque la fermentation méthanique de celui-ci.

b) Inhibition compétitive :

Comme son nom l'indique cette inhibition a lieu quand une autre substance (I) que (S) est présente, elle entre de ce fait en compétition avec (S) et peut former un complexe stérile avec (E). Toutefois cette inhibition diminue quand (S) augmente. C'est le cas par exemple de l'acide malonique: $(\text{COOH}_2) - \text{CH}_2$ qui bloque la déshydrogénation de l'acide succinique en acide fumarique.

c) Inhibition non compétitive :

dans ce cas l'inhibiteur (I) forme un composé stérile aussi facilement avec (E) qu'avec (ES), de sorte que l'inhibition ne diminue plus quand (S) augmente, mais dépend uniquement de (I).

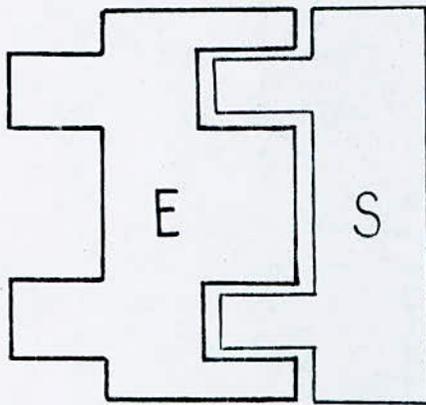
C'est ainsi que certains auteurs HARTMANN et LAUBEGER en reperant l'activité Enzymatique par la vitesse de consommation d'oxygène, ont pu montrer que le cuivre conduisait à un modèle d'inhibition Enzymatique non compétitive.

Il faut noter que les diverses inhibitions ne sont pas nécessairement des phénomènes nuisibles.

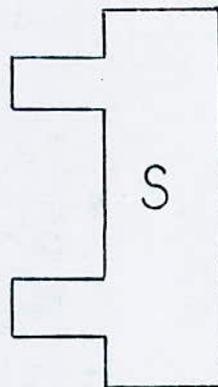
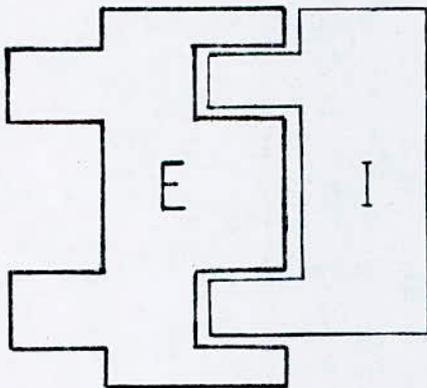
Une activité enzymatique spécifique doit exister à un moment opportun puis disparaître dès qu'elle n'est plus nécessaire, c'est le cas par exemple où un enzyme est activé par son substrat puis reprimé par son produit.

- Représentation imagée des différents types d'inhibition enzymatique.

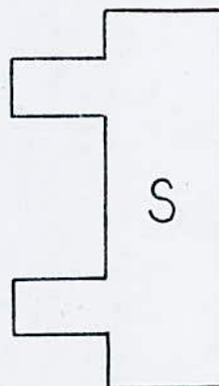
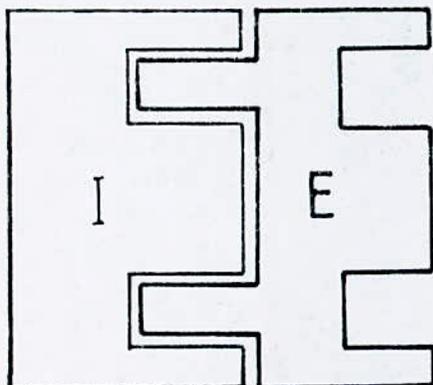
(d'après HARTMANN et LAUBENBERGER). Source F.EDELIN (7)
Figure (-2)



Pas d'inhibition



Inhibition
Compétitive



Inhibition non
compétitive

IV-5-4-1 - Modes d'action des toxiques et inhibiteurs :

On admet généralement que les inhibiteurs agissent :

- Soit en se fixant sur certains sites enzymatiques dont ils bloquent le fonctionnement.
- Soit en dénaturant les enzymes par modification de leur conformation.
- Soit en altérant la perméabilité des membranes cellulaires. Ces modifications ont pour effet de perturber l'équilibre ionique entre le milieu de culture et le cytoplasme.

-4-2 MESURE DE L'EFFET INHIBITEUR DES TOXIQUES :

La méthode de OFFHAUS, décrite dans l'ouvrage de H. ROQUES,(2) permet d'estimer l'effet inhibiteur qui peut résulter de la présence de certains toxiques sur le développement d'une culture. Elle consiste à comparer :

- 1) la courbe de D.B.O de l'eau brute, relevée sur un respiromètre permettant une lecture continue.
- 2) la courbe de D.B.O d'une solution de peptone à la concentration C.
- 3) la courbe de D.B.O de l'eau à traiter additionnée de peptone pour réaliser la même concentration C.

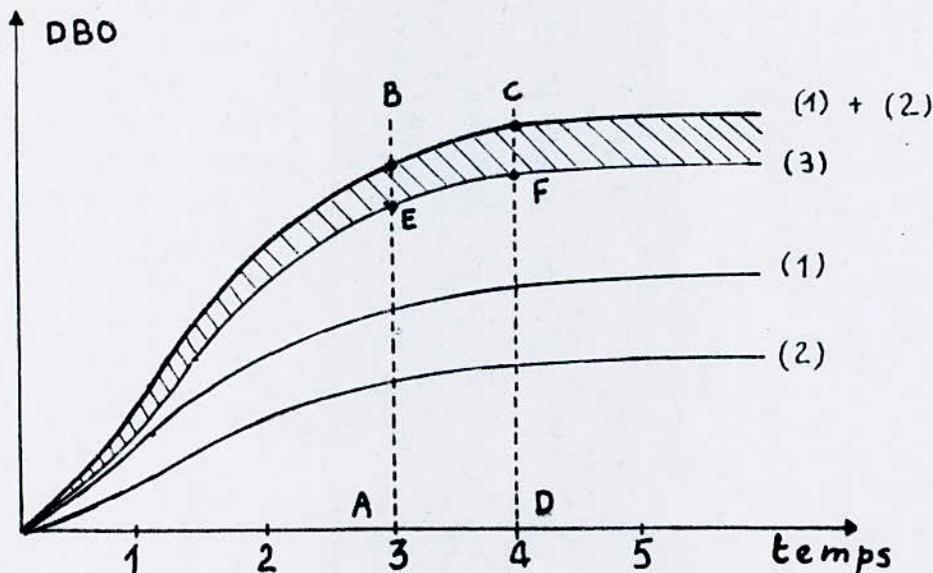
Les courbes obtenues se représentent comme en figure (3) : En l'absence de substance inhibitrice ou toxique, la courbe (3) doit coïncider avec la somme des courbes (1) et (2). S'il n'en est pas ainsi, l'aire hachurée donne une mesure de l'effet inhibiteur. L'auteur définit un pourcentage d'inhibition selon :

$$\% \text{ inhibiteur} = \frac{\text{aire E.B.C.F}}{\text{aire A.B.C.D}} \times 100$$

En considérant les D.B.O entre le 3ème et le 4ème jour de mesure.

Fig (3) Mesure de l'effet inhibiteur des toxiques.

Source H.ROQUES (1980).



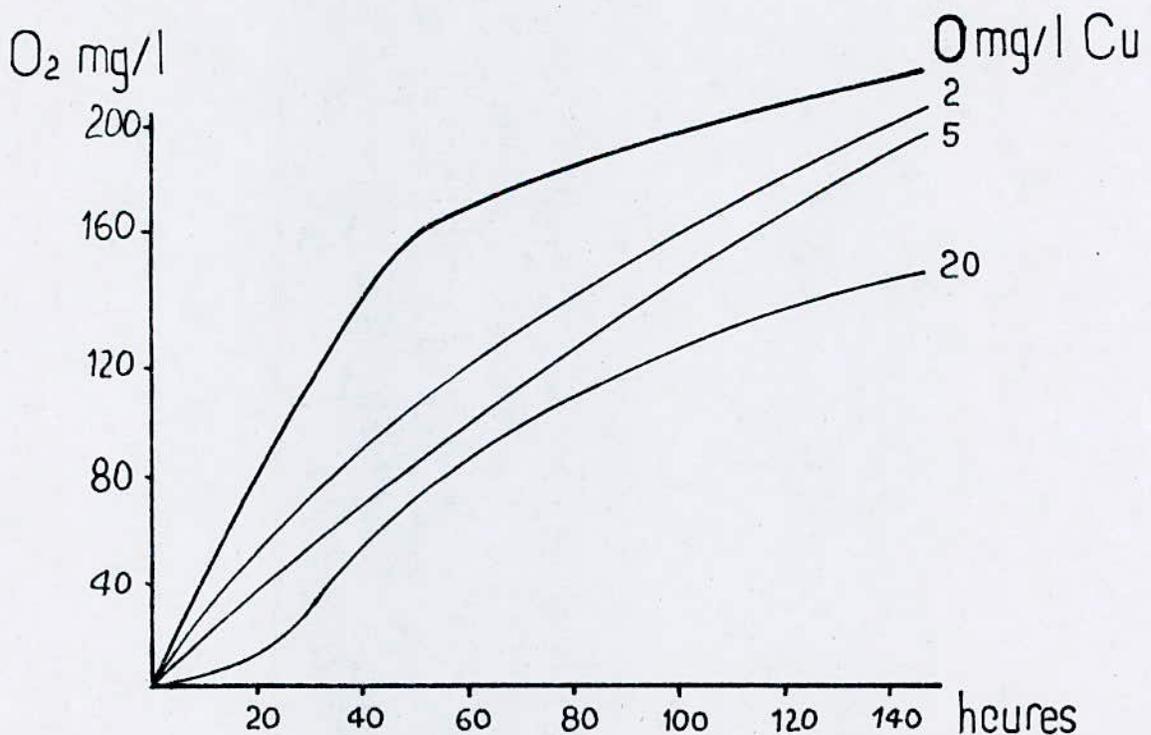
IV. - 5.4.3 - SEUILS DE TOXICITE DE SUBSTANCES TOXIQUES EN EPURATION BIOLOGIQUE :

Le paramètre le plus important dans les problèmes d'inhibition et de toxicité est la concentration du toxique.

L'influence diverses concentrations en toxiques a été à maintes reprises étudiée, nous donnerons comme exemple le cuivre (CU) où la figure (4) montre d'ailleurs comment agit la teneur en Cu sur la demande biologique en Oxygène. (9)

D'un point de vue pratique, on considère généralement que, pour les toxiques, il y a un seuil à ne pas dépasser pour que la culture se fasse sans inconvénient; Le tableau (1) donne quelques ordres de grandeur.

Figure (4) - Influence du cuivre sur la demande biologique en oxygène.



IV- 5.4.4 - Mélange des toxiques.

Les effets de plusieurs polluants toxiques se trouvant dans l'eau peuvent s'ajouter, se renforcer ou s'inhiber. Il y a synergie lorsque la toxicité du mélange est supérieure à la somme des toxicités de chaque polluant et antagonisme lorsqu'elle est inférieure à cette somme.

IV - 5.5 - ADAPTATION DES MICRO-ORGANISMES A UN MILIEU :

On entend par adaptation l'acclimatation de la flore et de la faune aux modifications du milieu vital, ainsi qu'aux substances présentant des propriétés toxiques par le biais d'un mécanisme de régulation assez complexe et par lequel s'effectue la production d'enzymes nécessaires à l'assimilation de ces différentes substances. Il a été ainsi démontré que (O.C.D.E) les bactéries et les protozoaires ont la faculté de s'adapter dans une certaine mesure à des milieux contenant des composés cyanhydriques et que ces mêmes bactéries sont moins sensibles que les protozoaires et peuvent à elles seules décomposer les substances organiques.

A titre d'exemple, l'acide cyanhydrique a une action inhibitrice sur les processus biologiques dès une concentration de 1 mg/l, mais les digesteurs peuvent fonctionner avec une concentration atteignant 50 mg/l et même plus de HCN après adaptation (MEINCK). Comme il est toujours possible, en acclimatant la boue (sélection de souches résistantes) lors de l'épuration par boue activée de reculer le seuil de toxicité de la plupart des toxiques.

Voici par ailleurs, une liste de composés se prêtant à une bonne dégradation biologique après adaptation des micro-organismes :

Des Aldehydes exceptions : - Benzaldehyde en concentration assez élevée (0,8 à 1,0 g/l).

- Hydroxybuténal.

.../...

- *Ethers ;
- *Composés cyanurés ;
- *Détergents synthétiques ; Alkylarylsulfonates.

Nous remarquons donc que le phénomène d'adaptation est très important en épuration biologique notamment dans certains cas comme :

- la latence de certaines Courbes de D.B.O qui représente un délai d'adaptation ;
- la disparition des enzymes adaptatifs dans certains procédés d'épuration où la biomasse subit une stabilisation prolongée en l'absence de substrat ;
- une erreur de base est commise dans les tests de dégradabilité où la substance étudiée est la seule source de carbone ; Ceci provoque l'adaptation, laquelle n'interviendrait pas au sein d'un substrat complexe normal. De même le phénol des eaux de cokeries peut être complètement dégradé si l'on traite ces eaux isolément, alors que la dégradation est très incomplète si on les traite en mélange avec une eau urbaine. (7)

V - EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES MIXTES URBAINES ET INDUSTRIELLES :

Généralités :

Les problèmes posés par l'utilisation rationnelle des ressources en eau, et leur protection contre la pollution, préoccupant actuellement, dans une mesure de plus en plus large, de nombreux pays, spécialement parmi les plus industrialisés ou ceux en voie de développement.

L'un des moyens encore controversé d'épurer les eaux résiduaires industrielles, consiste à les traiter en mélange avec les eaux d'égout d'origine domestique. Il y a lieu de remarquer d'ailleurs que, dans de nombreuses villes, les égouts urbains reçoivent en fait une quantité parfois très importante d'effluents industriels.

En Allemagne par exemple, on considère en général que l'introduction des eaux résiduaires dans un réseau d'égouts urbains déjà existants, est la solution la meilleure au problème de l'évacuation de ces eaux par les industriels.

D'après K. 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 ou du moins elles devraient seulement les débarrasser des matières susceptibles d'endommager les canalisations des égouts ou les stations d'épuration tels que les boues de charbon, les goudrons, les huiles minérales, les fibres de papier, la cellulose, la lanoline, le phénol, l'essence, les sels de fer ainsi que certaines autres substances toxiques telles que les sels de cuivre, l'arsenic le cyanogène, le chrome, etc..., qui peuvent aussi compromettre l'épuration dans les installations urbaines.

.../...

V - 1 - Influence des eaux résiduaires industrielles sur l'épuration biologique des eaux résiduaires mixtes urbaines :

Il est évident que 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 la décomposition biologique de n'importe quelles matières organiques naturelles est possible dans des condition de milieu bien déterminées.

Quant au matière organiques synthétiques, seuls des essais permettent d'y répondre. Dans ce contexte le tableau (V-1) indique la biodégradabilité de certaines structures chimiques :

Tableau (2).

	BIODEGRADABILITE	TOXICITE
Hydrocarbures		
Alcanes	Faible	(*)
Oléfines C ₇	Difficile	
Chloro-Oléfines	Nulle	
Sucres		
Holosides et polyligno cellulose.	Facile	
Acides ligno sulfonique	Difficile	
Alcools		
Primaires et secondaires	Facile	
Tertiaires	Difficile	
Acides		
Mono et dicarboxyliques	Facile	
Dimethyl substitués	Difficile	
Phénols		
Ordinaires	Facile	(*)
Substitués (chloro, nitro).	Nulle	(*)
Polyphénols condensés	Nulle	
Aldéhydes	Bonne	
Amino-acides	Bonne (*)	

(*) Cystine et tyrosine sont moins dégradables.
Inspirés de B. Vulliermet (1976).
Source : F. EDELINE (1980).(7)

Ainsi, les eaux résiduaires industrielles peuvent - elles influencer la décomposition biologique des matières polluantes de l'eau brute d'une station d'épuration urbaine pour des raisons diverses parmi lesquelles :

- 1) le besoin des micro-organismes en matières nutritives n'est pas couvert
- 2) il se produit une élévation de température de l'effluent ;
- 3) le p.H de l'effluent est trop élevé ou trop bas.
- 4) des matières toxiques (notamment des sels de chrome, de nickel et de cuivre et des cyanures) sont présentes dans l'effluent ;
- 5) l'introduction d'oxygène est empêchée par le fait, par exemple qu'il y ait un excès de détergent.

V - 1.1 - Teneur nécessaire des eaux résiduaires mixtes en substances nutritives.

Afin de favoriser la décomposition biologique et d'éviter toute carence nutritive, il est indispensable que certaines substances minérales soient présentes, à côté des substances organiques décomposables. Les substances nutritives les plus importantes sont l'Azote et le phosphore.

Les proportions optimales de ces éléments (N et P) par rapport à la D.B.O₅, pour la décomposition d'un effluent industriel mélangé avec une eau usée domestique sont :

$$N/DBO_5 > 1/19$$

$$P/DBO_5 > 1/81.$$

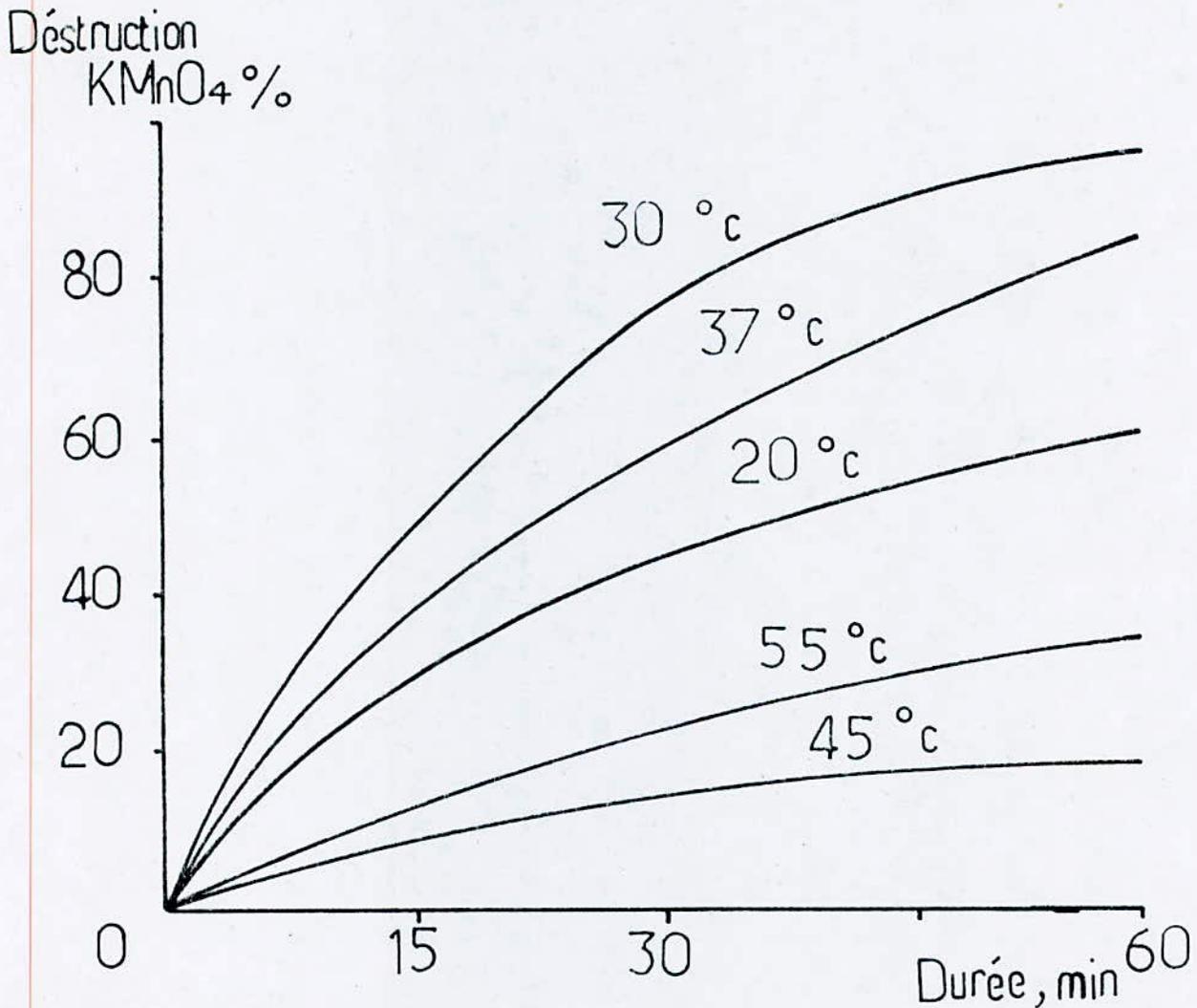
Ceci en respectant un rapport $P/N/DBO_5 = 1/3/45$ (10)

V - 1.2 - Elévation de la température des eaux résiduaires mixtes par des eaux résiduaires industrielles.

Au dessus de 30°C la consommation d'oxygène par la microflore devient importante et de ce fait, l'aérobiose est extrêmement difficile à maintenir. Or, les entreprises industrielles envoient souvent dans les réseaux d'assainissement urbain, d'importantes quantités d'eau de refroidissement qui peuvent dans certaines circonstances élever considérablement la température de eaux résiduaires. Des essais sur les procédés aux boues activées ont montré que dans l'intervalle de température compris entre 8 et 35°C la température n'avait pas d'influence sensible à condition que sa variation soit très lente. Pour des températures dépassant 35°C, le rendement de destruction diminuait fortement.

Fig (5) - Capacité de destruction des boues activées pour différentes températures.

Source : O.C.D.E (9).



V - 1.3 - Influence de la modification du p.H des eaux mixtes par des eaux résiduaires industrielles.

De nombreux rejets industriels contiennent des composés acides ou alcooliques. Une neutralisation s'impose donc avant rejet dans le milieu naturel ou en vue d'une éventuelle épuration biologique. Pour une activité optimum des bactéries, le P.H doit être maintenu dans le bassin à boues activées entre 5,5 et 8,5. Il est cependant nécessaire de maintenir constamment une valeur extrême du P.H afin de permettre l'adaptation des micro-organismes

V - 1.4 - Action des substances toxiques des eaux résiduaires industrielles sur l'épuration biologique des eaux résiduaires mixtes.

L'action des substances toxiques sur la destruction biologique, dépend avant tout de la concentration de ces substances. Elle diffère suivant les organismes qui prennent part au processus d'épuration.

En outre toutes les espèces ne sont pas également sensibles aux différents toxiques ; on connaît même des espèces capables de dégrader sélectivement quelques toxiques comme les cyanures ou les phénols. La sensibilité d'une espèce vis-à-vis d'un toxique dépend de son état physiologique (phase de croissance ou respiration endogène).

A titre d'exemple, la toxicité des cyanures et des cyanates pour le procédé d'épuration biologique, mesurée en consommation d'oxygène, est représentée par la figure (6), néanmoins une dilution suffisamment importante, par des eaux usées domestiques, d'eaux résiduaires provenant d'ateliers de galvanoplastie (production de dépôts métalliques par voie électrolytique), peut annuler l'effet nocif des composés cyanhydriques dans les eaux mixtes.

De même qu'il est possible, grâce à une dilution appropriée, de recevoir sans dommage dans le réseau d'assainissement urbain, les eaux résiduaires d'usines de fabrication de pesticides. Les dilutions nécessaires ressortent du tableau (3.). (9)

Fig. (6) - Influence des cyanures et des cyanates sur les processus biologiques, mesurée en consommation d'oxygène.

Source : O.C.D.E (9).

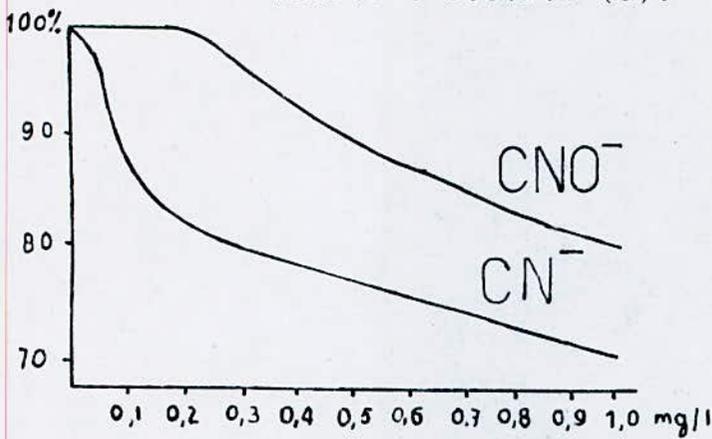


Tableau (3)

	Dilution nécessaire pour éviter	
	L'action toxique	l'odeur ou la coloration
Effluent hexachlorocyclohexane (neutralisé) - - - - -	1/15	1/50
Effluent dinitro-o-cresol neutralisé) - - - - -	1/50	a) 1/ 7 000 (*) b) 1/13 000

(*) a) encore admissible.
b) à rechercher.

Source (OCDE). (9)

V - 1.5 - Influence des détergents :

Les résultats de recherches faites pour savoir de quelle façon les détergents agissent sur l'épuration biologique sont contradictoires sous de nombreux rapports. Bien qu'actuellement les détergents synthétiques produits se prêtent à une plus ou moins bonne biodégradabilité, il faut toutefois s'attendre à des dommages

.../...

et à des difficultés considérables lors de la destruction des matières biologiques des eaux résiduaires contenant des détergents.

L'exemple le plus probant est celui des détergents du type tetrapropylènebenzol-sulfonate, qui initialement étaient employés de façon prépondérante - avec chaînes latérales ramifiées et un atome de C quaternaire dans la molécule et qui ont par suite de leur faible dégradabilité provoqué des accidents dans les stations d'épuration et les émissaires. Par contre les alkylarylsulfonates "tendres" utilisés maintenant possèdent une chaîne latérale droite, et sont facilement biodégradables.

Tableau (4) - comportement physiologique de quelques types de détergents.

Structure Chimique	Nature physico-chimique	Comportement Osiologique
Alkylsulfates - - -	Anioniques	Facilement biodégradables.
Alkylorylsulfonates à chaîne latérale droite - - -	Anioniques	Difficilement biodégradables.
Alkylarylsulfonates à C.L ramifiée avec atome de C quaternaire - - -	Anioniques	A peine biodégradables.
Ammoniums tertiaires ou sels de pyridinium----	Cationiques	Toxique avec action bactéricide
Ether de polyglycol -----	Non ionogène	Difficile à dégrader biologiquement.

Source F. MEINCK (1977). (10)

.../...

VI - EPURATION DES EAUX RESIDUAIRES :

VI - 1 - Epuration primaire :

Ou ce qu'on appelle les prétraitements physiques ou mécaniques.

- Prétraitements physiques :

Ce sont diverses opérations qui précèdent l'épuration proprement dite. Elles sont destinées à éliminer les gros débris, les matières abrasives, les huiles et les graisses qui risqueraient de perturber le reste de l'épuration.

VI - 1.1 - Dégrillage :

C'est une technique utilisée pour l'élimination des matières de grandes dimensions. Les dégrilleurs sont implantés en tête de la station pour retenir toutes les matières dont il serait impossible d'assurer leur dégradation par voie biologique ou leur traitement par voie chimique. Ils sont constitués par des grilles métalliques avec un écartement variable des barreaux. Le nettoyage est exécuté manuellement ou mécaniquement.

- dégrillages écartement (50 à 100 mm) ;
- dégrillages moyen écartement (10 à 25 mm) ;
- dégrillage fin écartement (3 à 10 mm) ; (11)

VI - 1.2 - Dessablage :

Les dessableurs ont pour but de retenir les matières minérales et en particulier les sables graviers, enfin toutes les particules qui ont pour dimension (0,2 mm) afin de protéger les conduites, les pompes et tout l'appareillage contre le dépôt et l'abrasion

.../...

VI - 1.3 - Déshuilage :

Les deshuilleurs ont pour opération d'éliminer ou d'extraire la couche de graisse continue dans l'effluent. Ces appareils sont utilisés encore pour extraire les corps flottants moins denses que l'eau et cela "pour combattre le risque de colmatage et les nuisances esthétiques" (12).

VI - 1.4 - Décantation primaire :

Les eaux résiduaires dégrillées, partiellement dessablées et deshuillées contiennent encore des matières minérales et organiques sédimentables. L'élimination de ces matières présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation.

Les décanteurs sont destinés à faciliter la séparation des matières sédimentables qui représentent une proportion importante de la charge en DCO et DBO_5 , 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 (11).

VI - 2 - EPURATION SECONDAIRE :

Selon l'eau à traiter, l'épuration secondaire peut s'effectuer par traitement physico-chimique ou par voie biologique. Nous ne présenterons que le second procédé dans ce qui suit.

VI - 2.1- EPURATION 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 on utilise le plus souvent un traitement biologique. Il permet de faire passer les éléments présents sous forme soluble ou colloïdes en éléments floculables et de constituer des agrégats que l'on peut de nouveau séparer de la phase physique.

VI - 2.2. - PRINCIPE DE L'EPURATION BIOLOGIQUE :

L'épuration biologique consiste à favoriser la prolifération des micro-organismes pour utiliser leurs aptitudes extraordinaires dans les conditions les mieux adaptées au résultat désiré.

En présence d'oxygène les micro-organismes oxydent la matière organique polluante pour assurer leur développement. Ainsi une fraction des éléments polluants est oxydée pour la production de l'énergie vitale, une seconde fraction est utilisée pour former le protoplasme, c'est-à-dire la masse des cellules vivantes. Une autre partie est simplement absorbée et incorporée aux floes de boues, plus ou moins décantables, formées par l'agglomération de particules et micro-organismes vivants ou morts.

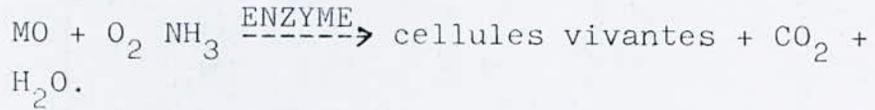
VI - 2.3 - MECANISME DE L'EPURATION BIOLOGIQUE :

Lors de la dégradation de la matière organique, deux (O₂) processus de développement parallèlement, tous deux (O₂) entraînent une consommation d'oxygène.

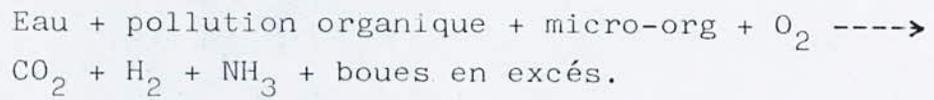
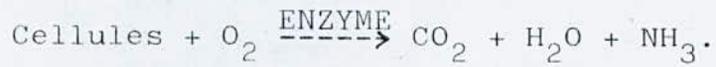
.../...

- Oxydation de la matière organique avec production d'énergie (catabolisme).

Cette énergie est utilisée pour la synthèse de la matière vivante (Anabolisme) (11);



- Autoxydation progressive de la masse cellulaire (11) (respiration endogène).



- CARACTERISTIQUE DU LIEU D'ETUDE (Réghaia) :

La région de (Rouiba - Réghaia) est située dans la Wilaya de Boumerdes (n° 35) à proximité d'Alger comprenant une population estimée à 60 000 habitants .

La zone industrielle créée en 1960 occupe une superficie de 869 hectares. L'alimentation en eau des unités industrielles est assurée dans la partie Nord de la zone industrielle par les réseaux urbains d'alimentation en eau potable de Rouiba et Réghaia complétés par des forages dans la nappe de la Mitidja, pour certaines industries et dans la partie Sud par plusieurs forages appartenant au C.N.E.R.U (Centre National d'étude et de recherche urbaines) (13) voir fig (7).

fig-7 - ZONE INDUSTRIELLE DE ROUBA-REGHAIA

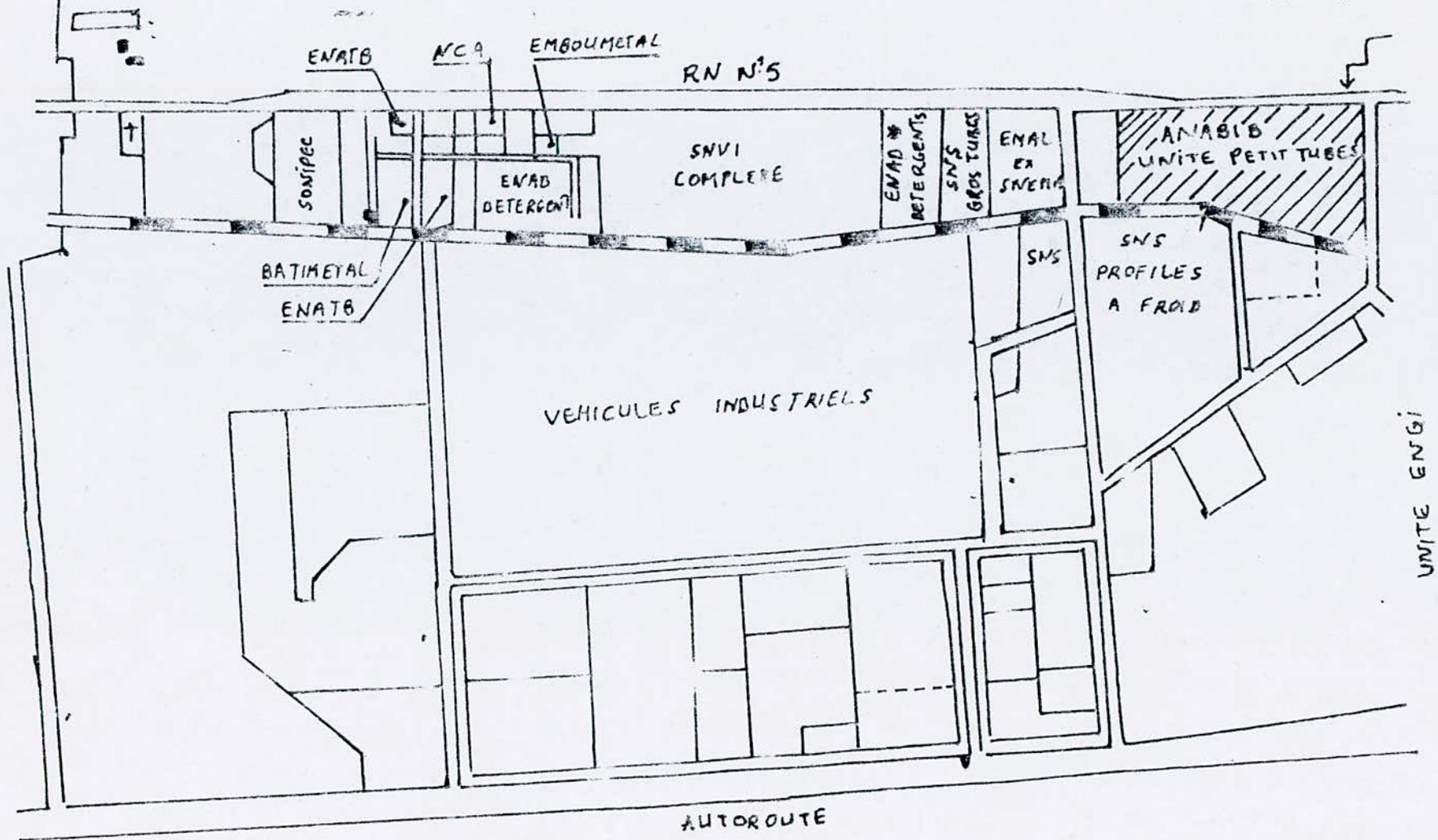
ROUBA

ECHELLE : 1/20.000 (SOURCE ANAT)



↑
VERS
LE MARRAÏS

REGHAIA



=====
/P A R T I E E X P E R I M E N T A L E/
=====

ABREVIATIONS UTILISEES DANS LA PARTIE EXPERIMENTALE :

- DCO : Demande chimique en oxygène ;
- DBO₅ : Demande biochimique en oxygène du cinquième jour ;
- EUI : Eau usée industrielle ;
- EUU : Eau usée urbaine ;
- MD : Matières décantables ;
- MVS₁ : Matières volatiles en suspension calculées à partir des M.D ;
- MND : Matières non décantables ;
- MVS₂ : Matières volatiles en suspension calculées à partir des M.N.D ;
- MES : Matières en suspension ;
- MVS : Matières volatiles en suspension ;
- MO₁ : Matières organique contenue dans les M.D ;
- MO₂ : Matière organique contenue dans les M.N.D ;
- MOT : Matière organique totale.

FIG (8) APPAREILLAGE UTILISÉ .

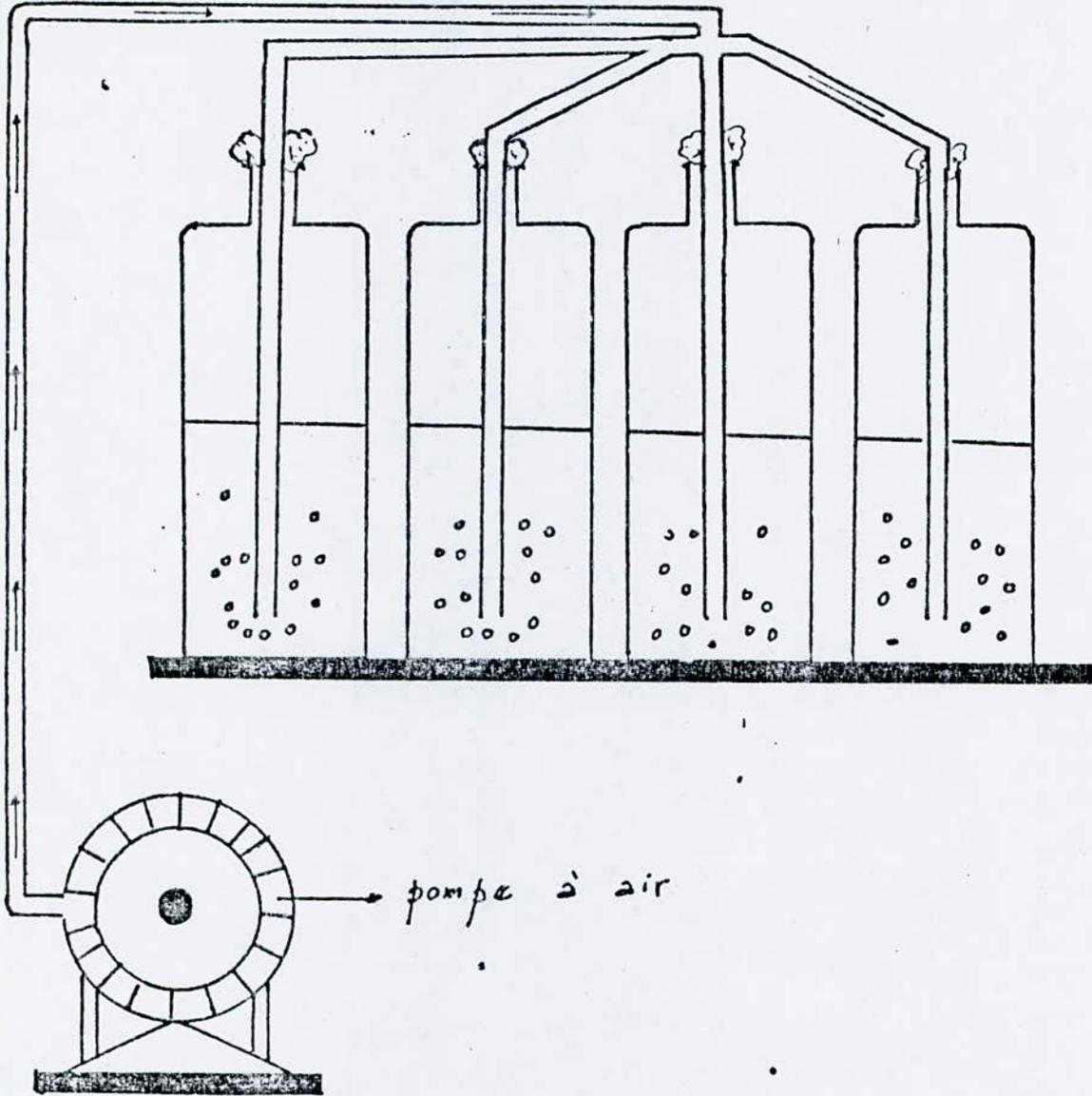
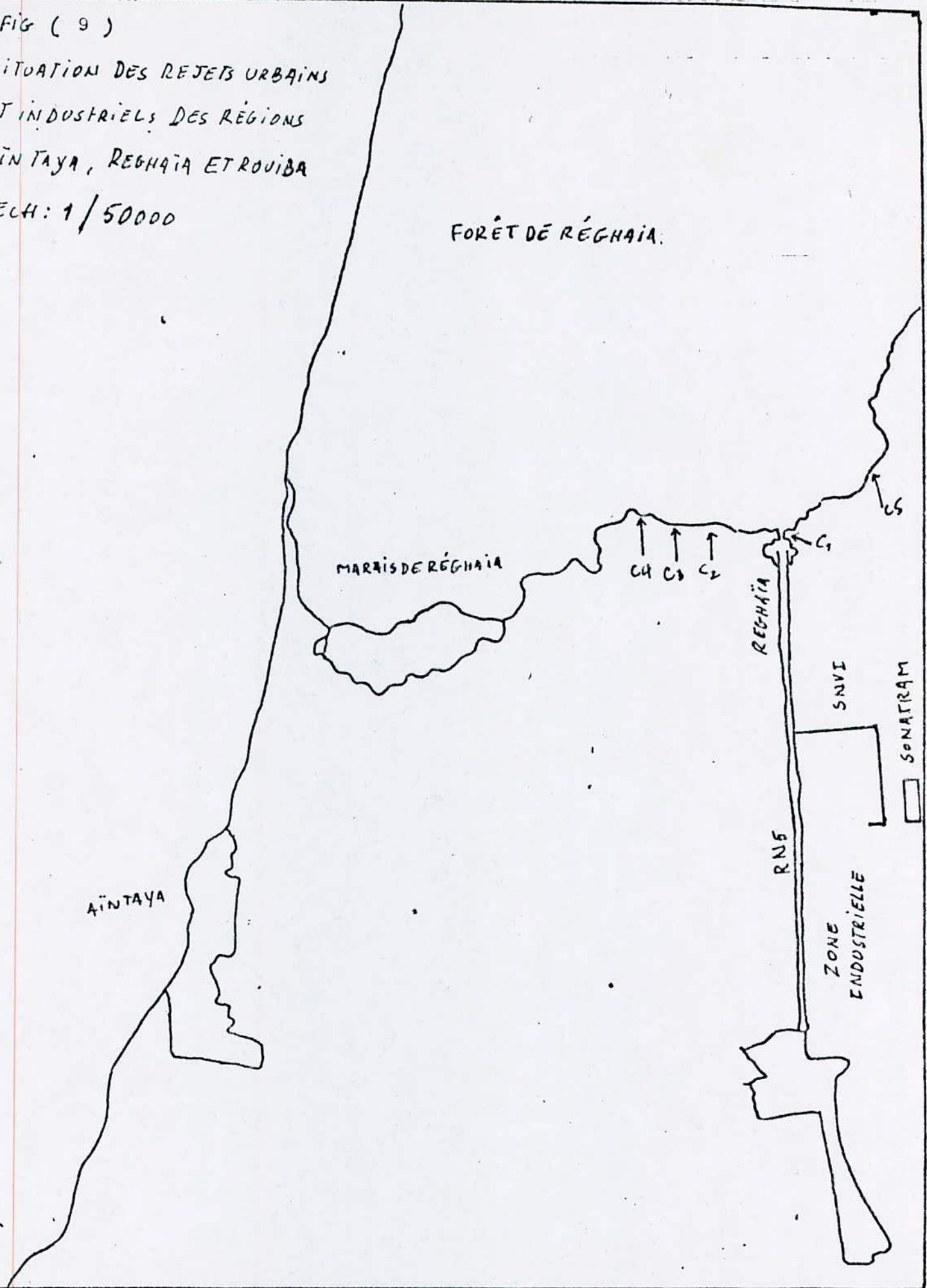


FIG (9)

SITUATION DES REJETS URBAINS
ET INDUSTRIELS DES RÉGIONS
AÏN TAYA, RÉGHAÏA ET ROUIBA

ECH: 1/50000



I - ANALYSES :

I - 1 - Les hypothèses de départ :

Afin d'étudier la traitabilité des eaux résiduaires mixtes urbaines et industrielles, nous avons essayé de trouver le taux de dilution à partir duquel les eaux industrielles - qui seraient par hypothèse, non ou très peu dégradables - vont éventuellement influencer négativement sur le procédé d'épuration éskomplé.

Durant toutes les campagnes, nous avons étudié l'évolution dans le temps de certains paramètres - tant au niveau du collecteur principal des eaux de la zone industrielle qu'au niveau de l'effluent urbain - choisis en fonction de leur importance en tant que critère indicatif :

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

Ces paramètres sont :

- 1) la DCO ;
- 2) la DBO_5 ;
- 3) les matières décantables (MD) ;
- 4) les matières non décantables (MND) ;
- 5) les matières en suspension (MES) ;
- 6) les matières volatiles en suspension (MVS) ;
- 7) l'azote (Azote total, Azote de KJELDAHL, Azote organique, ammonium, nitrites, nitrates) ;
- 8) les phosphates totaux ou, suivant le cas, les orthophosphates ;
- 9) les détergents ;
- 10) les chlorures ;
- 11) silice ;
- 12) les métaux lourds (Zinc, chrome, manganèse, fer, cuivre, cadmium plomb) ;

- 13) les germes totaux ;
- 14) le PH ;
- 15) la température.

I - 2 - APPAREILLAGE UTILISE :

L'appareillage utilisé est, comme le montre la figure (8), constitué de quatre (04) bouteilles d'une capacité de dix (10) litres chacune, aérées à l'aide d'une pompe à air et mécaniquement par agitation périodique, elles sont bouchées à l'aide de coton afin de prévenir à tous risques de contamination au laboratoire.

I - 3 - LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT :

Pour toutes les campagnes deux (02) prélèvements d'échantillons d'eau s'effectuent à chaque fois, le premier au niveau du collecteur principal (C_1) des eaux issues de la zone industrielle, situé à droite au dessous du pont de la ville de Réghaïa, le second a lieu à la sortie du collecteur urbain (C_2) situé à deux cent (200) mètres plus au Nord. Ces deux points de prélèvements sont représentés sur le schéma de la figure (9).

I - 3.1 - Modes de prélèvements des échantillons et d'analyses :

Les modes de prélèvement ainsi que les différentes opérations effectuées furent identiques pour toutes les campagnes. Nous les présentons ici d'une manière abrégée :

- 1) les échantillons sont prélevés dans des bidons préalablement rincés avec l'eau à analyser. pour les analyses micro-biologique, nous avons utilisé des récipients stériles ;
- 2) Nous relevons la température de l'eau, heure et date de prélèvement ;

.../...

3) Nous laissons l'eau décanter pendant dix (10) minutes, puis avant de la transvaser dans des jerricanes nous éliminons les eaux présentés à la surface.

Ces deux opérations entrent dans le processus de simulation d'un dessablage, dégrillage et - pour les eaux industrielles - un déshuilage, représentant les prétraitements essentiels en vue d'une épuration biologique ;

4) Toutes les analyses ont été effectuées le plus tôt possible et avec les précautions spécifiques à chaque type d'analyse à savoir :

- des ajouts d'acide sulfurique ou d'acide nitrique concentrés à raison de deux (02) ml/l pour le dosage respectif des nutriments ou des métaux ;
- transport des échantillons sous une température de 4°C.

I - 4 - PREMIERE CAMPAGNE :

Une fois au laboratoire, les quatre bouteilles de notre dispositif expérimental numérotées : 1 ; 2 ; 3 ; 4, sont remplies chacune respectivement de :

- Cinq (05) litres d'eau urbaine pure représentant l'eau de référence en matière de traitabilité biologique ;
- Cinq (05) litres d'eau urbaine diluée à 5% par de l'eau industrielle ;
- Cinq (05) litres d'eau urbaine diluée à 10% par de l'eau industrielle ;
- Cinq (05) litres d'eau urbaine diluée à 20% par de l'eau industrielle.

L'aération ininterrompue des quatre bouteilles s'est faite durant cinq (05) jours pendant lesquels nous

.../...

.....

avons calculé la DCO des eaux brutes afin d'en déduire la DBO_5 par la méthode de CATROUX et MORFAUX présentée dans la partie théorique de notre étude (III.3.1), nous avons également dosé les chlorures afin de valider la méthode de mesure de la DCO au bichromate de potassium (voir annexe). Enfin, l'Azote et les phosphates totaux du jour zéro représentant le début de l'aération furent déterminés afin de vérifier si les conditions relatives à la traitabilité biologique de ces eaux sont vérifiées. Des paramètres cités en (I.1) n'ont pu être déterminés lors de cette première campagne faute d'appareillage. Ils le seront au fur et à mesure des campagnes ultérieures.

TABEAU (5) 1ERE CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS

Date de prélèvement : 21/03/1987.

Heure de prélèvement : 10H 45MN

Numéro de bouteille	Jour d'aération	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi
		0	1	2	3	4	5
1	Chlorures (mg de cl^-/l)	335	-	-	-	-	-
	Azote total (mg/l)	31	-	-	-	-	-
	Phosphore (mg/l)	7,5	-	-	-	-	-
	DCO (mg/l)	740	570	344	264	-	280
	DBO ₅ (mg/l)	460	-	-	-	-	-
2	DCO (mg/l)	762	511	384	48	-	24
	DBO ₅ (mg/l)	738	-	-	-	-	-
3	DCO (mg/l)	812	392	160	96	-	176
	DBO ₅ (mg/l)	636	-	-	-	-	-
4	DCO (mg/l)	787	400	320	112	-	80
	DBO ₅ (mg/l)	707	-	-	-	-	-
Eau industrielle pure	Chlorures (mg de cl^-/l)	720	-	-	-	-	-
	Azote total (mg/l)	23	-	-	-	-	-
	Phosphore (mg/l)	36,5	-	-	-	-	-
	DCO (mg/l)	880	-	-	-	-	-
	PH	7,6	-	-	-	-	-

I - 1 - Interprétation des résultats de la 1ere campagne :

D'après le tableau, nous remarquons que le processus d'élimination de la matière organique s'est poursuivi tout au long de l'aération vu que la DCO semble diminuer dans les quatre (04) types d'eaux étudiés avec formation de boues.

Le processus nous a paru normal pour l'eau urbaine pure puisque celle-ci ne renferme pas d'éléments toxiques susceptibles d'inhiber la micro-flore responsable de la dégradation de la matière organique.

Mais ce qui nous a étonné, c'est que la DCO calculée quotidiennement dans les eaux diluées, diminuait chaque jour.

A la base de cela nous déduisons que l'eau urbaine qui a subi des dilutions de (5 %, 10 %, 20 %) avec l'eau industrielle sensée être inhibitrice pour la micro-flore a eu le même sort que l'eau urbaine pure ce qui nous amène à dire que l'eau industrielle ajoutée ne semble pas gêner le processus de dégradation de la matière organique dans l'eau urbaine.

Remarque :

Les faibles valeurs de la DCO obtenues lors des derniers jours d'aération, ainsi que les fluctuations sont apparemment dues à une mauvaise homogénéisation des échantillons destinés au calcul de la DCO.

I - 4.2 - Remarques concernant la première campagne de prélèvement

Cette première campagne constitua pour nous, une reconnaissance des lieux de prélèvements ainsi que des eaux à analyser, et la première remarque qui en ressort concerne les eaux résiduaires industrielles, celles-ci ont sans conteste un caractère extrêmement variable en débit et en aspect (couleur) ceci durant un laps de temps assez court (20 minutes, qui constitua la durée de notre présence à proximité de l'ovoïde industriel).

En ce qui concerne les eaux usées urbaines, avant de se jeter dans l'Oued, elles s'écoulent sur une distance de 100 mètres sans être soumises à aucune protection ni isolation du milieu extérieur. Ceci confère au paysage un aspect très désagréable, avec tout ce que cela peut engendrer comme nuisances et contaminations pour les enfants qui jouent juste à côté, ou pour le bétail qui pâture aux alentours.

I - 4.3 - Reformulation des hypothèses :

En se basant sur les résultats obtenus lors de la première campagne de prélèvement nous pouvons affirmer - sous toutes réserves - que l'eau industrielle n'a pratiquement aucun effet notable sur l'épuration biologique de l'eau résiduaire urbaine, du moins jusqu'à 20 % de dilution, taux qui se trouve être assez élevé déjà en pratique.

De ce fait, il se pourrait que l'eau résiduaire industrielle ait certaines aptitudes au traitement biologique. C'est pour cela que la méthode des dilutions sera abandonnée lors de la deuxième campagne afin d'étudier de plus près les paramètres intrinsèques des eaux résiduaires urbaines et industrielles.

TABEAU (6) 2EME CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS

Date : 04/04/1987

E.U.U

Heure : 10H 10MN.

Jour d'aération	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
DCO (mg/l)	572	386	257	202	197	191	-	182	174
MES (mg/l)	391	407	412	426	424	432	-	435	437
MVS (mg/l)	228	235	242	259	261	248	-	241	236
MOT (...) (%)	58	57	58	60	61	57	-	55	54
Température (°C)	20,00								
Conductivité (ms/cm)	1,82								
PH	7,10								
DBO ₅ (mg/l)	381	-	75	28					
Azote total (mg/l)	24,60								
P Total (mg/l) PO ₄ ³⁻	5,60								

FIG - 10.

Elimination de la DCO, DBO₅, en
fonction du temps d'aération
(E.U.U)

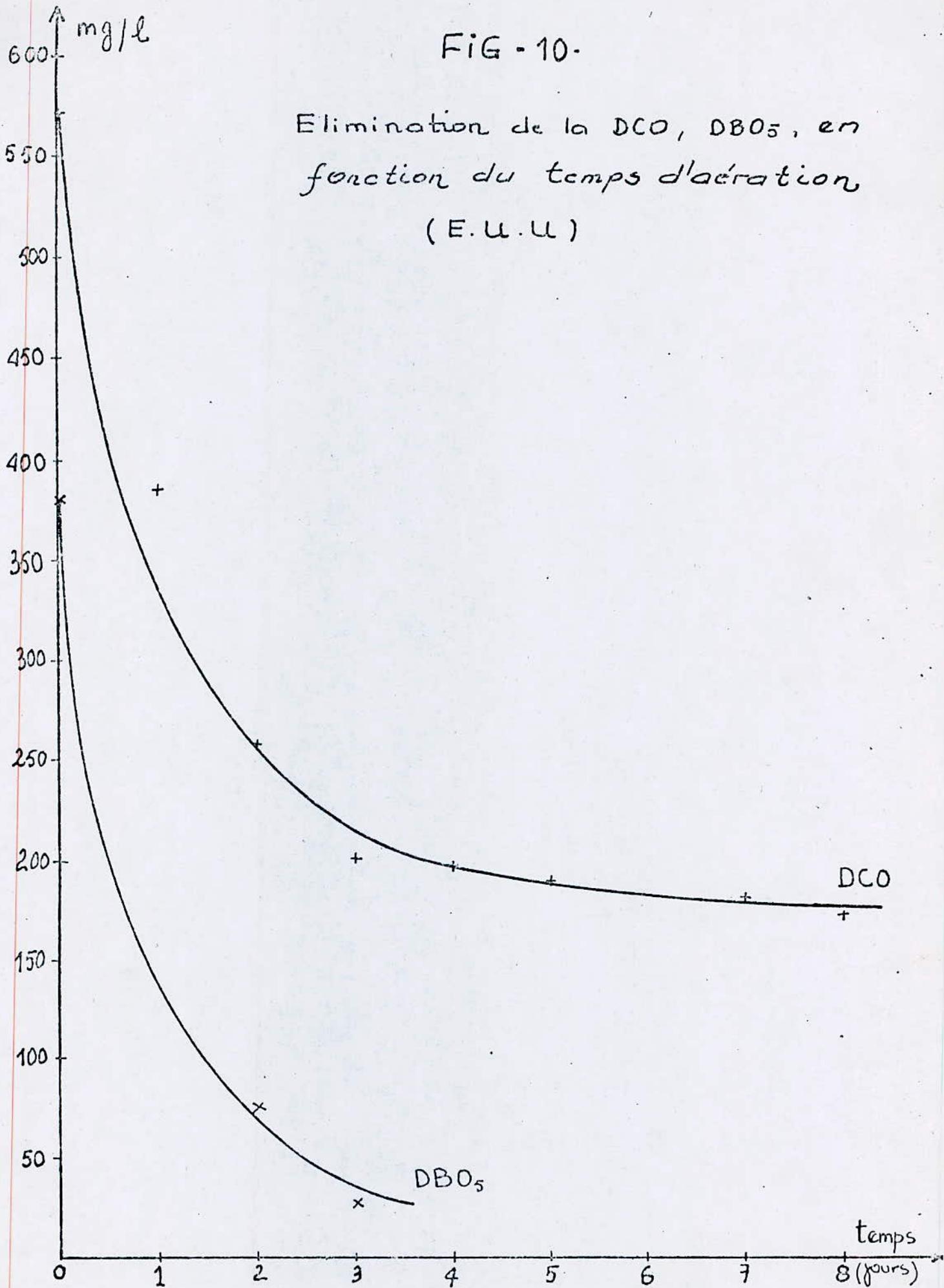


FIG - 11.

Évolutions des M.E.S, M.V.S et les proportions
en matières organiques en fonction du temps
(E.U.U.)

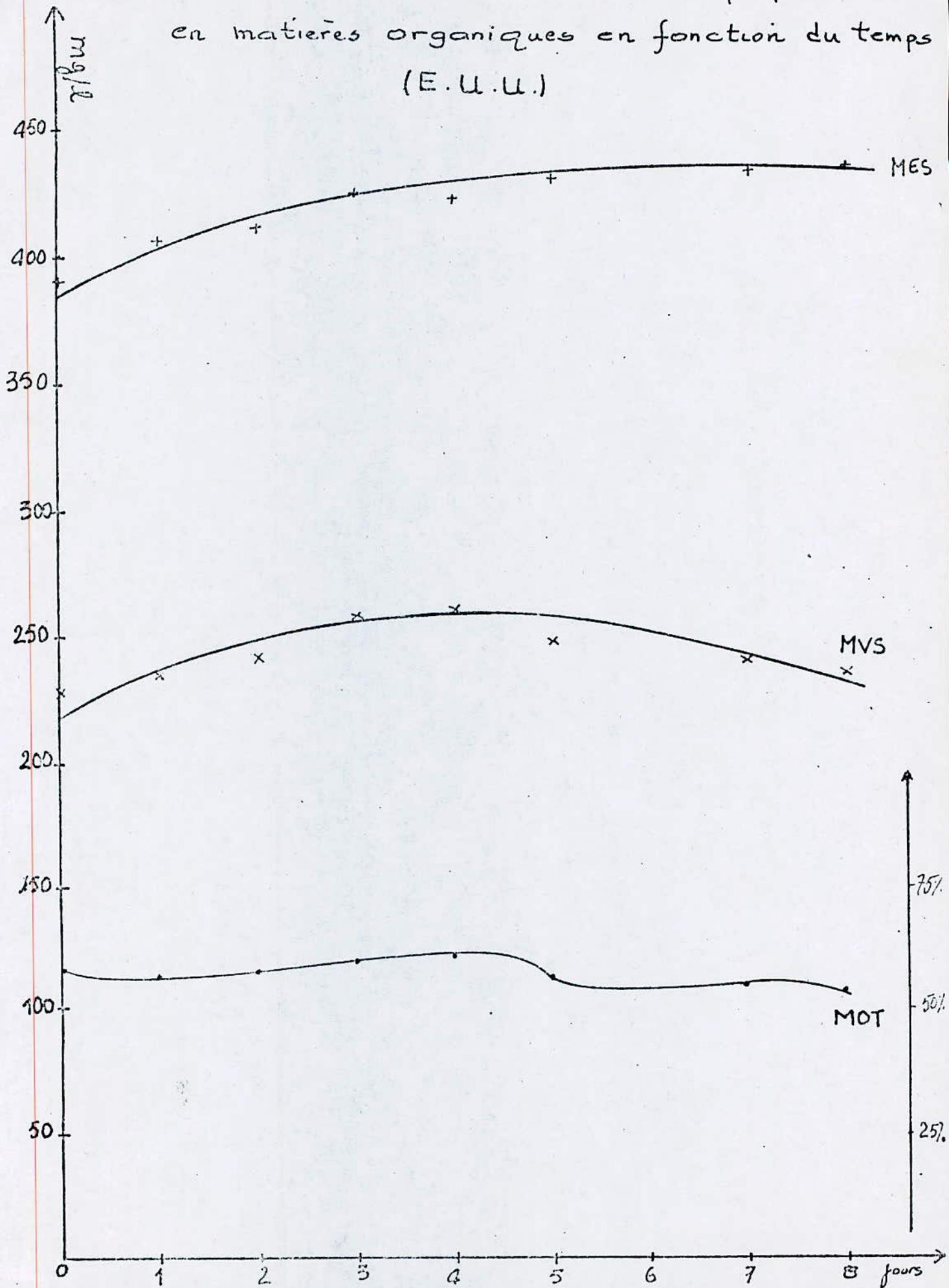


FIG - 12 -

Elimination de la DCO, DBO₅, et
fonction du temps d'aération
(E. U. I.)

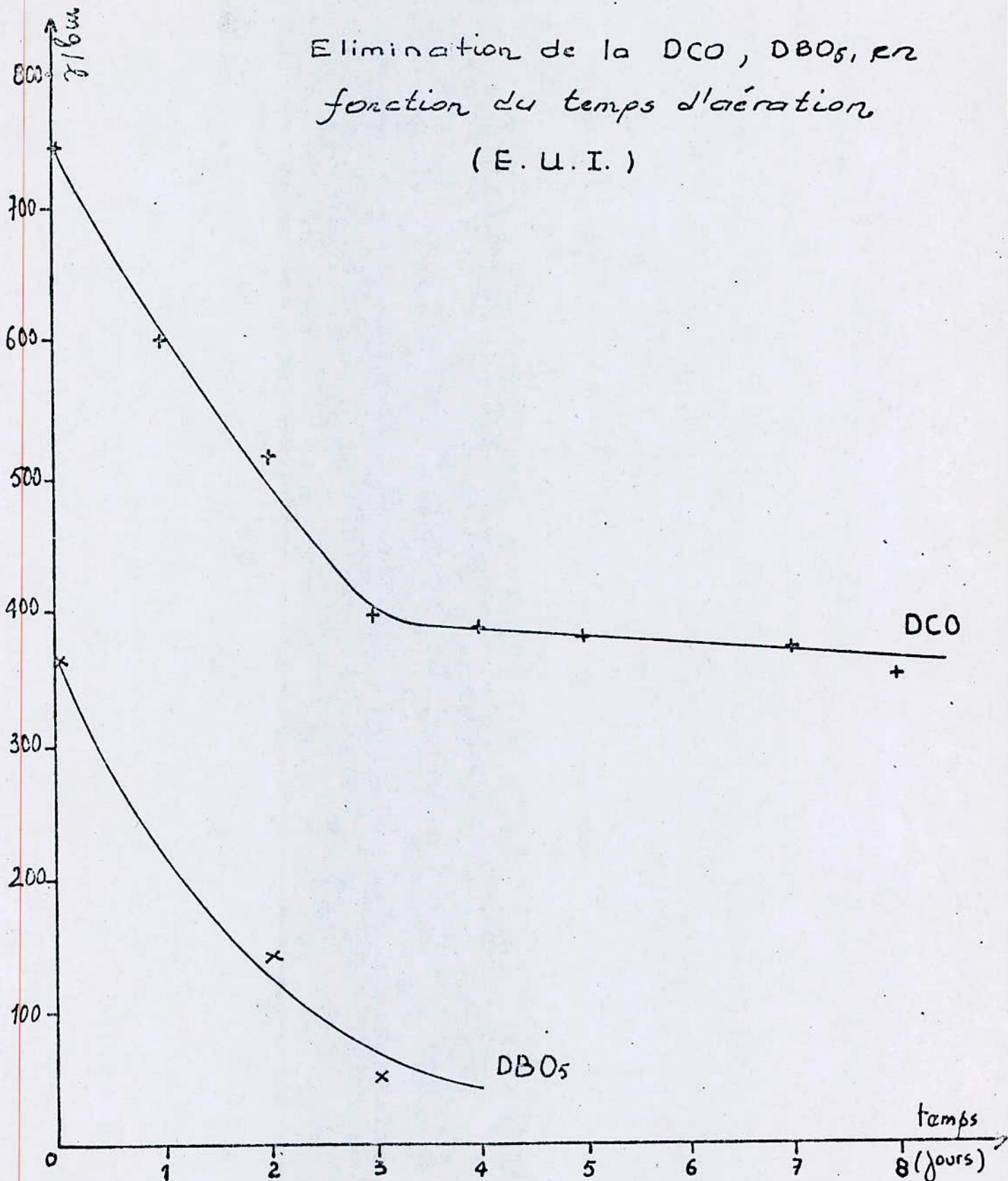
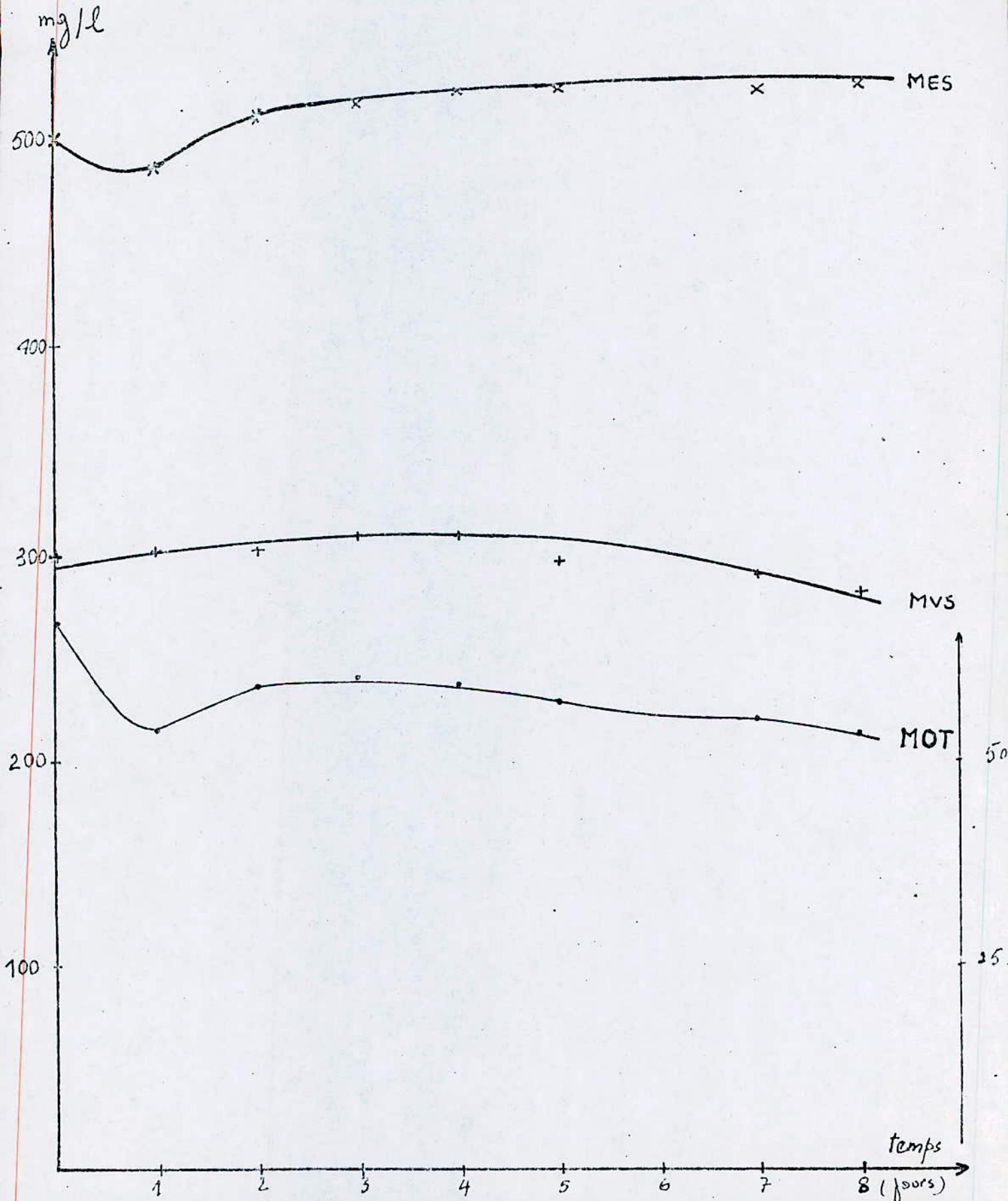


FIG-13-

Évolutions des M.E.S., M.V.S et les proportions
en matières organiques en fonction du temps
(E.U.I)



I - 5.1 - Interprétation des résultats de la deuxième campagne de prélèvements :

I - 5 -.1.1 - Eau Urbaine :

L'aération continue pendant huit jours a permis d'accélérer le processus de dégradation de la matière organique et l'élimination de celle ci, aboutissant à une formation de boues préalablement inexistante. Nous avons constaté l'accumulation de floccs de boues au fond de la bouteille. Les tableaux et les graphes nous ont permis de tirer beaucoup plus d'informations sur le déroulement du traitement à partir de l'évolution des paramètres organiques et chimiques.

A partir de la courbe DCO, nous remarquons que celle-ci diminue en fonction des jours d'aération, ce qui nous amène à dire que la matière organique s'élimine, traduisant ainsi l'activité bactérienne recherchée. Les allures des courbe DCO, DBO_5 sont à priori les mêmes, sauf que la différence entre les deux grandeurs réside dans le fait que la matière organique dégradable s'élimine et la matière non dégradable ou peu dégradable résiste.

Toujours à partir de ces mêmes courbes nous remarquons qu'à partir du 3ème jour d'aération la grande majorité des matières organiques est éliminée pour passer ensuite à un plateau d'équilibre jusqu'au 8ème jour.

En ce qui concerne les courbes MES et MVS nous constatons que les valeurs de celles ci augmentent continuellement jusqu'au 4ème jour d'aération, mais à partir de cette date elles se comportent différemment : les valeurs de MES se maintiennent presque au même niveau, tandis que les MVS diminuent considérablement ce qui explique et confirme la chute du rapport MVS/MES, qui n'est autre que la matière organique, après avoir atteint une valeur maximale le 3ème et le 4ème jour.

.../...

.....

Au bout du 5ème jour d'aération les boues commencent à perdre leur caractère organique, c'est déjà un état avancé de la respiration endogène.

I - 5 - 1.2 - Eau Industrielle :

La dégradation de la matière organique est justifiée par le fait que la DCO diminue en fonction du temps d'aération ainsi que la DBO_5 , comme nous le montrent les courbes.

A partir des valeurs MES et MOT en (%) nous constatons qu'après un jour d'aération nous avons une baisse considérable dans la partie organique des matières filtrables parallèle à la chute de l'ensemble des matières oxydables (DCO), c'est seulement à partir du 2ème jour que nous avons atteint le maximum de la biomasse ce qui s'est traduit par une valeur maximale du rapport MVS/MES (%) et une stabilisation de ce rapport ainsi que le taux des MES.

Après cette stabilisation les MVS diminuent continuellement expliquant ainsi la diminution de la MOT.

I - 6 - TROISIEME CAMPAGNE :

Cette troisième campagne fut effectuée 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.

Bien entendu, la confirmation des résultats obtenus antérieurement fut une motivation supplémentaire.

I - 6.1 - Résultats obtenus :

Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux ci-après.

TABLEAU (8 - 1) 3EME CAMPAGNE

Date : 20/04/1987

E.U.U

Heure : 11H 05MN

Jour d'aération		Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
MD	(ml/l)	5,0	6,0	8,0	9,0	-	8,5	8,0	8,0	8,5
	(mg/l)	111	114	133	157	-	148	152	147	141
MVS ₁	(mg/l)	66	81	91	89	-	87	93	64	60
MO ₁	(%)	59	71	68	56	-	58	61	44	43
MND	(mg/l)	92	87	85	79	-	81	82	87	89
MVS ₂	(mg/l)	28	21	17	25	-	18	30	27	24
MO ₂	(%)	30	24	20	31	-	22	37	31	27
MES	(mg/l)	203	201	218	236	-	229	234	234	230
MVS	(mg/l)	94	102	108	114	-	105	123	91	84
MOT	(%)	46	51	50	48	-	46	53	39	37

TABLEAU (8 - 2)

E.U.U

PARAMETRES		VALEURS
Température	(°C)	19,00
PH		7,80
DCO	(mg/l)	350,00
DBO ₅	(mg/l)	265,00
N KJELDAHL	(mg/l)	60,00
Azote organique	(mg/l)	1,56
Ammonium	(mg/l)	61,00
Nitrites	(mg/l)	0,00
Nitrates	(mg/l)	1,00
Orthophosphates	(mg/l)	40,00
Silice	(mg/l)	28,00
Détergents	(mg/l)	7,60

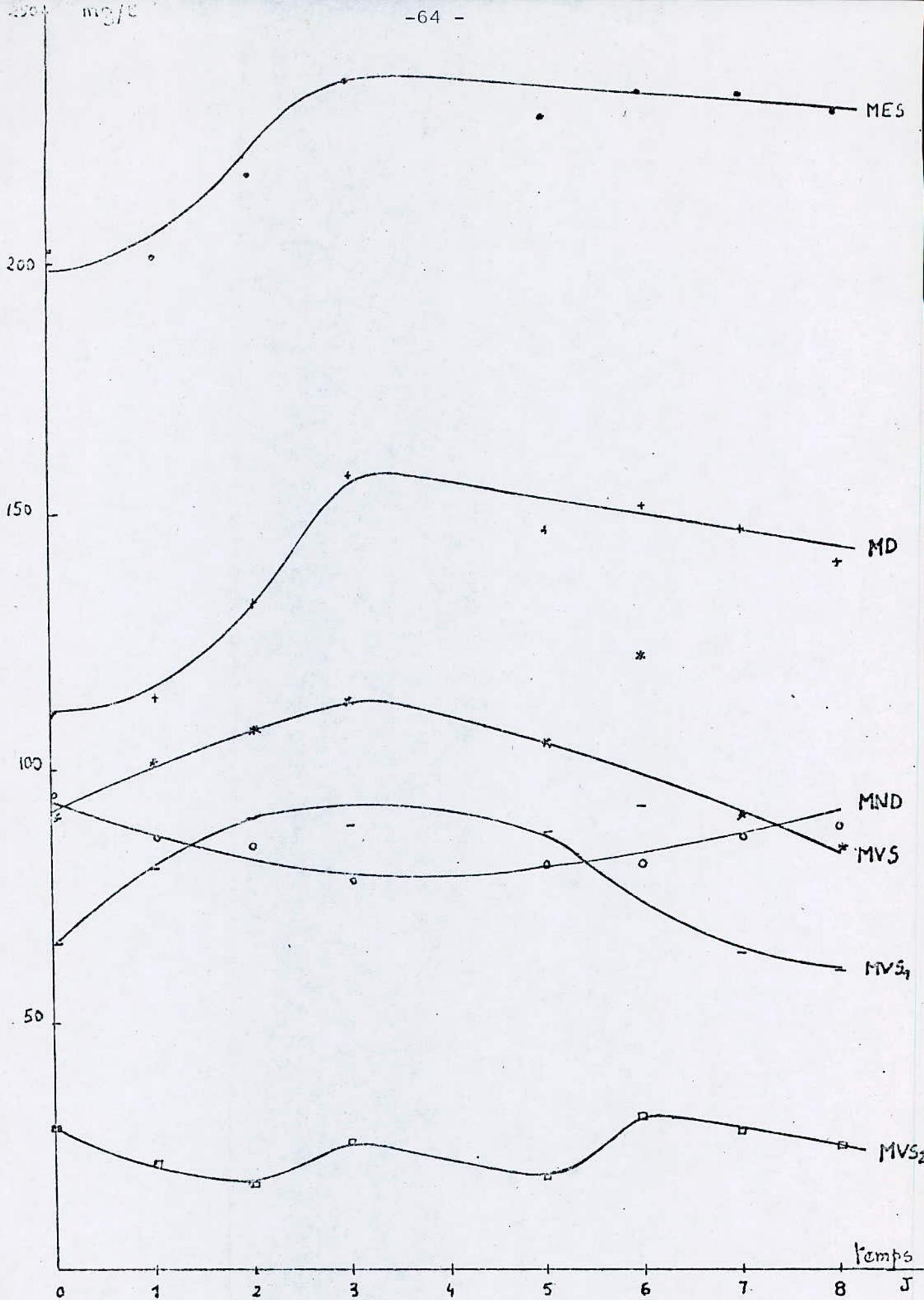


fig - 14 - Evolution des proportions des paramètres organiques en fonction du temps. (E.U.U)

FIG -15-

L'évolution des proportions de la
matière organique en fonction du temps
d'aération (E.U.U)

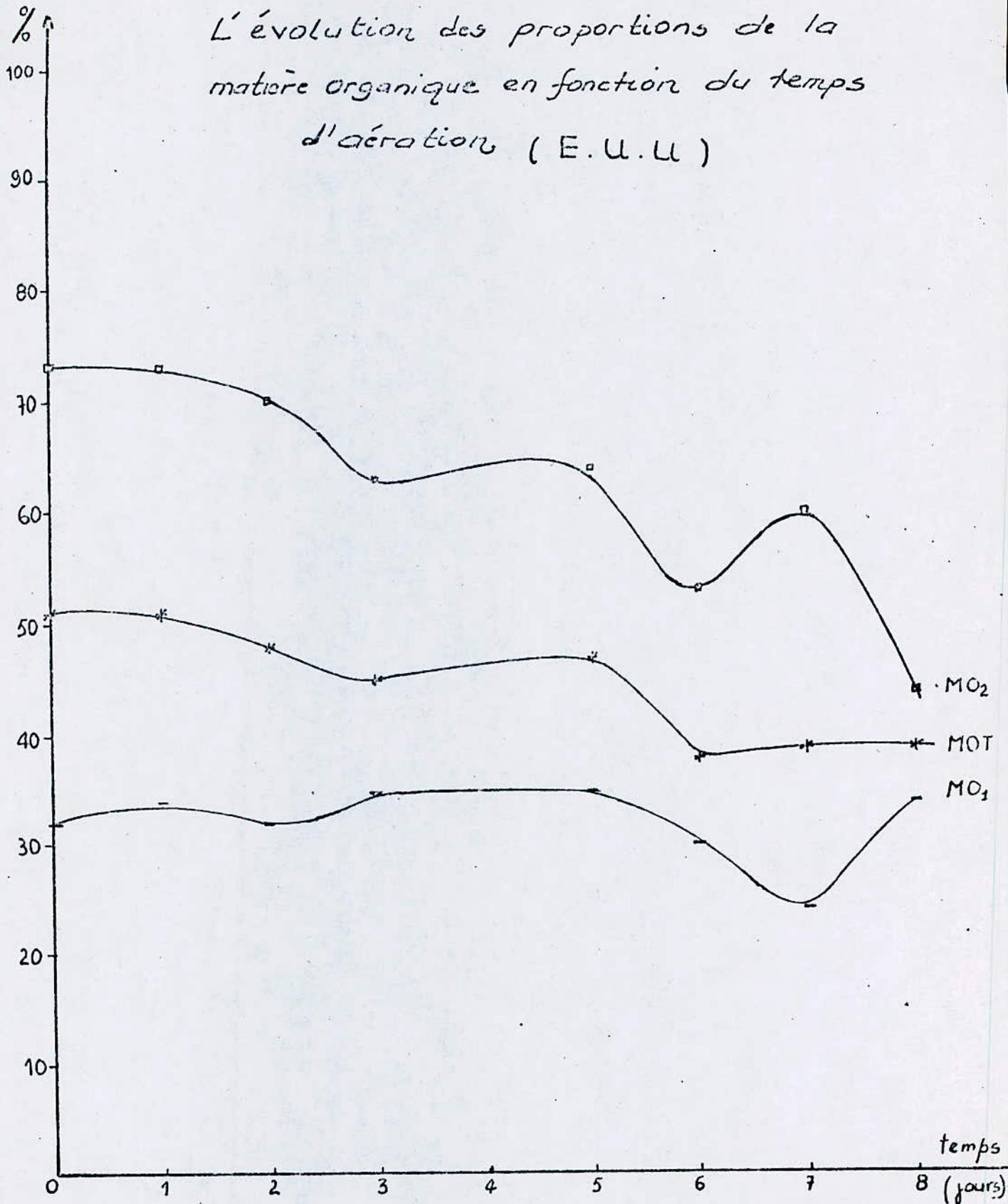


TABLEAU (9 - 1) 3EME CAMPAGNE

Date : 20/04/1987

E.U.I

Heure : 10H 30MN.

		Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
MD	(ml/l)	3	5	7	11	-	11	11	10	11
	(mg/l)	95	108	122	138	-	125	119	116	102
MVS ₁	(mg/l)	31	37	40	48	-	44	36	28	35
MO ₁	(%)	32	34	32	35	-	35	30	24	34
MND	(mg/l)	84	80	81	83	-	84	85	80	82
MVS ₂	(mg/l)	61	58	57	52	-	54	45	48	36
MO ₂	(%)	73	73	70	63	-	64	63	60	44
MES	(mg/l)	179	188	203	221	-	209	204	196	184
MVS	(mg/l)	92	95	97	100	-	98	81	76	71
MOT	(%)	51	51	48	45	-	47	38	39	39

TABLEAU (9 - 2)

E.U.I

Paramètres	et	Eléments	Valeur
Température		(°C)	20,50
PH			7,10
DCO		(mg/l)	720,00
DBO ₅		(mg/l)	237,00
Azote de KJELDAHL		(mg/l)	29,00
Azote Organique		(mg/l)	7,00
Ammonium (NH ₄)		(mg/l)	26,00
Nitrites (NO ₂)		(mg/l)	00,00
Nitrates (NO ₃)		(mg/l)	3,00
Orthophosphates		(mg/l)	6,50
Silice		(mg/l)	21,60
Détergents	}	(mg/l)	7,80
Zinc			0,30
Chrome			0,30
Manganèse			0,24
Fer			3,75

mg/l

- 68 -

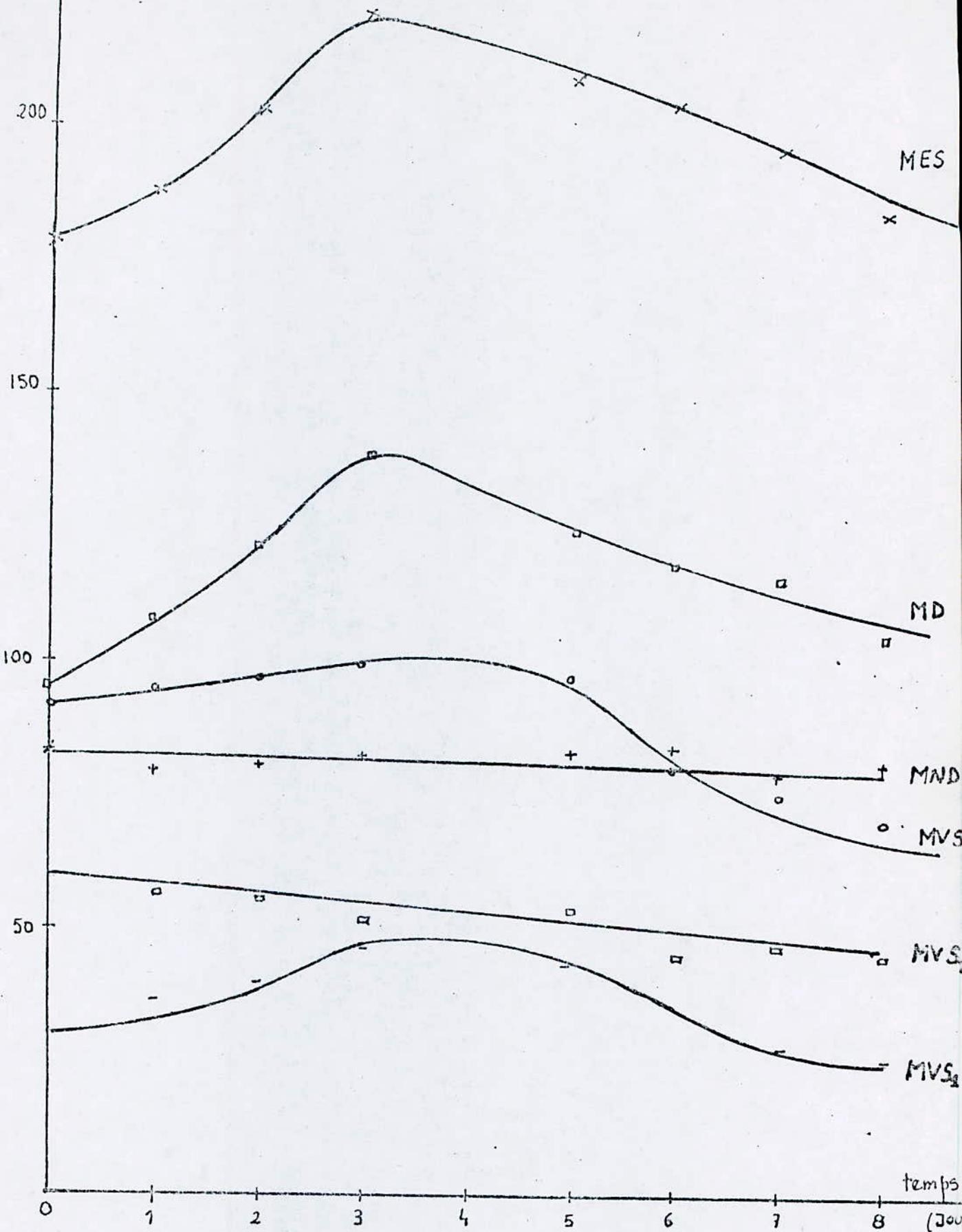
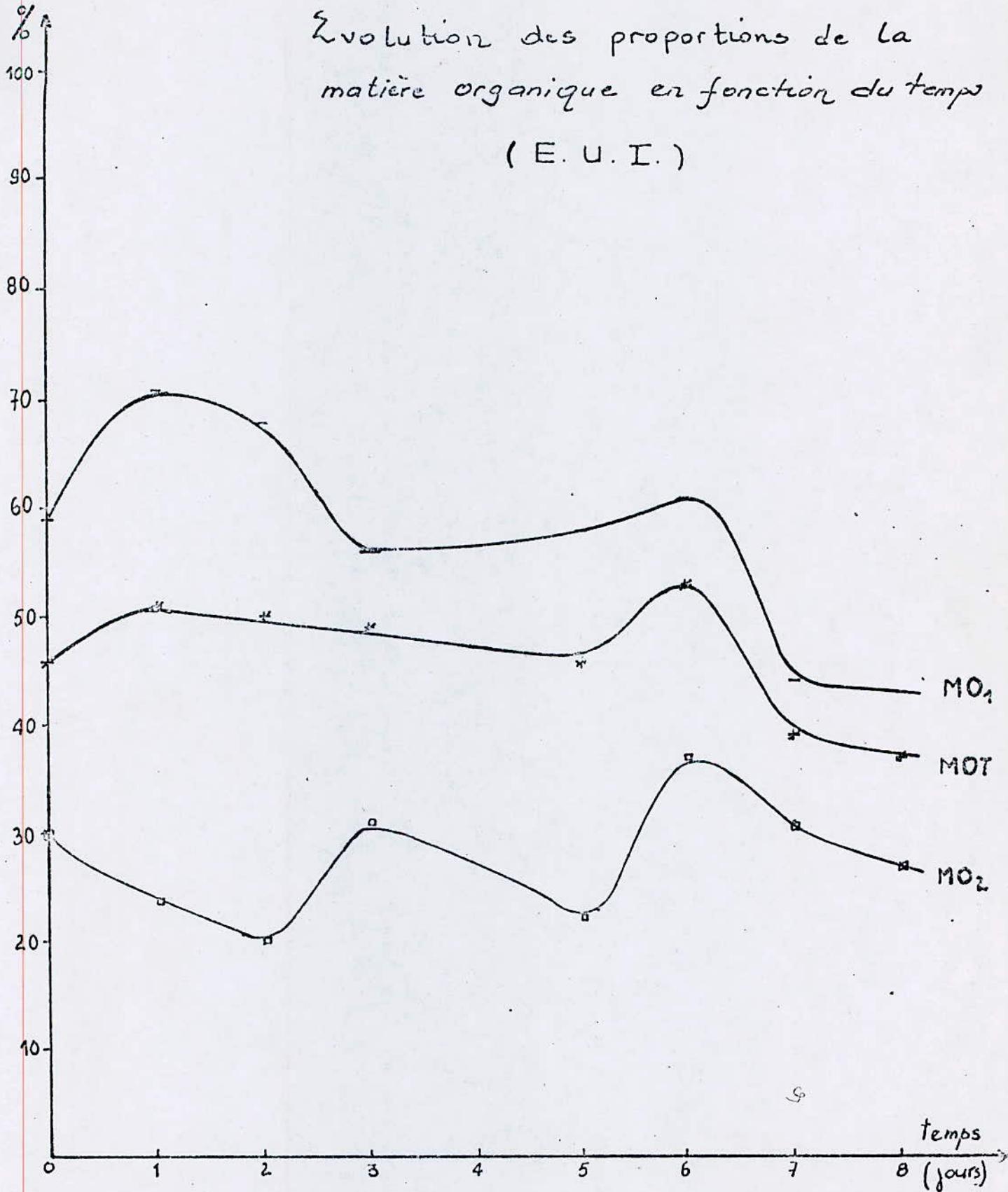


fig -16- Evolution des parametres organiques en fonction du temps (E. U. I)

FIG-17-

Évolution des proportions de la
matière organique en fonction du temps
(E.U.I.)



6.2 - Interprétation des résultats de la 3ème campagne de prélèvement :

6.2.1 - Eaux usée urbaine :

$$\begin{aligned} \text{DBO}_5/\text{DCO} &= 265/350 = 0,75 > 0,3 \\ \text{N} / \text{DBO}_5 &= 61/265 \approx 1/4 > 1/19 \\ \text{P} / \text{DBO}_5 &= 40,75/265 \approx 1/7 > 1/81 \\ \text{P/N} / \text{DBO}_5 &= 40,75 / 61/265 \approx 1/2/7 \end{aligned}$$

Le rapport DBO_5/DCO étant supérieur à 0,3 ; de même que le milieu nutritionnel se trouvant dans des conditions optimales, la traitabilité biologique de ces eaux ne s'en trouve donc que confirmée.

D'autre part, les MD ont un caractère organique. Elles augmentent en poids et en volume au début de l'aération afin de passer par une proportion maximale de (71 %) au bout d'un (01) jour d'aération, toutefois elles se stabilisent vers la fin avec tendance à la diminution :

C'est l'étape avancée de la respiration endogène.

Les MND ont quant à elles un caractère minéral, vu leur proportion en MVS_2 (30 %). Leur concentration diminue au début avec élimination partielle de matière organique (plus que 20 % au deuxième jour d'aération) pour se maintenir par la suite au commencement de la respiration endogène.

A partir de ces constatations nous pouvons affirmer que l'augmentation des MES n'est due qu'à la croissance de la biomasse qui flocculerait instantanément.

6.2.2 - Eau usée industrielle :

$$\begin{aligned} \text{DBO}_5/\text{DCO} &= 0,33 > 0,30 \\ \text{N} / \text{DBO}_5 &= 32/237 \approx 1/7 > 1/19 \\ \text{P} / \text{DBO}_5 &= 6,5/237 \approx 1/36 > 1/81 \\ \text{P/N} / \text{DBO}_5 &= 6,5/32/237 \approx 1/5/36 \end{aligned}$$

.../...

Les conditions relatives au bon déroulement d'une épuration biologique sont toutes, à un certain degré, vérifiées y compris le PH et la température.

C'est justement après cette troisième campagne que nous eûmes la confirmation par l'I.N.R.H que les eaux résiduaires industrielles étaient raccordées à un réseau d'assainissement urbain de la ville de Réghaia, chose qui assurait la dilution et le mélange d'où le caractère plus ou moins urbain de ces eaux. De plus, nous apprîmes l'existence de trois (03) autres effluents urbains à savoir : C_3 , C_4 , C_5 . (Fig 9).

Pour ce qui est des paramètres physiques, leur évolution durant les huit (08) jours d'aération nous indique que :

- les matières décantables (M.D) ont un caractère minéral vu que les proportions en matières organiques varient entre 24 et 35 %, avec une assez bonne stabilisation en fin d'aération où la phase de respiration endogène se manifeste clairement.

- les matières non décantables (M.N.D) seraient quant à elles à caractère plutôt organique ($MCO_2 = 73 \%$), mais cette matière organique est pour sa part très peu biodégradable du fait que les MND restent en concentration constante durant la période d'aération, toutefois une faible dégradation commence à s'établir nettement à partir du 5ème jusqu'au 8ème jour où la proportion en MCO_2 chute à 44 %.

L'augmentation des MES est donc certainement due à la croissance et au développement de la biomasse, puisque les MVS croient en même temps.

Pour ce qui est des métaux lourds, les quelques éléments évalués à l'I.N.R.H donnent lieu à l'optimisme puisque leurs teneurs respectives sont toutes inférieures aux normes et seuils de toxicité, ce qui ne laisse supposer à aucun phénomène d'inhibition.

En guise de récapitulatif concernant cette 3ème campagne, nous remarquerons que le caractère chimique général des eaux industrielles est par rapport aux eaux urbaines totalement différent, pourtant leurs comportements sont globalement analogues une fois soumis à l'aération.

Une étude de la biomasse existante dans les deux eaux parait nécessaire et intéressante. Ce sera en effet le domaine d'étude de la quatrième campagne de prélèvement où les résultats d'analyses micro-biologiques seront prédominants.

-7- Quatrième campagne de prélèvements :

Lors de cette campagne, les analyses effectuées sur les eaux furent essentiellement axées sur la microbiologie afin de dénombrer et d'identifier les germes totaux contenus dans les différentes eaux. Celles - ci furent d'ailleurs représentées comme à l'accoutumée par :

- un échantillon d'eau usée urbaine E.U.U ;
- un échantillon d'eau usée industrielle E.U.I ;
- et pour cette fois, un mélange des deux eaux aux proportions de 50 % chacune fut analysé et noté : MEL afin de bien vérifier l'existence, ou non, d'un quelconque phénomène d'inhibition.

Pour cela nous avons utilisé le même appareillage, et, deux (02) analyses furent effectuées pour chaque type d'eau, l'une le jour même du prélèvement et appelée : "Analyse avant traitement". L'autre par contre fut réalisée le quatrième jour d'aération qui au vu des précédents résultats représente une date où le traitement est assez avancé. Cette analyse porta la mention : "Après traitement".

Dénombrement de la microflore :

Le dénombrement fut réalisé après ensemencement par mélange à un milieu de culture (gélose nutritive) dans quatre (04) boîtes de pétri pour chaque échantillon à une dilution donnée (méthode des dilutions successives - voir Annexe -), nous avons par la suite incubé une partie des boîtes à 37°C durant 48H afin de favoriser les cultures des entérobactéries. une autre partie fut incubée à la température ambiante (22°C), pendant 72h afin de permettre le dénombrement des bactéries de l'environnement responsables de l'épuration. les résultats obtenus avant et après traitement sont regroupés au tableau (10) et représentées par les figures (18) et (19).

Les résultats obtenus étaient plus ou moins attendus puisque les entérobactéries s'éliminent à des taux très élevés alors que les souches incubées à 22°C s'éliminent moins vite du fait de la présence dans les eaux d'une quantité non encore épuisée de substrat (matière organique). Le faible taux d'élimination obtenu pour l'eau mixte (16,67 %) pourrait refléter un état préalable de latence en vue d'une adaptation bactérienne.

TABLEAU (10) 4EME CAMPAGNE

		Nombre de germes/ml à 37°C X 10 ³	Nombre de germes/ml à 22°C X 10 ³
Avant traitement	E.U.U PH = 7,20	1080	200
	E.U.I PH = 7,60	930	610
	M.E.L PH = 7,30	190	60
Après traitement	E.U.U PH = 7,40	1,6 (99,85 %)*	28,0 (8,6 %)*
	E.U.I PH = 8,00	9,2 (99,65 %)*	73,0 (88,03 %)*
	M.E.L PH = 7,50	5,0 (97,37 %)*	50,0 (16,67 %)*

(*) Taux d'élimination après traitement

fig-18-
Dénombrement des germes
incubés à 37°C

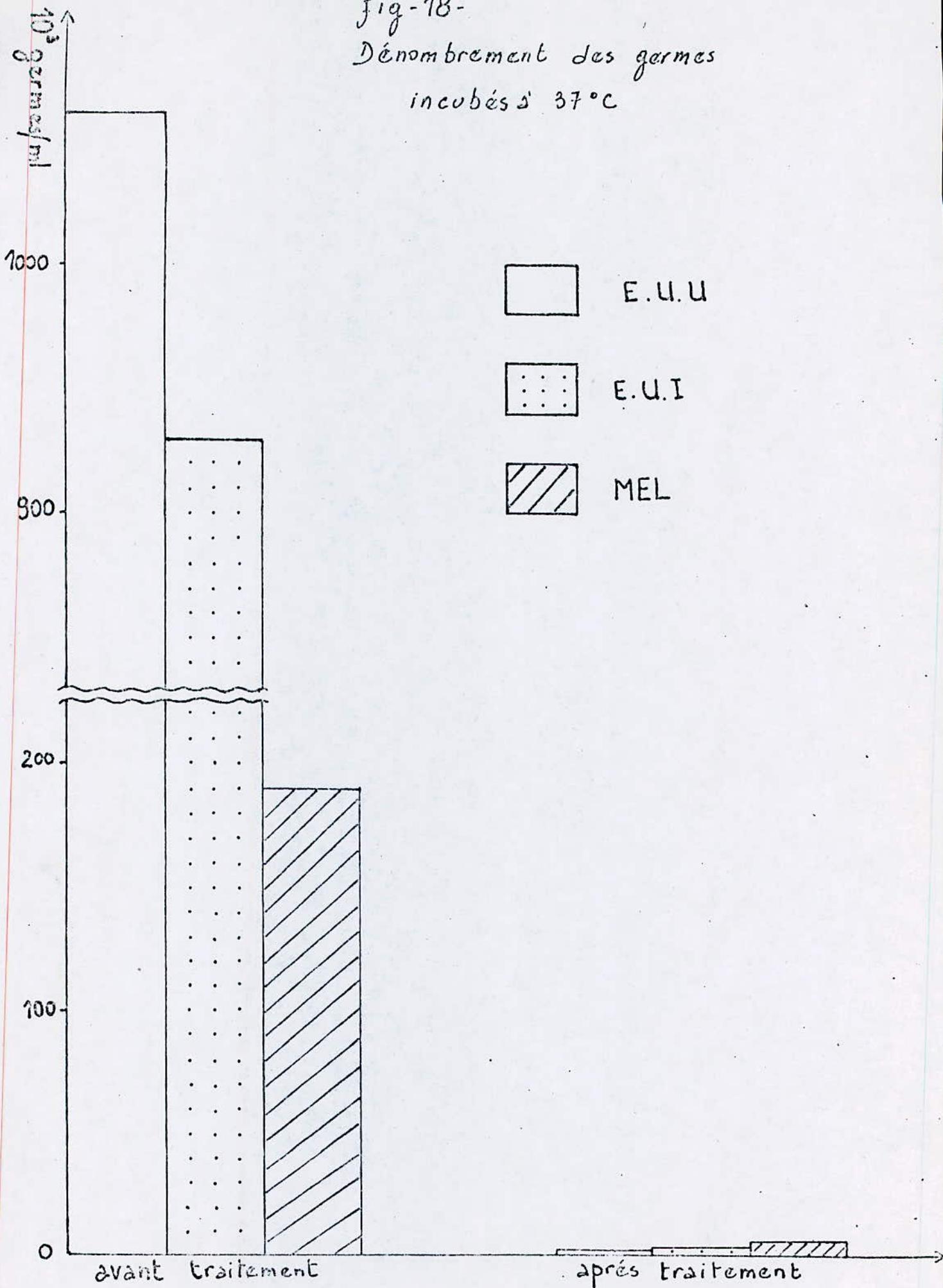
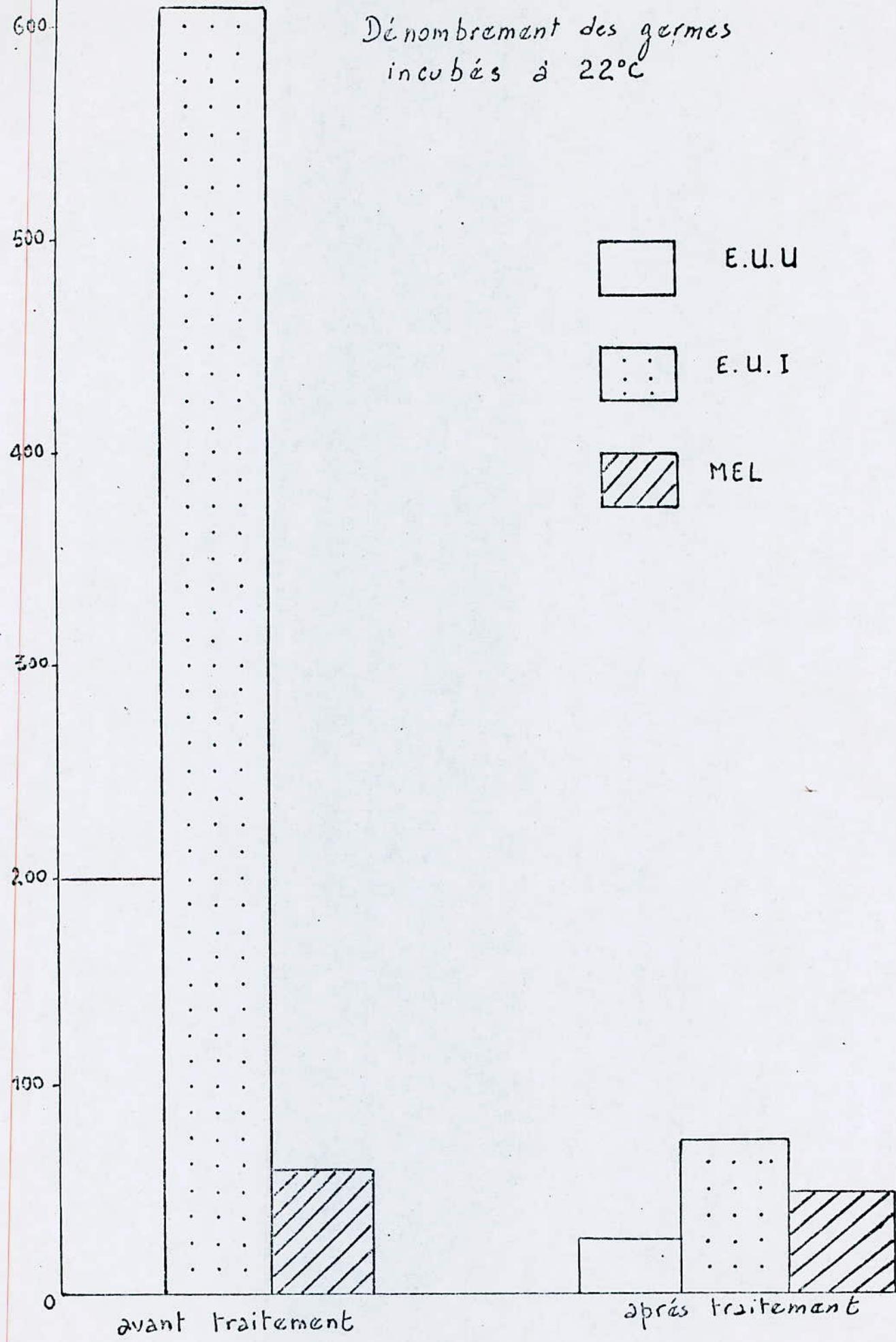


fig - 19 -

Dénombrement des germes incubés à 22°C

10^3 germes/ml



Identification des bactéries :

Les eaux usées pullulent de bactéries appartenant à différentes espèces. Leur identification n'est pas toujours facile car elles possèdent plusieurs caractères en commun.

Dans notre cas nous nous sommes limités à l'identification des genres les plus dominants contenus dans les eaux usées (urbaine, industrielles, mélangées).

Les tests bactériologiques qui ont servi à cette identification sont : GRAM, FORME, MOBILITE, OXYDASE, CATALASE, TYPE RESPIRATOIRE.

RESULTATS

TABLEAU (11)

GENRE	37°C (Avant traitement)	37°C (Après traitement)	22°C (Avant traitement)	22°C (Après traitement)
Pseudomonas	17 %	53 %	32 %	40 %
XANTHOMONAS	0 %	0 %	8 %	10 %
STREPTOCOCCUS	21 %	0 %	8 %	7 %
STAPHYLOCOCCUS	30 %	26 %	20 %	13 %
VIBRIO	17 %	13 %	16 %	7 %
BENECKEA	0 %	0 %	4 %	7 %
NEISSERIA	13 %	0 %	8 %	7 %

A partir des résultats, nous remarquons que les bactéries les plus dominantes sont celles qui appartiennent au genre pseudomonas qui sont en général des bactéries de l'environnement, trouvant ainsi dans les eaux usées un milieu favorable à leur développement, tandis que les autres genres proviennent en général des rejets humains.

I - 8 - 5EME CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

Date : 12/05/1987

TABLEAU (12)

Heure : 12H 20MN.

		E.U.I	E.U.U
DBO ₅	(mg/l)	151	231
DCO	(mg/l)	380	440
Azote de KJELDAHL	(mg/l.N)	65,52	39,00
Phosphates en PO ₄	(mg/l)	40,00	35,00
Fer en Fe	(mg/l)	24,60	1,20
Eléments toxiques ou Indésirables	Chrome tot (mg/l)	2,10	ND
	Plomb (mg/l)	ND	ND
	Cuivre (mg/l)	0,04	0,05
	Zinc (mg/l)	ND	0,34
	Manganèse (mg/l)	0,24	0,11
	Cadmium (mg/l)	ND	ND

ND : Non Décelable.

I - 8.1 - Interprétation des résultats de la cinquième campagne :

E.U.U	E.U.I
$DBO_5 / DCO \approx 0,5$	$DBO_5 / DCO \approx 0,4$
$N / DBO_5 \approx 1/6$	$N / DBO_5 \approx 1/2$
$P / DBO_5 \approx 1/7$	$P / DBO_5 \approx 1/4$
$P/N / DBO_5 \approx 1/1/7$	$P/N / DBO_5 \approx 1/2/4$

A travers les résultats obtenus aux termes des analyses effectuées, à l'I.N.R.H et se rapportant à la cinquième et ultime campagne de prélèvements, nous remarquons que non seulement les affirmations faites précédemment, à savoir, une bonne traitabilité des deux eaux du point de vue biologique sont confirmées et justifiées, mais de plus, l'eau résiduaire industrielle semble avoir les mêmes aptitudes au traitement biologique que l'eau usée urbaine. Se référer pour cela au tableau (12) qui permet aisément la comparaison.

On remarque ainsi que les paramètres chimiques (DCO, DBO_5) de l'eau usée industrielle sont bien inférieurs à ceux de l'eau usée urbaine, de même que les éléments nutritifs (N,P) s'y trouvent en abondance. Enfin, en ce qui concerne les éléments toxiques (métaux lourds) leur faible teneur n'est, en aucun cas, matière à provoquer un quelconque phénomène d'inhibition sur les micro-organismes épurateurs et remettre ainsi en cause la voie biologique du traitement, d'autant plus que celle-ci est possible puisque les conditions relatives au bon déroulement d'un traitement biologique mentionnées plus haut sont toutes vérifiées.

II - Conclusions générales :

- Les cinq (05) campagnes de prélèvements effectuées et durant lesquelles nous avons suivi l'évolution, en fonction du temps d'aération, de plusieurs paramètres tant physico-chimiques qu'organiques permettent d'affirmer qu'à travers les résultats obtenus l'essai de traitement biologique réalisé au laboratoire et appliqué aux eaux résiduaires urbaines et industrielles de la ville de Réghaia est concluant.
- Si l'eau usée urbaine ne constituait à priori aucun problème de par sa traitabilité, l'eau résiduaire industrielle supposée initialement ne pas se traiter - ou très peu - ^{par} la seule voie biologique, a, par contre très bien réagi, réaction se traduisant par une élimination concomitante de tous les paramètres sus-cités, en particulier la DCO, la DBO et les matières organiques. De même que du point de vue purement microbiologique, les germes indicateurs de contamination fécale ont été éliminés à des taux plus que satisfaisants. Tout ceci a été sans aucun doute stimulé par le fait que ces eaux (eaux résiduaires industrielles) sont diluées dans le collecteur par des eaux urbaines ce qui assure un apport en éléments nutritifs, une neutralisation ainsi qu'une éventuelle régularisation de la température. Toutefois le problème des éléments toxiques subsistera toujours mais pour ce qui est des métaux lourds par exemple, leur sédimentation à l'intérieur de la conduite fait en sorte que leur concentration baisse à la sortie de l'ovoïde, d'où les faibles concentrations obtenues à travers les différentes campagnes. Mais ceci ne représente qu'une situation fortuite puisque ces métaux sédimentés à l'intérieur de la conduite peuvent en être expulsés à l'occasion d'une augmentation brusque de débit ce qui peut présenter de grands inconvénients à une éventuelle station de traitement.

.../...

.....

Quoi qu'il en soit, il est certain que l'adaptation de la majorité des micro-organismes se fasse déjà à l'intérieur même de la conduite, avant rejet dans l'Oued.

Cependant, le caractère très variable des eaux usées industrielles nous force à observer une certaine prudence quant à des conclusions hâtives et prématurées, sachant que des essais de traitabilité s'étalent sur plusieurs mois d'analyses et d'observations. De plus, la période durant laquelle nos prélèvements ont été effectués a été caractérisée par une certaine latence industrielle - vu la conjoncture économique que traverse actuellement le pays - ce qui explique, plus ou moins, le "caractère urbain" des eaux résiduaires industrielles étudiées.

De ce fait nous recommandons pour le proche avenir, l'implantation d'une station d'épuration pilote dans les lieux mêmes, ou une étude plus approfondie de ces eaux, surtout l'industrielle, qui présente des caractères très variable pourra en faire sortir une décision définitive et réelle à travers un minimum d'une année d'analyses.

Toujours est-il que certaines mesures doivent être prises dans l'immédiat telles que l'interdiction de rejeter des substances toxiques ou indésirables par les effluents urbains. Les concentrations en métaux obtenus lors de la cinquième campagne sont mêmes inquiétantes.

III - Mesures à prendre par les unités industrielles avant de déverser leurs eaux résiduaires dans le réseau d'assainissement urbain.

Diverses opérations représentant un traitement primaire doivent être effectuées au niveau de chaque unité industrielle avant de déverser leurs eaux dans le réseau d'assainissement urbain.

Ces opérations concernant les eaux résiduaires industrielles consisteront à réaliser :

- une régularisation du débit des effluents ;
- un équilibre des concentrations en matières polluantes entre les eaux résiduaires industrielles et urbaines exemple : matières décantables, en suspension ou organiques ;
- un refroidissement des effluents provenant d'eaux de refroidissement ;
- une élimination ou séparation des substances toxiques et nocives.

Ces différentes opérations pourront être effectuées en totalité ou seulement partiellement.

Notons toutefois que les 3 première peuvent être réalisées conjointement dans un même bassin. (bassin d'égalisation et d'attente).

De plus les entreprises industrielles consommant de grandes quantités d'eaux devront, dans la mesure du possible, recycler les eaux résiduaires et les utiliser plusieurs fois dans le circuit interne de l'usine et ceci en application de l'article 74 titre IV chapitre III relatif au eaux industrielles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) - A. GAID Epuration biologique des eaux usées urbaines
Tome - I - (1984).
- (2) - H. ROQUES Fondements théoriques du traitement biologique
des eaux usées VOL - I -
- (3) - J.P BECHAC P. BOUTIN ; B. MERCIER. Traitement des eaux
usées (1983).
- (4) - G. MARTIN Point sur l'épuration et le traitement des
effluent (1982) VOL - 1 -
- (5) Cours de microbiologie de Madame MADEVA (ENP 1986)
- (6) - J.P LARPENT Eléments de microbiologie (1985);
- (7) - F. EDELINE Epuration biologique des eaux usées (1979).
- (8) - F. RAMADE Ecotoxicologie.
- (9) - O.C.D.E Epuration des eaux résiduaires mixtes indus-
trielles et urbaines.
- (10) - F. MEINCK ; H. STOOF - Les eaux résiduaires industrielles
2ème édition.
- (11) - Paul BROUZES Précis d'épuration biologique (1973).
- (12) - W.W. ECKENFELDER Gestion des eaux usées urbaines et indus-
trielles (1982).
- (13) - S. BOUTRIA P.F.E Etude de la pollution de la zone ROUIBA -
REGHAIA (Janvier 1986);

.../...

-
- (14) - C. PILET ; J. BOURDON ; N. MARCHAL : Bactériologie médicale et vétérinaire 2ème ED (1983)
 - (15) - T.P De biochimie N° 5 et 6. Fen 203. Dr A. DOWGIALLO.
 - (16) - ALLEN. S.E Chemical Analysis of ecological materiels.
 - (17) - J. RODIER. L'analyse de l'eau 7ème Edition (DUNOD).
 - (18) - J.P GUIRAUD ; P. GALZY : L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires (1980)

A N N E X E

I - Analyses chimiques et physiques :

1) Demande chimique en oxygène (DCO).

La mesure de la DCO se fait à l'aide d'un oxydant énergétique comme le bichromate de potassium en milieu acide pendant 2h. (17)

2) Les matières en suspension (MES).

Elles se mesurent par filtration ou centrifugation. Les teneurs en matières en suspension sont obtenues après séchage à 105°C d'un volume connu d'échantillon. (17)

3) Les matières volatiles en suspension (MVS).

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C, d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. (17)

4) Les matières décantables et non décantables.

Les matières décantables représentent la fraction décantable, des MES qui sédimentent pendant 2h. L'essai est réalisé dans des éprouvettes cylindriques. Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant.

5) Détermination de l'azote.

L'analyse de l'azote total est basée sur le principe de KJEDHAL (minéralisation dans H_2SO_4 produit NH_4^+) (TP biochimie n° 5 et 6 module Fe N 203).

6) Mesure du phosphore total.

Minéralisation du phosphore total en orthophosphate pour analyse photométrique.

(ALLEN. S.E (editor) chemical analysis of ecological materials). (16)

II - Analyse bactériologique :

1) Méthode des dilutions :

Dans un ensemble de tubes stérilisés contenant 9 ml d'eau physiologique, on effectue les dilutions suivantes :

.../...

.....

- de l'échantillon considéré, on prélève près de la flamme du bec de gaz 1 ml que l'on met dans un premier tube et que l'on agite.
- de ce tube contenant la dilution 10^{-1} , on prélève 1 ml toujours auprès de la flamme que l'on met dans un second tube que l'on agite.
- prendre un 3ème tube et ajouter 1 ml de la dilution 10^{-2} effectuée précédemment.
- faire ainsi jusqu'à la dilution 10^{-6} .

Toutes les manipulations sont effectuées auprès de la flamme.

2) Coloration de GRAM.

J.P. GUIRAUD et P. GALZY : l'analyse microbiologique dans les industries alimentaires (1980).

La coloration de GRAM a pour but de déterminer la propriété qu'a la membrane des bactéries de retenir ou non les colorants.

Si les bactéries retiennent les colorants, elles sont GRAM(+) et sont colorées par le violet de GENTIANE.

Si les bactéries ne retiennent pas le colorant, elles sont GRAM (-) et apparaissent roses.

3) Test catalase :

Sur une lame, on dépose une goutte d'eau oxygénée (H_2O_2), on prélève une partie de colonie que l'on introduit dans la goutte de H_2O_2 . Le test est positif dans le cas où on observe des bulles d'air signifiant un dégagement d'oxygène (O_2).

4) Test respiratoire (**18**) BOUKHEMIA.

à l'aide d'une pipette pastur on prélève une colonie qu'on ensemence helicoidalement dans un tube contenant de la gelose viande de foie (V.F), le tube est incubé dans l'étuve à $37^{\circ}C$ pendant 24h.

Résultats :

.../...

-
- si les bactéries apparaissent à la surface du tube elles sont aérobies strictes.
 - si au contraire elle apparaissent au fond du tube elles sont anaérobies.
 - si elles apparaissent le long de parois elles sont aérobies facultatives.

5) Test oxydase :

Sur une lame, on dépose un disque "OX" imbibé d'eau physiologique, une parcelle de la culture est déposée à sa surface, une coloration rose se manifeste au bout de 30 secondes en cas de réaction positive.

