

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

2 ET
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA

 POLLUTION ENGENDREE PAR

LENIAD: U11 ET DE SON IMPACT

SUR LE LAC DE REGHAIA

Proposé par :

Dr. Ing. A KETTAB

Etudié par :

Melle SEGHOUANI H.

Mr. ALLIA L.

Dirigé par :

Melle BENSADOK K

Mr. DOWGIALLO A.

PROMOTION : JUIN 86

Baroness



H. H. H.

Cher lecteur

Vous serez bien gentil d'excuser les éventuelles erreurs qui
auraient réussi à s'infiltrer dans le texte

Merci

DEDICACES

Je dédie cet humble travail :

- à ma mère
- à mon père
- à tous mes frères et soeurs, à ma nièce et à mon cousin Brahim
- à Lakhdar
- à Nouar mon ami
- à tous mes amis (es) et particulièrement : Nora, Mamy, Salah, Kenza, Gerard et Nourredine.

Houria

Je dédie ce très modeste travail :

- à mon père
- à ma mère
- à mes frères et soeurs
- à Houria
- à Mohamed ATTAILYA
- à Kenza
- à Mamy

Lakhdar

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont tout d'abord à Melle K. Bensadok et à Mr A. Dowgiallo, nos promoteurs et amis. Les mots ne sauraient exprimer toute notre gratitude pour la patience exemplaire dont ils ont fait preuve. Pour le temps qu'ils nous ont réservé, ce travail leur doit énormément.

Nous tenons à remercier très vivement notre ami et collègue Mr Nouar Mabrouk, ainsi que tout le personnel de l'ENAD et de l'ANPE.

Nous remercions également :

- Melle Allia directrice de l'institut de chimie industrielle de l'USTHB.
- Messieurs Bendaoud et Benhabyles respectivement Directeur et Gestionnaire de l'ENAD Reghaia.
- Messieurs Mostefai et Rebbah de l'ANPE.
- Monsieur Belkadi, Mme Maria et Messieurs Djilali Amar et Rabah du laboratoire de l'ENAD.
- Monsieur Kettab, directeur du département hydraulique de l'ENPA.
- Melle Arrar enseignante au département du génie de l'environnement.
- Melle Salem Zineb
- Mr Khelifi Amar, Mr Medouar et Mr Smail du centre cynégétique de Reghaia.
- Mr Si Ahmed du Vice-Ministère de l'environnement.
- Melle Gueffaf de l'INRH.
- Mr Diyah de l'hôpital Mustapha.
- Messieurs Louis et Gerard Colomb.
- Monsieur Haouara Azzedine.
- Mesdemoiselles Boutira Samira et Laribi Leila.

Les uns pour leurs conseils, d'autres pour leurs services et leur loyauté.

Que toute personne qui a participé ou aidé, de près ou de loin ce travail, soit ici remerciée.

Nous tenons à remercier les membres du jury pour avoir bien voulu apprécier notre travail.

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau A1 : Concentrations limites des rejets après traitement.	33
Tableau A2 : Concentrations limites pour le déversement des eaux usées (Normes Suisses).	34
Tableau B1 : Résultats des analyses à l'ENAD (température, PH, DBS)	36
Tableau B2 : Résultats des analyses au collecteur (Température, PH, DBS).	37
Tableau B3 : Résultats des analyses à l'oued (Température, PH, DBS).	37
Tableau B4 : Résultats des analyses à l'ENAD (T, PH, Ortho et Polyphosphates).	42
Tableau B5 : Résultats des analyses au collecteur (T, PH, Ortho et Polyphosphates).	44
Tableau B6 : Résultats des analyses à l'oued (T, PH, Ortho et Polyphosphates).	46
Tableau B7 : Résultats des analyses dans le lac.	48
Tableau B8 : Résultats des analyses à l'ENAD (T, PH, Sulfates).	49
Tableau B9 : Résultats des analyses au collecteur (T, PH, Sulfates).	51
Tableau B10 : Résultats des analyses à l'oued (T, PH, Sulfates).	53
Tableau B11 : Résultats des analyses à l'ENAD (T, PH, Silicates).	57
Tableau B12 : Résultats des analyses au collecteur (T, PH, Silicates).	58
Tableau B13 : Résultats des analyses à l'oued (T, PH, Silicates).	58
Tableau B14 : Résultats des analyses à l'ENAD (T, PH, DCO).	60
Tableau B15 : Résultats des analyses au collecteur (T, PH, DCO).	60
Tableau B16 : Résultats des analyses à l'oued (T, PH, DCO).	62
Tableau B17 : Résultats des analyses du Samedi 12/04/86.	62

Tableau B18 :	Résultats des analyses à l'ENAD (T, PH, MES, Résidu sec et pertes au feu).	64
Tableau B19 :	Résultats des analyses au collecteur (Résidu sec et pertes au feu).	65
Tableau B20 :	Résultats des analyses au collecteur (T, PH, MES).	65
Tableau B21 :	Résultats des analyses à l'oued (Résidu sec et pertes au feu).	66
Tableau B22 :	Résultats des analyses à l'oued (T, PH, MES).	66
Tableau B23 :	Résultats des analyses à l'oued (T, Profondeur, Oxygène dissous).	71
Tableau C1 :	Résultats des mesures dans le lac (T, Profondeur, Oxygène dissous).	72
Tableau C2 :	Résultats des mesures dans le lac (T, Profondeur, Oxygène dissous).	79
Tableau C3 :	Résultats des mesures dans le lac (T, Profondeur, Oxygène dissous).	87 & 88

L I S T E D E S F I G U R E S

	Pages
Figure A1 : Représentation schématique des relations entre la production primaire, les variables internes du système aquatique et les variables externes indépendantes du système.	04
Figure A2 : Schéma des différents types de lac.	06
Figure A3 : Schéma du cycle du phosphore.	13
Figure A4 : Schéma des étapes successives de l'eutrophisation naturelle d'un lac.	15
Figure A5 : Schéma des principales phases de la dystrophisation des eaux en faciès lentique.	18
Figure A6 : Schéma du mode d'action des détergents.	20
Figure A7 : Schéma des points de prélèvements.	
Figure B1 : Variation horaire des teneurs en DBS des rejets de l'ENAD.	38
Figure B2 : Variation spatiale des teneurs en DBS.	39 & 40
Figure B3 : Variation horaire des teneurs en phosphates des rejets de l'ENAD.	43
Figure B4 : Variation horaire des teneurs en phosphates dans le collecteur.	45
Figure B5 : Variation horaire des teneurs en phosphates dans l'oued.	47
Figure B6 : Variation horaire des teneurs en sulfates des rejets de l'ENAD.	50
Figure B7 : Variation horaire des teneurs en sulfates dans le collecteur.	52
Figure B8 : Variation horaire des teneurs en sulfates dans l'oued.	54
Figure B9 : Variation horaire des teneurs en sulfates.	55
Figure B10 : Variation horaire des teneurs en silicates.	59
Figure B11 : Variation spatiale de la DCO.	61
Figure B12 : Variation horaire de la température.	67
Figure B13 : Variation horaire du PH.	69 & 70

Figure C1 : Répartition des points de mesure d'oxygène et de température dans le lac (10/03/86).	73
Figures C2 à C13 incluse : Variation de la température et de l'oxygène dissous en fonction de la profondeur dans le lac à différents moments et en différents points.	74 à 86
Figure C14 : Répartition des points de mesure de la température et de l'oxygène dissous dans le lac.	89
Figures C15 à C18 incluse : Variation de l'oxygène dissous et de la température en fonction de la profondeur, à différents moments et en différents points.	90 à 93
Figure C19 à C22 incluse : Isolignes d'oxygène dissous au niveau du lac à différents moments et en différents points.	94 96 à 98
Figure C23 : Evolution dans le temps des profils verticaux d'oxygène et de température dans le lac : hiver-printemps 1986.	99
Figure C24 : Isolignes de profondeur approchées dans le lac : printemps 1986.	100

S O M M A I R E

PARTIE THEORIQUE

- I- INTRODUCTION
- II- BUT DU TRAVAIL
- III- GENERALITES : DEFINITIONS DE QUELQUES SYSTEMES D'EAU DOUCE
- IV- PRINCIPAUX PARAMETRES AFFECTANT LA VIE DANS LES LACS
 - IV-1. La production primaire
 - IV-2. La lumière
 - IV-3. La température
 - IV-4. L'oxygène dissous
 - IV-4.1. Principaux paramètres influençant l'oxygène dissous
 - IV-4.2. Importance biologique de l'oxygène dissous
 - IV-4.3. Cycle de l'oxygène dissous dans les lacs
 - IV-4.4. Influence de la pollution sur les profils horizontaux de l'oxygène dissous
 - IV-4.5. Nuisances dues au manque d'oxygène dissous
 - IV-5. Les sels nutritifs
 - IV-5.1. Les phosphates
 - IV-5.2. Les nitrates
 - IV-5.3. La silice
 - IV-5.4. Le soufre et les sulfates
 - IV-6. Les sels neutres
 - IV-7. Le plancton
 - IV-8. La pollution toxique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

- V- LE PHOSPHORE ET LES COMPOSES PHOSPHORES DANS LES LACS
 - V-1. Origine du phosphore dans les lacs
 - V-2. Formes de phosphore présentes dans les eaux
 - V-3. Importance et rôle du phosphore dans les eaux
 - V-4. Nuisances et toxicité
- VI- DIVERS ETATS TROPHIQUES D'UN LAC
 - VI-1. L'eutrophisation naturelle
 - VI-2. La dystrophisation ou hyperfertilisation
- VII- LA POLLUTION DES EAUX PAR LES DETERGENTS
 - VII-1. Définition des détergents
 - VII-2. Composition des détergents
 - VII-3. Classification des détergents
 - VII-4. Mode d'action des détergents
 - VII-5. Biodégradabilité des détergents anioniques
- VIII- DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES DU DOMAINE DE TRAVAIL
 - VIII-1. L'unité ENAD détergents de Réghaia
 - VIII-1.1. Matières premières utilisées
 - VIII-1.2. Matières chimiques utilisées
 - VIII-1.3. Consommation et rejets journaliers des eaux
 - VIII-1.4. Description du procédé de fabrication
 - VIII-1.5. Effluents liquides
 - VIII-2. Le collecteur et l'oued Réghaia
 - VIII-3. Le lac de Réghaia
 - VIII-3.1. Historique
 - VIII-3.2. Caractéristiques du lac
 - VIII-3.3. Bilan hydrique du lac
 - VIII-3.4. Impact de la pollution sur le lac

PARTIE EXPERIMENTALE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

I- ANALYSES

I-1. Introduction

I-1.1. Points de prélèvement

I-1.2. Variations horaires des prélèvements

I-1.3. Modes de prélèvements et d'analyses des échantillons

I-1.4. Normes

I-2. Première campagne d'analyses

I-2.1. Le dodécylbenzènesulfonate

I-2.2. Les phosphates

I-2.3. Les sulfates

I-2.4. Les silicates

I-2.5. La DBO

I-2.6. La DCO

I-2.7. MES, Résidu sec et pertes au feu

I-2.8. La température

I-2.9. Le PH

I-2.10. L'oxygène dissous

I-2.11. Aspect de l'eau

I-3. Deuxième campagne d'analyses

I-3.1. Analyses du 10/03/86

I-3.2. Analyses du 16/03/86

I-3.3. Analyses du 21/03/86

I-3.4. Isolignes d'oxygène dissous

I-3.5. Evaluation dans le temps des profils verticaux
d'oxygène dissous

I-3.6. Commentaires sur les profils batimétriques

I-3.7. Remarques

I-3.8. Récapitulatif

I-4. Conclusion

II- LUTTE ET PREVENTION

II-1.Introduction

II-2.Lutte contre la pollution au niveau de l'ENAD

II-2.1.Dispositions prises par l'unité

II-2.2.Dispositions à prendre dans l'immédiat et à l'avenir

II-3.Lutte contre la pollution au niveau du collecteur

II-4.Regénération d'un cours d'eau

II-4.1.Curage et recalibrage

II-4.2.Le faucardage

II-5.Restauration des lacs

II-5.1.Restauration par moyens écologiques

II-5.2.Restauration par aération artificielle des couches profondes

II-5.3.Restauration des lacs par mesures hydrologiques

II-5.4.Exemples de l'expérience internationale en restauration des lacs

III- RECOMMANDATIONS

III-1.Au niveau de l'ENAD

III-2.Au niveau de la zone industrielle

III-3.Au niveau de l'oued

III-4.Au niveau du lac

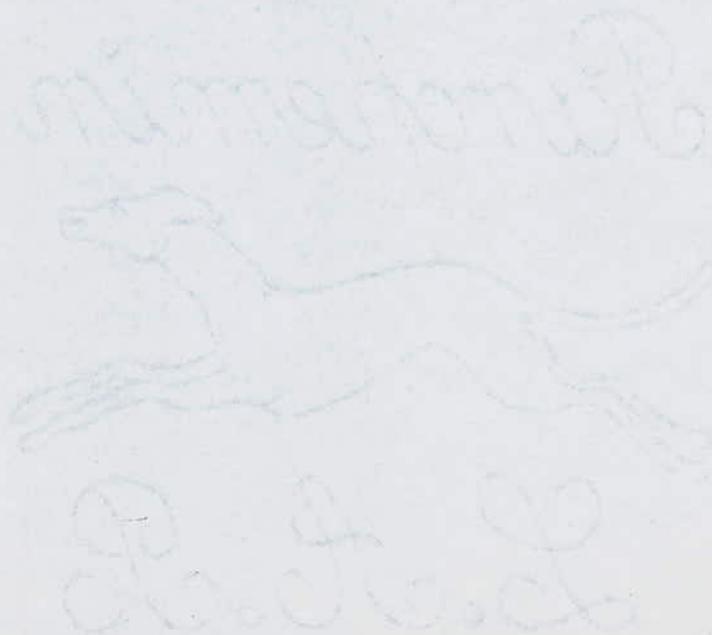
IV- CONCLUSION GENERALE

V- DIRECTIVES FUTURES

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

PARTIE THEORIQUE



I - INTRODUCTION

L'humanité toute entière observe en même temps deux phénomènes:

- Le développement urbain et industriel, et la démographie phénomène croissant à une allure vertigineuse au fil des années et engendrant un éventail de pollutions telles que:

- . pollution atmosphérique,
- . pollution des eaux,
- . pollution par le bruit,
- . pollution des sols,
- . pollution radioactive etc...

- Le pouvoir auto-épurateur, de plus en plus compromis par la dispersion des résidus toxiques, décroît chaque jour et tend vers un épuisement complet.

Les spécialistes de l'environnement estiment que si l'on veut établir une hiérarchie des pollutions en fonction de leur gravité, il faut classer en tête la pollution des eaux: celle des cours d'eau, des lacs, des nappes et celle des eaux littorales et même des eaux marines en général.

La dégradation de la biosphère menace les richesses esthétiques de la terre et les éléments rares et précieux de sa faune et de sa flore; mais elle menace surtout de disparition les ressources hélas limitées indispensables à la survie de l'humanité.

Dans beaucoup de pays, la faune et la flore des rivières et des lacs est en cours de destruction sous l'effet de certaines pollutions; le fond des rivières et des lacs est en voie de putréfaction.

"Les rivières polluées, les bancs de poissons défilent le ventre en l'air, les accumulations de déchets dans les sites naturels sont les spectacles affligeants du monde moderne dit civilisé".(37)

L'homme est angoissé quand il découvre l'ampleur galopante des nuisances qui empoisonnent la vie moderne.

Et une seule idée jaillit dans son esprit:

IL EST TEMPS D'AGIR.

II - BUT DU TRAVAIL

Notre étude s'inscrit dans le cadre du plan d'action antipollution du lac de REGHAIA, élaboré par Messieurs les Vice-Ministres de l'aménagement du territoire et de l'environnement et des Forêts.

Le lac de REGHAIA est partiellement alimenté à partir de la nappe d'eau de la MITIDJA et ouvre sur la mer. Il abrite de nombreuses espèces de poissons et d'oiseaux migrateurs. En tant que plan d'eau naturel, il a une vocation multiple mise en évidence par :

- le centre cynégétique implanté sur une de ses berges
- la station de pompage d'eau pour l'irrigation des vergers et des potagers riverains
- la future station récréative et piscicole

Cependant, à l'encontre de cette vocation, le lac de REGHAIA sert de collecteur et de réservoir des pollutions diverses provenant d'une part des déchets urbains et industriels des villes de ROUIBA et de REGHAIA et d'autre part des eaux traversant les terres agricoles engendrant un lessivage d'engrais et des pesticides.

Dans sa partie amont principalement, on constate que le lac a dépassé le seuil de pollution admissible mais continue tout de même à vivre du point de vue piscicole avec l'enregistrement périodique de mort de poissons.(25)

Avec la surexploitation de la nappe au niveau de la zone industrielle Rouiba-Reghaia, on craint que le lac ne soit alimenté que par les eaux usées, perdant ainsi toutes ses capacités d'auto-épuration et ne contamine ensuite la nappe par des intrusions salines.(25)

Le plan d'action antipollution du lac de Reghaia a pour but de réduire puis d'enrayer la pollution affectant ce lac.

Le but de notre travail consiste en l'étude des rejets d'une des vingt deux(22) industries considérées comme potentiellement polluantes, il s'agit en l'occurrence de l'Entreprise Nationale des Détergents Unité de Réghaia.

Nous nous proposons d'une part d'étudier les profils de quelques paramètres de pollution depuis l'ENAD jusqu'au lac, et de ce fait, la contribution de l'ENAD à la pollution de ce dernier, et d'autre part de déterminer le stade de dégradation.

III-GENERALITES: DEFINITION DE QUELQUES ECOSYSTEMES D'EAU DOUCE

III-1.MARAIS

Un marais est une eau stagnante très peu profonde, sans écoulement, ou il est impossible de pénétrer ni à pieds ni en embarcation en raison de l'abondance de vase et d'une végétation aquatique verticale(2).

III-2.ETANG

Un étang est une étendue d'eau fermée dont la profondeur moyenne est inférieure à 5m et qui peut être colonisée sur toute son étendue par la flore littorale.

Les étangs sont souvent des lacs artificiels que l'homme assèche, remplit, réduit et conditionne à son gré dans le but d'en tirer le meilleur profit(2).

III-3.LAC

On désigne sous le nom de lac toute cuvette naturelle ou artificielle, ayant une entité hydrobiologique certaine.Un lac est un cours d'eau lentique(12).

IV-B-PRINCIPAUX FACTEURS AFFECTANT LA VIE DANS LES LACS

IV-.1.La production primaire

La production primaire est la synthèse de matière organique par des organismes autotrophes. Un organisme autotrophe fixe le CO_2 pour le transformer en matière organique. L'énergie nécessaire à cette réaction provient soit de l'énergie solaire pour les êtres phototrophes, soit de l'oxydation d'un composé minéral pour les êtres chimiolithotrophes.

Ces organismes ont besoin en plus du CO_2 , de quelques substances minérales dissoutes (N,P,K,Ca,Mg,Si,Fe,...) pour l'édification de nouveaux tissus.

Les facteurs essentiels influant la production primaire sont : la présence de microorganismes capables de photosynthèse (phytoplancton), la lumière, la température, les sels nutritifs, la turbidité, etc...

Nous ne détaillerons que quelques uns de ces facteurs; les plus intéressants pour notre étude. La figure A1 schématise les principales relations de la production primaire, avec ces paramètres.

IV-.2.La Lumière

La lumière est le facteur essentiel pour la photosynthèse. En général, il existe deux zones dans les lacs :

- la zone trophogène ou euphotique : c'est la zone comprise entre la profondeur zéro et la profondeur à laquelle il n'arrive que 1% de la lumière incidente et ce en fonction de l'éclairement et de la turbidité qui arrête les rayons lumineux diminuant fortement la photosynthèse,

- la zone tropholitique ou oligophotique : c'est la zone située au fond du lac où seule une petite proportion (1%) de la lumière incidente arrive.

Pour chaque groupe d'organismes photosynthétiques, il existe des flux et des radiations lumineuses caractéristiques pour lesquels la production est optimale.

IV-.3.La Température

Influençant directement le métabolisme végétal ou animal, la température peut constituer un facteur de contrôle ou un facteur létal.

D'après la loi de Vant'Hoff, l'activité métabolique photosynthétique double chaque fois que la température augmente de $10^{\circ}C$ (11,12).

Cependant chaque espèce a un intervalle de température optimum pour sa production primaire.

Un accroissement de température sera toujours suivi par une diminution du taux d'oxygène dissous. Les besoins respiratoires des animaux à sang froid sont multipliés par 2,2 fois pour une élévation de température des eaux de $10^{\circ}C$ (30).

D'autre part, en cas de forte pollution, la température agit comme facteur synergique en abaissant fortement les seuils de toxicité de certains polluants par le mécanisme suivant:

la température augmente ---> il ya moins d'oxygène dissous ---> le poisson a besoin de réaliser une circulation branchiale intense qui assure le contact des branchies avec la grande quantité d'eau nécessaire à leur oxygénation ---> il sera de plus en plus en contact avec le polluant ou le toxique.

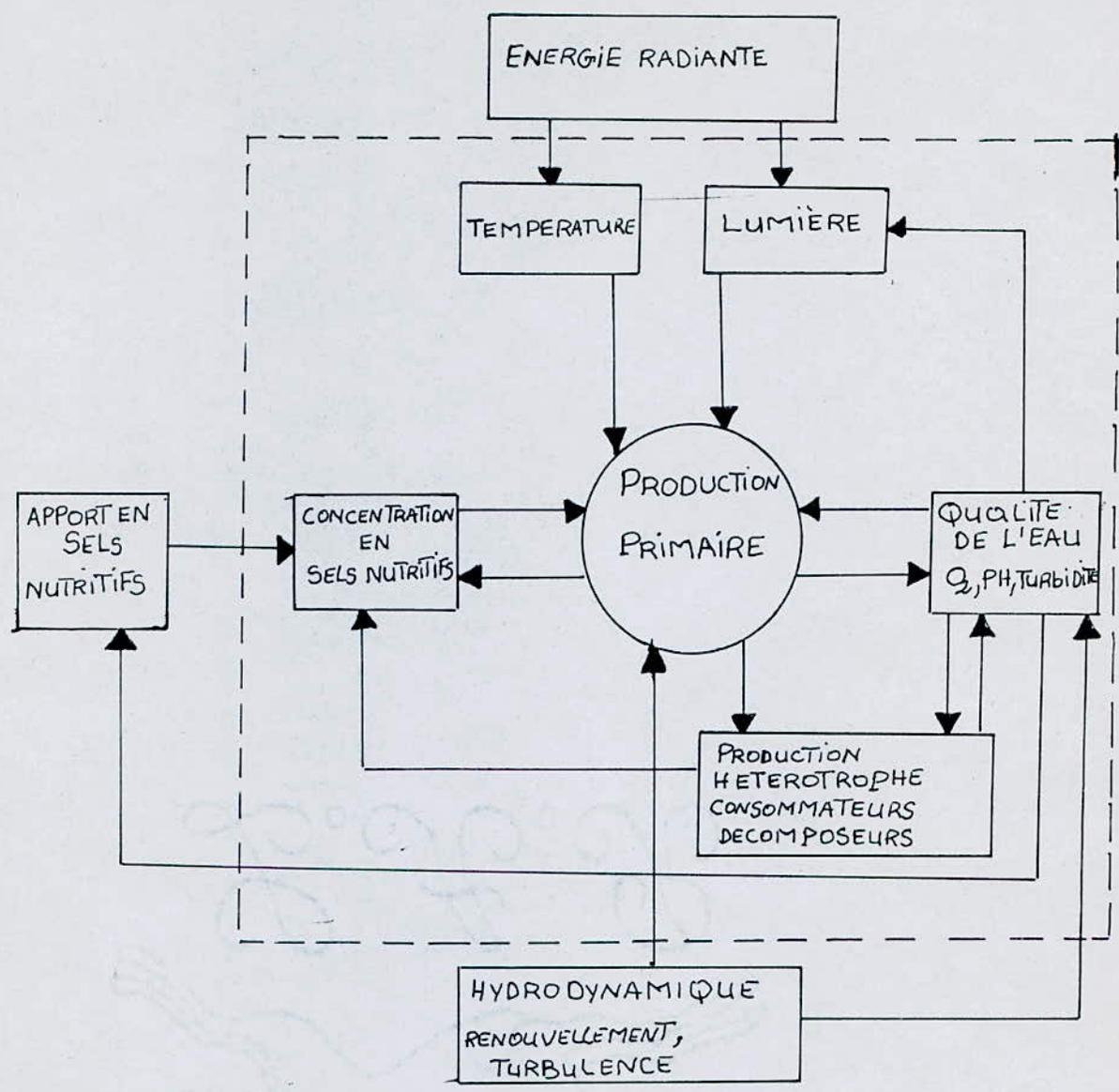


FIG. A₁

SCHEMA REPRESENTANT LES RELATIONS ENTRE LA PRODUCTION PRIMAIRE PLANCTONIQUE, LES VARIABLES INTERNES DU SYSTEME AQUATIQUE (RECTANGLE EN POINTILLES) ET LES VARIABLES EXTERNES INDEPENDANTES DU SYSTEME.

SOURCE: POURRIOT [28].

La température agit sur la viscosité de l'eau et sur les vitesses des réactions chimiques et biochimiques. Elle agit aussi sur la densité de l'eau qui est maximale à 4°C. A partir de ce phénomène physique, il s'établit un régime thermique pour les eaux du lac ; régime étroitement lié au climat, à la profondeur du lac, à la topographie des rivages etc...

En période de réchauffement (été), il est généralement possible de distinguer deux couches principales dans un lac :

- L'ÉPILIMNION: couche superficielle, bien brassée, chaude et à gradient de température faible mais variable.

- L'HYPOLIMNION: couche profonde et épaisse, froide, généralement calme et où la température décroît exponentiellement avec la profondeur.

Ces deux couches sont séparées par le METALIMNION ou zone à gradient thermique très prononcé appelé thermocline.

Cette stratification thermique n'est pas générale à tous les lacs, il peut arriver qu'elle soit multipliée, inversée ou carrément inexistante. Ainsi, selon les sources (12 et 16), on distingue la classification suivante :

1- les lacs amictiques: présentant une couche de glace opaque en surface renfermant des eaux à température faible et constante, ne présentant aucun échange avec l'extérieur.

2- les lacs monomictiques froids: présentant la couche de glace superficielle en hiver et dont la température ne dépasse jamais 4°C en été.(figure: A2-1-A,B,C)

3- les lacs dimictiques de type tempéré présentant deux périodes de stratifications: une directe en été et une inverse en hiver, et deux périodes de brassage: une au printemps et une en automne (figure: A2-2-A,B,C)

4- les lacs monomictiques chauds: dont la température ne descend jamais au dessous de 4°C, qui comportent une période de stratification directe en été et une période de circulation en hiver (figure A2-3-A,B).

5- les lacs oligomictiques: dont l'eau est toujours chaude à toutes les profondeurs et la circulation rare, irrégulière et de courte durée.(figure: A2-3-C)

6- les lacs polymictiques: à température basse mais supérieure à 4°C sans stratification stable à cause de la circulation et des pertes de chaleur.

Il existe une seconde classification suivant les mêmes critères pour les lacs monomictiques et les lacs dimictiques. C'est celle de Whipple (39) qui distingue :

1- les lacs de premier ordre: leur température en profondeur reste toujours proche de 4°C (figure: A2-A.1.2.3).

2- les lacs de second ordre: pour lesquels la température en profondeur varie largement autour de 4°C (figure: A2-B.1.2.3)

3- les lacs de troisième ordre: à stratification thermique non accusée. Ce sont les lacs amictiques, oligomictiques que nous avons cité ci-dessus. (figure: A2-C.1.2.3)

IV-4.L'oxygène dissous

IV-4.1.Principaux paramètres influençant l'oxygène dissous:

1- La température: la solubilité de l'oxygène dissous décroît avec la température.

2- L'altitude: l'oxygène dissous décroît avec l'altitude.

3- La pression: la solubilité de l'oxygène augmente avec la pression suivant la loi de Henry.

4- L'agitation (vent, vagues): la solubilisation de l'oxygène augmente avec le brassage et l'agitation.

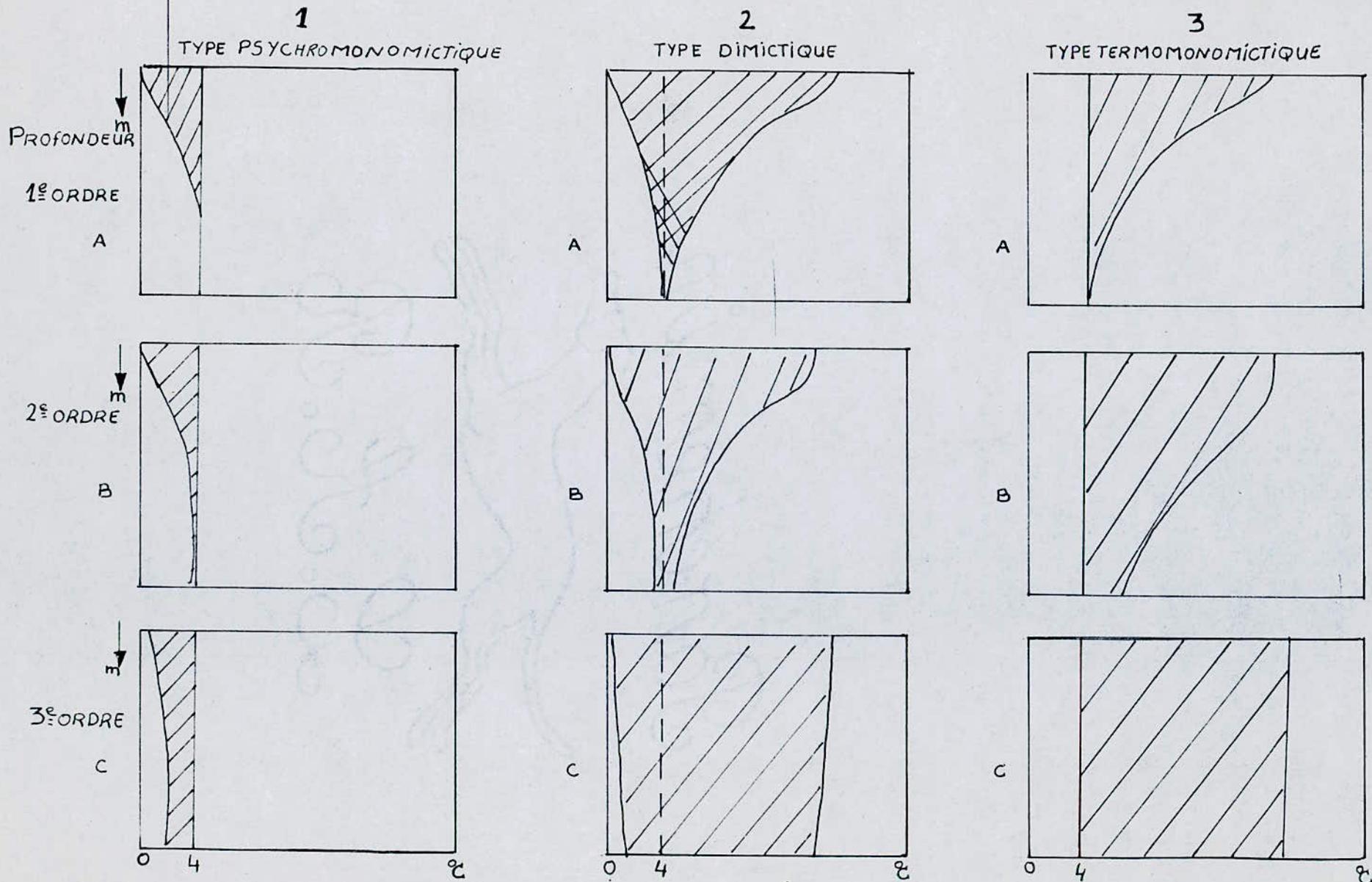


FIG: A2 TYPES DELAC
SOURCE: WHIPPLE [39]

5- La salinité du milieu : la salinité comme toute autre substance dissoute dans l'eau diminue la solubilité de l'oxygène.

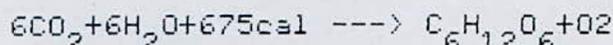
6- Le potentiel redox dans l'interface eau-vase: l'oxygène dissous diminue avec le potentiel redox.

7- L'abondance du phytoplancton: le phytoplancton augmente la quantité d'oxygène dans l'eau en présence de lumière par photosynthèse et la diminue à l'obscurité pour ses besoins métaboliques (respiration, décomposition).

8- Le degré de pollution de l'eau (surtout par les matières organiques), donc la biodégradation, diminue l'oxygène dissous.

IV-4.2.-Importance biologique de l'oxygène dissous:

L'oxygène est un intermédiaire indispensable entre le monde minéral et le monde organique. Il est libéré par photolyse de l'eau grâce aux végétaux par le processus de la photosynthèse:



L'oxygène est absorbé par les êtres vivants par le processus de la respiration qui est lié au métabolisme et qui correspond à une déshydrogénation. Il est aussi absorbé en absence de lumière par le processus de chimiosynthèse bactérienne, la dégradation et la minéralisation de la matière organique. Toutefois, une partie des processus chimiosynthétiques utilisent d'autres sources d'oxygène que le gaz dissous, par exemple la réduction de CO_2 , SO_4^{2-} , NO_3^- etc...

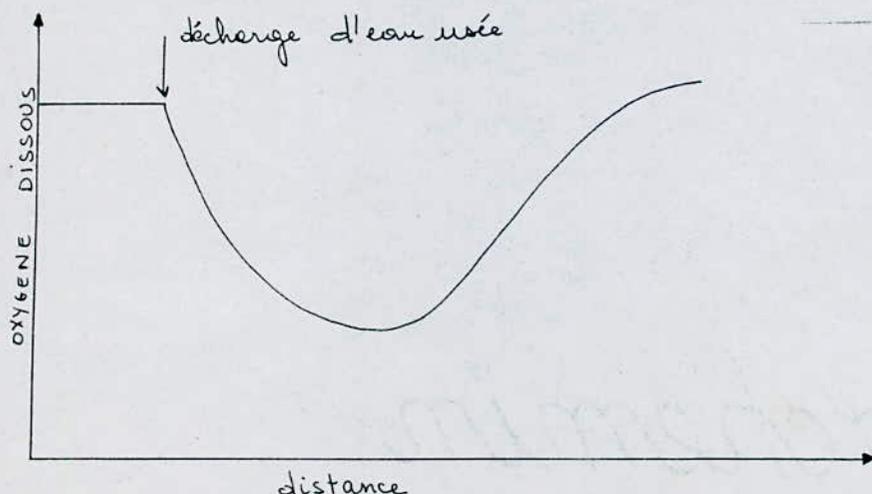
IV-4.3.Cycle de l'oxygène dissous dans les lacs:

En période de circulation, la teneur en oxygène dissous est fortement liée à la température. Le métabolisme des organismes vivants dans les eaux engendrera un gradient d'oxygène en fonction de l'éclairement, avec une sursaturation le jour en surface s'il y a assez de matières actives, et photosynthétisantes et une forte diminution par consommation la nuit. En profondeur il y aura moins d'oxygène à cause de la respiration et de la décomposition.

Si il y a une bonne circulation et une bonne turbulence, la distribution de l'oxygène dissous en profondeur est homogène ou orthograde.

En période de stratification, les courbes $O_2=f$ (profondeur) suivent parallèlement les courbes $T^\circ=f$ (profondeur). On observera une zone trophogène équivalente à l'épilimnion, oxycline correspondant au métalimnion et une zone tropholitique correspondant à l'hypolimnion.

IV-4.4.Influence de la pollution sur les profils horizontaux d'oxygène dissous:



L'oxygène dissous diminue brusquement lors d'un rejet de pollution organique jusqu'à atteindre un minimum par suite des phénomènes de décomposition bactérienne et du métabolisme, qui nécessitent une consommation d'oxygène.

Avec la distance, la concentration en oxygène augmente, et ceci de par le phénomène de l'auto-épuration qui diminue la charge organique.

IV-4.5. Nuisances dues au manque d'oxygène dissous dans l'eau:

Si il n'y a pas d'oxygène dissous dans l'eau, les phénomènes anaérobies seront prédominants et il y aura dégagement d'odeur nauséabondes telles que celles du H_2S , du NH_3 ou des acides organiques volatils etc...

La résistance des animaux aquatiques au manque d'oxygène dissous varie suivant l'espèce. La truite exige au moins 5mg/l pour vivre et ne se développe vraiment bien qu'en présence de 10 à 12mg/l. Par contre le Corassin, moins exigeant, se contente de 6mg/l et peut même vivre en présence de 0,7mg/L seulement.(23)

Les poissons émigrent dès que la teneur en oxygène dissous descend à 3-4mg/l.(23)

Certaines larves de diptères, de lamellibranches et des oligochètes supportent bien le manque d'oxygène. En anéorobiose, ces insectes utilisent leur réserve de glycogène. Chez les crustacés et les poissons, dès qu'il y a manque d'oxygène, il s'installe une vie en anéorobiose au ralenti, dans laquelle l'oxygène est extrait de l'hémoglobine qui a pour ce gaz une grande affinité.(11)

L'adaptation ou la non adaptation au manque d'oxygène dissous se traduit par les modifications de la saturation de l'hémoglobine.

Certains invertébrés aquatiques viennent s'approvisionner en oxygène à la surface alors que d'autres restant immergés sont entourés d'une bulle d'oxygène retenue par un feutrage très dense de poils hydrophobes.(11)

IV-5. LES SELS NUTRITIFS

IV-5.1.-Les phosphates

De par leur importance pour le phénomène d'eutrophisation, nous leur avons consacré un chapitre à part (Chapitre V).

IV-5.2.-Les nitrates

L'Azote est après le phosphore l'élément le plus important dans le processus d'eutrophisation. Il entre dans la composition de toutes les protéines végétales et animales. C'est sous forme de nitrates qu'il est le plus assimilable et qu'il stimule le plus la production primaire.

Les nitrates et les phosphates sont les facteurs limitants pour la production primaire.

IV-5.3.-La silice

C'est un élément important dans le métabolisme des diatomées et qui en constitue le squelette (frustules). C'est aussi un des facteurs essentiels de la production primaire. Dans la nature, il se trouve sous forme d'orthosilicates non dissociés utilisables par les diatomées. On trouve également dans les eaux douces de la silice colloïdale, des alluminosilicates et des argiles que les diatomées lenticules sont capables d'utiliser à l'occasion.

Dans un lac pollué, les teneurs importantes en silicates peuvent avoir pour origine les rejets des industries de céramique, de verre, de fabrication de liants pour mortiers et détergents.

D'après Meinck (23), des concentrations de 1800mg/l de Na_2SiO_3 ou moins n'ont pas d'action visible sur *Gambusia affinis*. La limite de mortalité après un temps d'action de 96 heures est de 2320mg/l.

Quant aux animaux dont se nourrissent les poissons, pour *Daphnia* par exemple, la limite moyenne de mortalité est de 247mg/l. (23)

La silice participe donc partiellement au phénomène d'eutrophisation des lacs puisque c'est un des facteurs essentiels de la production primaire.

IV-5.4.Le soufre - les sulfates

Le soufre₂ se rencontre dans la nature surtout sous forme de sulfates SO_4^{2-} liés aux cations alcalins et alcalinoterreux.

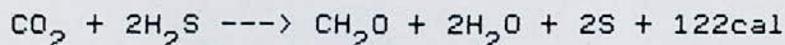
Le soufre sous forme de sulfates, sans être un facteur limitant, est indispensable pour les organismes autotrophes et de nombreux hétérotrophes car il entre dans la constitution d'un certain nombre d'acides aminés à groupement SH^- (cystéine, cystine, méthionine).

Plus la concentration en sulfates et la production du plancton sont grandes en profondeur et moins il y a oxygénation des couches profondes, plus on a la formation d'hydrogène sulfuré.

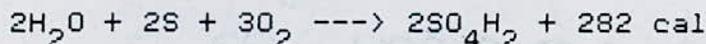
Cycle du soufre:

Dans le cycle du soufre nous parlerons surtout de l'action des bactéries sur le soufre.

Les rodothiobactéries sont capables en présence d'hydrogène sulfuré (lui même provenant de la réduction des sulfates) de développer un phénomène pseudo-photosynthétique dans des conditions anaérobies.

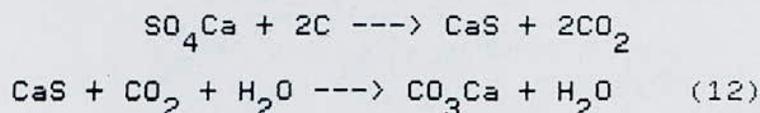


Dans les cellules ce soufre accumulé sous forme de granules sera oxydé:



L'acide sulfurique résultant, sous l'action des éléments basiques de l'eau sera transformée en sulfate.

Les bactéries sulforéductrices attaquent les sulfates et les transforment en hydrogène sulfurée ou en soufre:



Ces réactions sont réalisables sous un potentiel redox très bas et en absence d'oxygène dissous. Le soufre présent dans les lacs est issu du sulfate de calcium hydraté, le gypse très soluble dans l'eau.

Dans les lacs pollués, les sulfates proviennent des rejets de nombreuses industries chimiques (fabrication de l'acide sulfurique, détergents, etc.).

D'après (23), parmi les effets nuisibles des sulfates nous signalons:

- le développement des têtards qui est interrompu pour des teneurs de 10g/l
- la limite de toxicité du sulfate de sodium pour les Daphnies est d'environ 2,5g/L
- les protozoaires présentent une grande tolérance vis à vis du sulfate de sodium
- les crustacés du plancton sont sensibles aussi à des concentrations de 5 à 25g/l.

IV-6-Les sels neutres

A côté des sulfates des métaux alcalins et alcalinoterreux, il y a lieu de citer les chlorures qui proviennent aussi bien des eaux résiduaires domestiques qu'industrielles, tels CaCl_2 , NaCl etc... La résistance des organismes aquatiques est très variable suivant l'espèce. Certains d'entre eux peuvent aussi bien vivre dans les eaux douces que dans les eaux saumâtres.

Les eaux riches en sels risquent de se placer au fond du lac provoquant ainsi la formation d'une couche de non circulation (ou de meromictie chimique) des eaux d'une plus grande densité que l'eau de surface et par conséquent pauvre en oxygène.

IV-7.Le plancton :

On appelle plancton les organismes de petite taille flottant passivement dans la colonne d'eau et dépourvus du mouvement délibéré actif. Ils peuvent cependant se déplacer verticalement.

On distingue le phytoplancton ou plancton végétal et le zooplancton ou plancton animal.

IV-8.La pollution toxique :

Parmi toutes les pollutions des eaux, la pollution toxique est la plus grave car elle entraîne à petite ou grande allure, mais très certainement, la mort du lac.

Les métaux lourds, les insecticides, ainsi que beaucoup d'autres substances sont très toxiques pour les végétaux et pour les animaux, sans compter l'accumulation de toxique dans les chaînes trophiques pouvant atteindre directement ou indirectement l'homme.

À l'inverse de ce qu'on appellera pollution "Eutrophisante" la pollution toxique est irréversible et mortelle.

V-LE PHOSPHORE ET LES COMPOSES PHOSPHORES

V-1. Origine du phosphore dans les eaux :

Les phosphates proviennent essentiellement:

- du lessivage des terres agricoles
- du ruissellement à travers les terres cultivées avec des engrais phosphatés ou traitées aux pesticides organophosphorés
- des déjections humaines et animales
- de la vaccination des eaux contre l'entartrage et la corrosion avec les polyphosphates
- de la minéralisation du phosphore organique par les enzymes hydrolytiques
- des eaux résiduaires industrielles (industries agricoles, industries du phosphore, industries du cuir et industries de peinture)
- des rejets de détergents synthétiques et autres produits de nettoyage. La figure A.3 représente le cycle du phosphore.

V-2. Formes de phosphore présentes dans les eaux :

V-2.1-le phosphore organique :

Il provient des résidus d'origine végétale, animale ou microbienne. C'est une part importante du stock de phosphore total des milieux naturels.

Les principaux composés organiques phosphorés sont:

- la phytine, les nucléoprotéines, les acides nucléiques, les phospholipides et les sucres phosphorylés.

V-2.2.le phosphore minéral (soluble ou insoluble) :

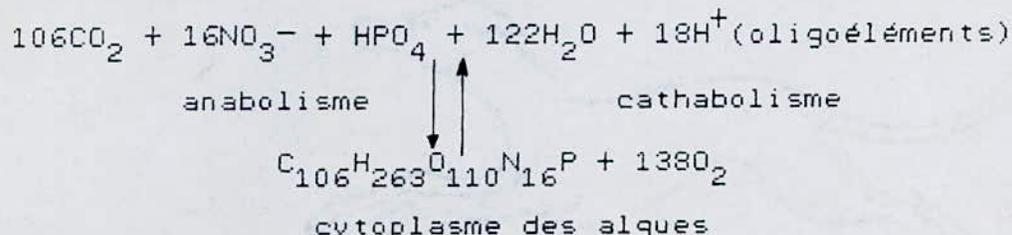
Les principales formes de phosphore minéral sont:

- les ions PO_4^{2-} ou orthophosphates dissous dans l'eau sous forme d'acide phosphorique
- les métaphosphates, polyphosphates et pyrophosphates
- les ions PO_4^{2-} adsorbés au contact des colloïdes et associés à des cations (Fe^{3+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mn^{2+}).
- les formes insolubles telles que le phosphate tricalcique, l'hydroxyapatite et le carbonateapatite.

V-3. Importance et rôle du phosphore dans les eaux :

Le phosphore entre dans la composition chimique de toutes les cellules

- soit dans les acides nucléiques et les nucléoprotéines qui sont des éléments structuraux indispensables à toute cellule:



- soit dans les liaisons esters dans les enzymes, les vitamines et les réserves d'énergie telles que l'ADP, l'ATP, la GTP et l'AP.

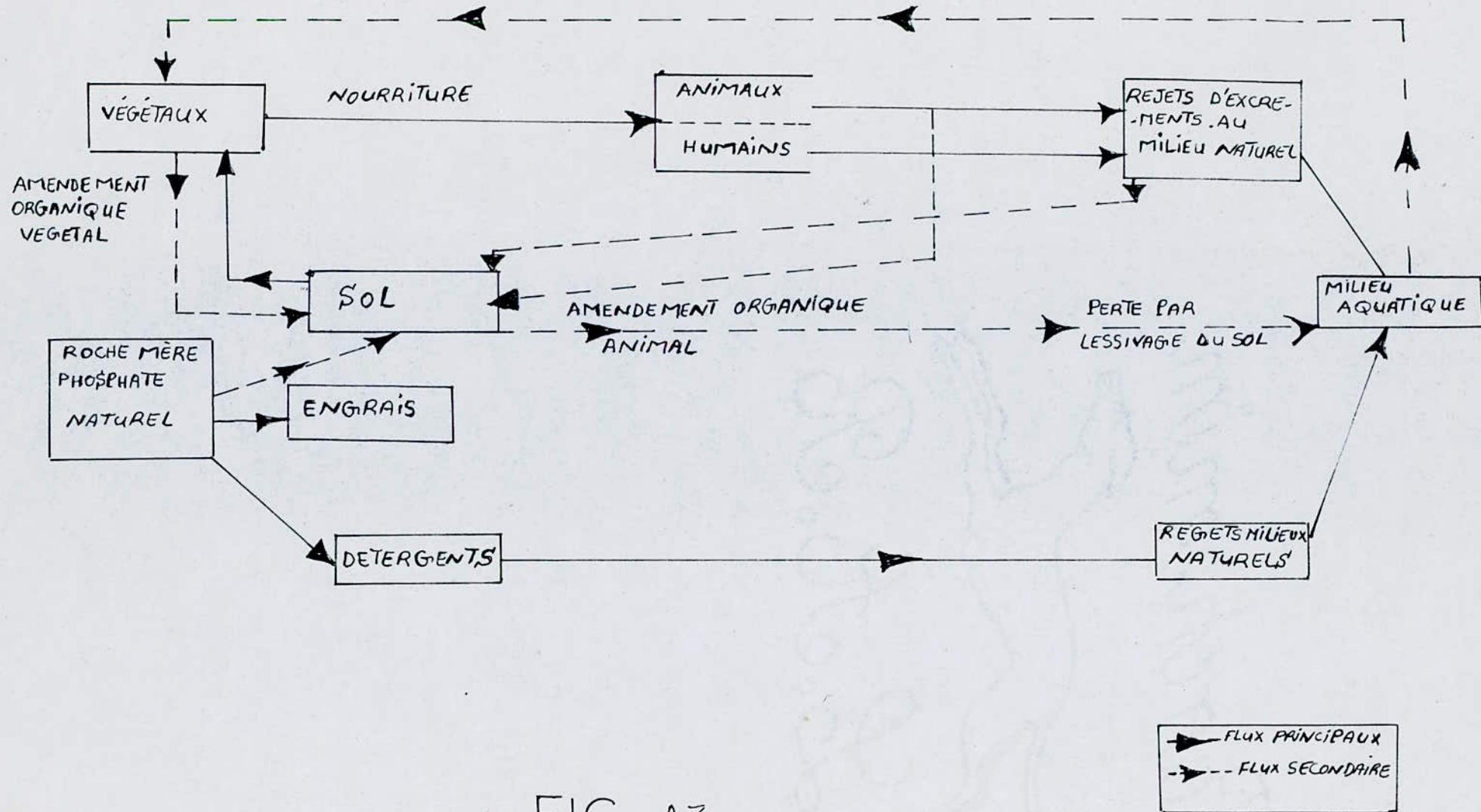
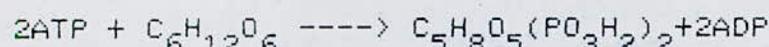
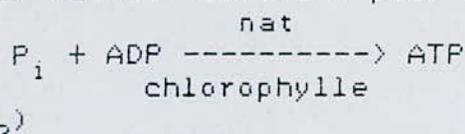


FIG. A3
 le cycle du phosphore
 source "Benetton" [4]

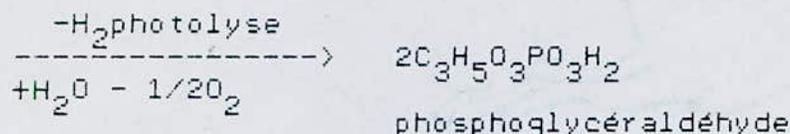
Le phosphore est un facteur limitant pour la production primaire



pentose diphosphate



phosphoglycérate



1 mg de phosphore permet la synthèse de 0,1g de biomasse d'algues (en poids sec) en un cycle de transformations limniques.

L'assimilation du phosphore par les végétaux se fait directement pour les orthophosphates au moyen de liaisons temporaires avec les enzymes. Cependant, certaines algues peuvent produire des enzymes qui transforment les autres formes du phosphore en orthophosphates. Ainsi les phosphatases et les enzymes hydrolytiques transforment le phosphore organique en orthophosphates assimilables.

Les algues peuvent:

- extraire le phosphore présent même en très faibles quantités dans l'eau. Il suffit de 1 g/l pour permettre le développement de la diatomée Asterionelle.(12)

- stocker le phosphore d'un milieu riche en celui-ci dans des proportions allant suivant l'espèce de 5 à 12 fois la teneur minimum.

Ces réserves sont sous forme de granules métachromatiques de volutine qui diminuent ou augmentent en nombre et en volume suivant la pauvreté ou la richesse du milieu en phosphore (microclimat) et sont très vite libérées à la mort des organismes.

D'après Olsens (26) "Les sédiments jouent un rôle d'échangeur de phosphore et peuvent servir de réservoir de phosphates assimilables." Il y a une accumulation saisonnière de phosphates ferriques au niveau du fond d'un lac en fonction de l'oxygénation et du potentiel redox.(22)

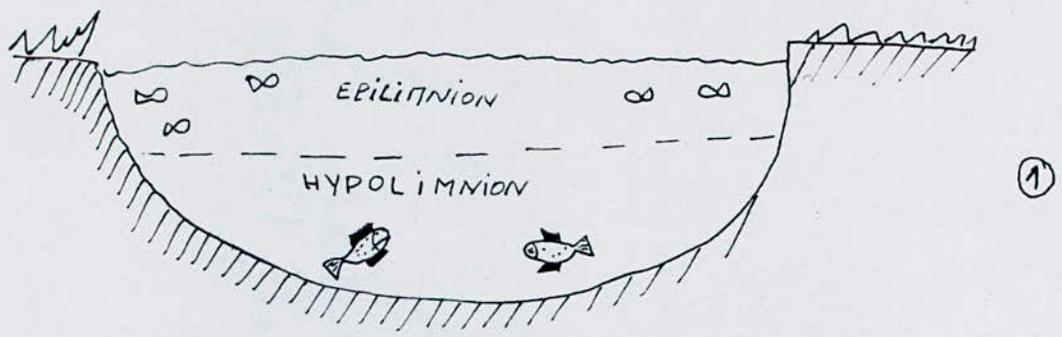
V-4.Nuisances et toxicité :

D'après Hutchinson (16), à de fortes concentrations, le phosphore soluble est un facteur inhibiteur de développement de certaines algues.

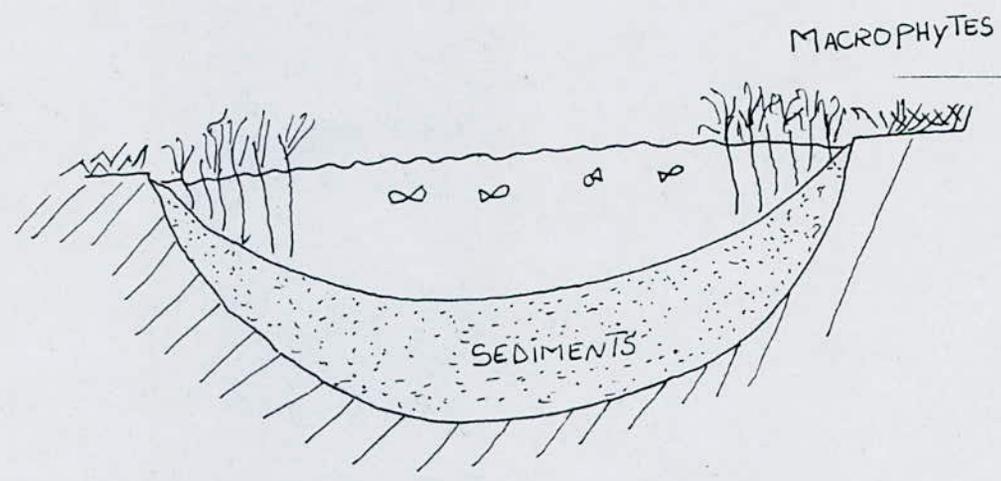
Les Chrysophycées Dinobryon Divergens et Uroglena Americana sont inhibées dès que la quantité de phosphore atteint 5 g/l (12). La limite moyenne de mortalité pour le phosphore colloïdal vis à vis de Lepomis Macrochirus oscille entre 0,105mg/l pour 48 heures de contact et 0,025mg/l pour 163 heures de contact.(23)

La limite mortelle pour les pyrophosphates après un temps de contact de 96 heures est de 1380mg/l pour Gambusia Affinis. (23)

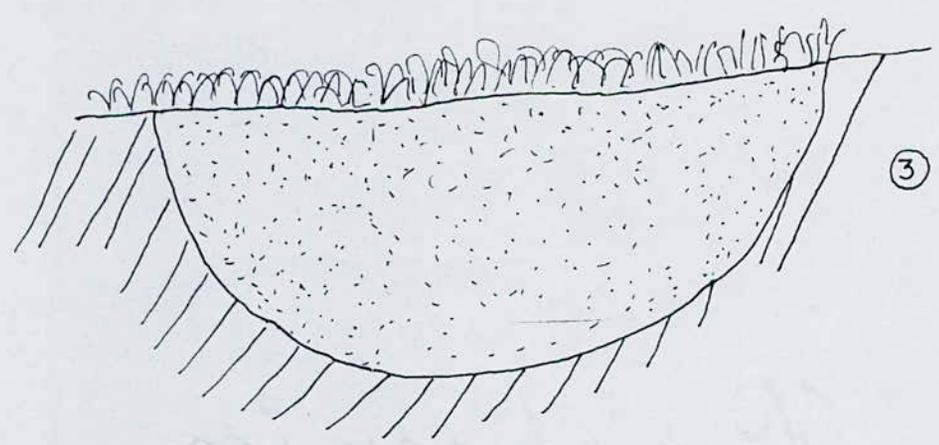
Le phosphore surtout sous forme de phosphates participe activement dans les phénomènes d'eutrophisation et de dystrophisation que nous détaillerons plus loin.



①



②



③

FIG: A4
SHEMA DES ETAPES SUCCESSIVES DE L'EUTROPHISATION
NATURELLE D'UN LAC
SOURCE : BARROIN, G [3]

VI-DIVERS ETATS TROPHIQUES D'UN LAC, EUTROPHISATION, DYSTROPHISATION

Que ce soit par voie naturelle ou provoquée, un lac est toujours appelé à évoluer avec une vitesse variable vers le comblement puis à la disparition.

VI-1.DIVERS ETATS TROPHIQUES D'UN LAC - EVOLUTION NATURELLE :

Un lac jeune est dit oligotrophe quand il est profond, riche en oxygène, pauvre en éléments nutritifs (azote, phosphore, soufre, etc...). Il a une faible biomasse végétale et une faible productivité.

La productivité primaire croît par l'apport constant de sels minéraux dû à l'érosion du bassin versant, et la biocénose se diversifie. Une importante biomasse animale et végétale entretient une production biologique qui consomme entièrement l'apport de matériaux. Le lac est en état d'équilibre, il est dit mésotrophe; état qui peut durer des millions d'années. A ce stade le lac présente pendant la belle saison une thermocline qui sépare deux zones. La zone supérieure ou épilimnion est constituée par les eaux chaudes et légères, la zone inférieure ou hypolimnion est constituée par des eaux froides et denses.

Au fil de la sédimentation, la profondeur du lac et la surface mouillée diminuent, des plantes aquatiques pourront s'y développer. D'où un accroissement de productivité primaire et une colonisation des eaux par les macrophytes, alors que la végétation terrestre gagne sur les bords. On aboutit à un lac eutrophe puis à une étendue marécageuse.

Le processus d'eutrophisation naturelle résulte de l'hyperfertilisation des eaux par un apport d'éléments nutritifs (nitrates et phosphates) qui favorisent la prolifération du phytoplancton et des plantes aquatiques.

Cette évolution est schématisée par la figure A4.

Cependant, un lac peut évoluer directement de l'oligotrophie à la dystrophie ou les eaux sont peu productives car elles sont acides, riches en matières organiques, pauvres en oxygène, en azote et en phosphore. Il disparaîtra ensuite par comblement, principalement par de la matière organique.

VI-2.L'EUTROPHISATION PROVOQUEE OU LA DYSTROPHISATION :

L'homme en déversant dans les eaux naturelles des quantités considérables de matières organiques fermentescibles, de sels nutritifs et de sels neutres accélère beaucoup l'eutrophisation. On parle de dystrophisation ou hyperfertilisation. La dystrophisation passe par plusieurs stades, le schéma de l'évolution est présenté dans la figure A5.

Stade A :

Accumulation dans les eaux d'importantes quantités de sels minéraux nutritifs provenant d'effluents d'origines diverses.

Stade B :

La conséquence de cette accumulation est la prolifération des algues dans l'épilimnion. On a un équilibre entre production et respiration :

Ainsi 1mg de phosphore permet la synthèse de 0,1g de biomasse d'algues en un seul cycle de transformations limniques. Une fois morte, cette biomasse nécessite une DBO secondaire de 140mg pour sa minéralisation.

La prolifération du phytoplancton au stade B correspond à un enrichissement des eaux en éléments nutritifs (phosphore particulièrement); ce qui a pour conséquence l'augmentation de la turbidité de l'eau. On observe une quantité considérable d'algues microscopiques et filamenteuses dans l'eau qui devient verdâtre et perd sa transparence et donc son activité photosynthétique en profondeur. Cette dernière sera limitée aux eaux superficielles du lac et engendrera d'importants taux d'oxygène dissous.

Stade C :

La mort de la grande biomasse d'algues nécessitera des quantités considérables d'oxygène pour sa dégradation aérobie par de nombreux saprophytes au fond du lac; d'où un net gradient vertical dans la concentration en oxygène dissous.

On observera une chimocline au dessous de laquelle il y a très peu ou pas d'oxygène du tout, et au dessus de laquelle les eaux seront riches en O_2 .

On observe une sédimentation stratifiée avec les couches nouvellement formées par la matière organique.

Les poissons nobles tels que les Salmonidés disparaissent par manque d'oxygène en cédant la place aux Cyprinidés, espèces frustres à régime herbivore. Ces derniers se nourriront de la surcharge en matière végétale des couches superficielles et manifesteront une hausse de productivité.

Stade D :

C'est le stade ultime où apparaissent les fermentations anaérobies après dépletion totale de l'oxygène dans les couches profondes, stade caractérisé par les fermentations d' H_2S et de NH_3 .

La dystrophisation prend une allure autocatalytique comprenant une décomplexation des phosphates contenus dans la matière organique par les vases et les eaux réductrices.

De nouveau les phosphates vont provoquer une explosion de la flore alguale, d'où une pullulation bactérienne très variée dans laquelle se trouveront certaines espèces de bactéries réductrices de matière organique qui, en cas de manque d'oxygène donneront lieu à du CH_4 , du H_2S , etc...

Les limons auront une couleur noirâtre caractéristique du sulfure de fer résultant de la réaction fer- H_2S . On aboutit donc à partir d'un écosystème limnique à un état sceptique complètement ozoïque ressemblant à une eau d'égout.

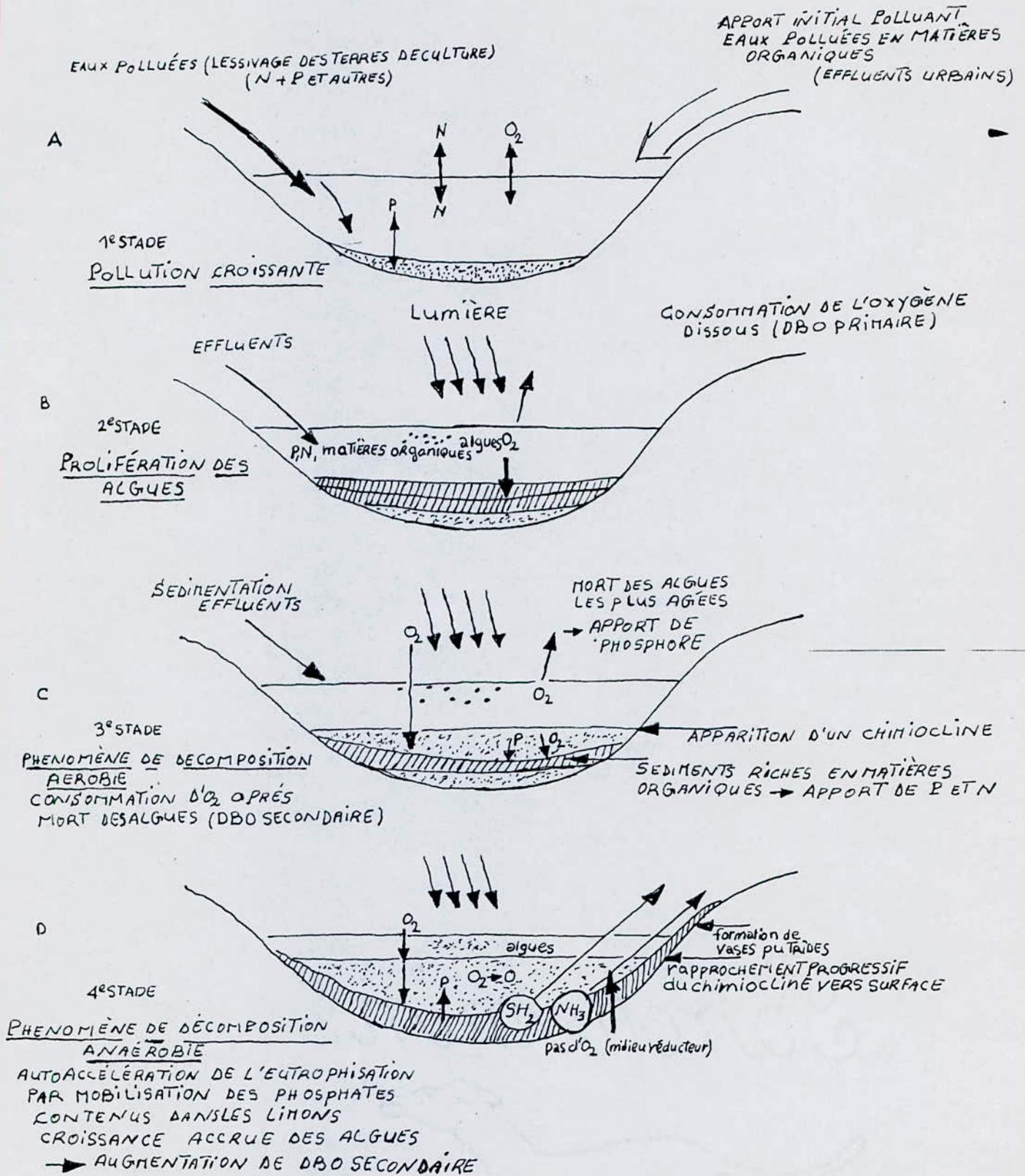


FIG. A.5 SCHEMA DES PRINCIPALES PHASES DE LA DYSTROPHISATION DES EAUX EN FACIES LENTIQUE
SOURCE "F. RAMADE" [27b]

VII-POLLUTION DES EAUX PAR LES DETERGENTS

VII-1.DEFINITIONS

- Un détergent est une substance qui, en abaissant la tension superficielle de l'eau, contribue à enlever des souillures ou des salissures et les met en solution.

- La matière active d'un détergent est appelée surfactif ou agent de surface.

- Les agents de surface sont des composés chimiques organiques dont la molécule comprend au moins un groupement polaire hydrophile capable d'assurer le plus souvent leur solubilisation dans l'eau, et un radical à longue chaîne carbonée à caractère hydrophobe (27).

VII-2.COMPOSITION DES DETERGENTS

- Principes actifs :
 - * agents de surface, savons
 - * agents de surface anioniques
 - * agents de surface cationiques
 - * agents de surface ampholytes
 - * agents de surface non ioniques.
- Adjuvants :
 - * polyphosphates
 - * carbonates
 - * silicates
- Additifs :
 - * agents de blanchiment optiques
 - * inhibiteurs de corrosion
 - * colorants
 - * parfums
 - * agents bactéricides.
- Charges :
 - * sulfate de sodium
 - * eau
 - * alcool
- Enzymes :

principalement les lipases, les protéases et les amylases. Cependant celles-ci ne sont pas admises dans un grand nombre de pays, entre autres l'Algérie, et ce pour les risques sanitaires pouvant en résulter.

VII-3.CLASSIFICATION

VII-3.1.Les surfactifs anioniques :dans lesquels l'ion le plus lourd est chargé négativement; on citera entre autres les plus utilisés et qui sont :

- * $ROSO_3M$ alkylsulfate primaire
- * $R-\underset{\substack{| \\ 1 \\ | \\ OSO_3M}}{CH}-R'$ alkylsulfate secondaire
- * RSO_3M alkylsulfonate
- * $R--\quad --SO_3M$ alkylbenzènesulfonate

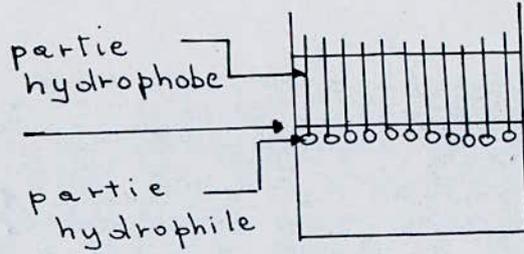
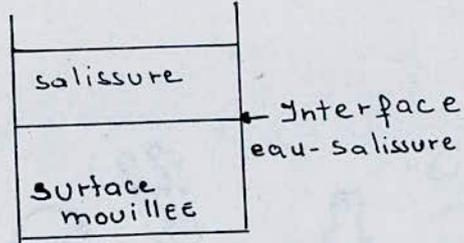
Remarque:

Les surfactifs anioniques sont les plus utilisés.

↳ groupement hydrocarboné
 hydrophobe et lipophile
 ↳ groupement polaire
 hydrophile

1^{ère} ETAPE :

AVANT LE CONTACT

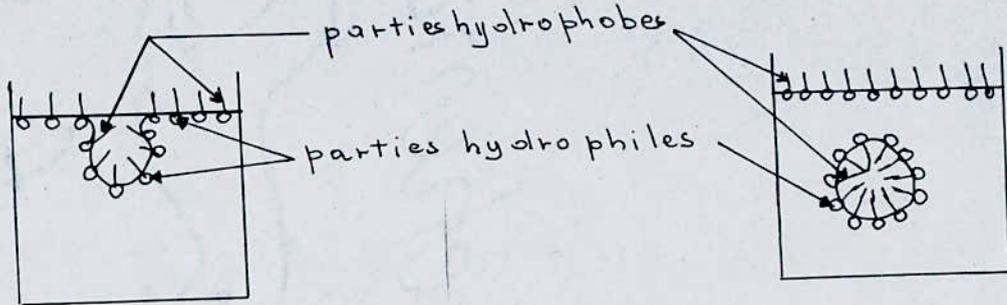


2^{ème} ETAPE

CONTACT et ADSORPTION

3^{ème} ETAPE :

MODIFICATION
DE L'INTERFACE



4^{ème} ETAPE

DISPERSION DE LA SALISSURE
ET MISE EN SOLUTION.

FIG : A6 Mode d'action des detergents

Source : Pesson P. [27]

VII-3.2. Les surfactifs cationiques : dans lesquels l'ion lourd R-N⁺, de formule générale R'-N(C₆H₅)SO₄ ou R'-N(CH₃)₃Cl est chargé positivement. Il dérive souvent de la pyridine ou de bases quaternaires qui sont solubles dans l'eau, dans l'acétone et dans l'alcool et possédant des propriétés bactéricides (13).

VII-3.3. Les surfactifs non ioniques : ne s'ionisant pas en solution, ils sont obtenus par condensation de polymères d'oxyde d'éthylène ou de propylène avec des molécules à hydrogène mobile (acides gras, phénols, esthers, amines, etc...). Il sont surtout utilisés dans les industries textiles.

VII-3.4. Les surfactifs ampholytes : selon le milieu dans lequel ils se trouvent, ils sont soit anioniques soit cationiques. Ils possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels.

VII-4. MODE D'ACTION DES DETERGENTS (figure A6)

Première étape :

Le détergent a une partie hydrophile qui a une grande affinité pour l'eau et une partie hydrophobe qui fuit l'eau. Les salissures restent en haut de la surface mouillée de l'objet à nettoyer.

Deuxième étape : Contact et adsorption

La partie hydrophile se lie à l'eau et la partie hydrophobe reste dans la salissure.

Troisième étape :

Les parties hydrophobes de toutes les molécules de détergent se regroupent autour de la salissure en modifiant l'interface.

Quatrième étape :

Le regroupement entraîne le détachement de la salissure, sa dispersion puis sa solubilisation dans l'eau grâce à la partie hydrophile du détergent.

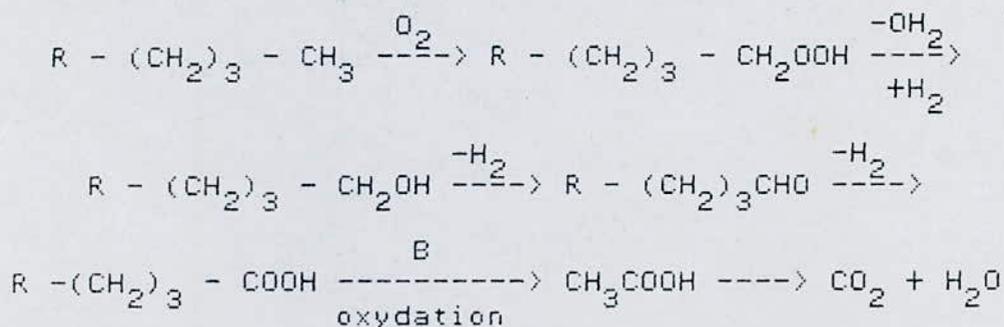
VII-5. BIODEGRADABILITE DES SURFACTIFS ANIONIQUES

Les détergents à chaîne linéaire sont beaucoup plus facilement dégradés par les microorganismes présents dans les eaux que ceux à chaîne ramifiée. De plus les surfactifs anioniques sont les plus dégradables (20).

En général, l'attaque de la molécule du surfactif se fait en bout de chaîne par formation d'une fonction alcool, puis d'une fonction acide. Après cela le noyau est ouvert et dégradé progressivement.

* Dégradation de la chaîne :

Les principales réactions de dégradation sont les suivantes :



* Biodégradation du noyau des détergents (1)

(1) voir page 23

VII-6. TOXICITE ET NUISANCES

VII-6.1. Effets sur les écosystèmes lotiques et lentiques :

Dans les écosystèmes lotiques et lentiques (rivières, lacs et étangs), les détergents ralentissent la dissolution de l'oxygène dans l'eau, et ce par la présence d'un film à la surface qui diminue le coefficient de transfert d' O_2 et inhibe l'autoépuration (27 et 37).

Pour des concentrations en détergents comprises entre 6 et 12mg/l, on observe un phénomène d'inhibition des bactéries nitrifiantes et qui disparaissent complètement à des concentrations de 50 à 60mg/l (27 et 37).

Dans la digestion, une concentration de 5mg/l de détergents est mortelle pour les alevins qui sont détruits en quinze heures (23).

Les détergents inhibent les phénomènes anaérobies; leur dégradation est nulle en anaérobiose (27).

Dans les stations d'épuration, on a constaté de plus :

- * une perturbation du processus de décantation primaire
- * une nuisance à la floculation à partir de 4 à 5mg/l
- * une difficulté de transfert d' O_2 et apparition de mousse pour des concentrations de 0,3 à 1mg/l² d'ABS dans les boues activées (37).

- * pour des concentrations supérieures à 30mg/l, le fonctionnement des lits bactériens est perturbé.

VII-6.2. Effets sur les organismes inférieurs :

Outre les nuisances et les toxicités vis à vis des bactéries citées ci-dessus, le développement des algues est empêché pour une teneur en détergents de l'ordre de 120mg/l (23).

VII-6.3. Effets sur les végétaux :

Dans une zone de concentration de quelques mg/l, douze tensio-actifs étudiés ont produit un effet de stimulation sur le développement de germes d'orge et d'avoine. Toutefois, pour des concentrations croissantes, l'effet toxique apparaît très vite pour les alkylbenzènesulfonates à 12 atomes de carbone (1).

VII-6.4. Effets sur les poissons :

D'après Delaunois (5), en présence de détergents, les poissons présentent les symptômes de l'asphixie, même si l'oxygène dissous dans l'eau est suffisant pour la respiration. La toxicité des agents de surface vis à vis du poisson résulte essentiellement de leurs propriétés physiques. L'abaissement de la tension superficielle de l'eau a pour conséquence une modification des échanges respiratoires au niveau des branchies (27), et une facilité de l'incorporation d'agents toxiques pour les poissons tels que les phénols, hydrocarbures, etc... (1).

En général, on considère que des dommages sont susceptibles d'apparaître pour des concentrations de l'ordre de 2 à 3mg/l (27).

Le DBS technique à la concentration de 3,7mg/l est mortel pour la perche soleil (*Lepomis Macrochirus*) après 24 heures de contact. Par contre une concentration de 0,86mg/l est tolérée sans lésion apparente (23).

VII-6.5. Effets sur l'homme et les animaux supérieurs :

Selon certains auteurs (27, 6 et 37), les agents de surface favoriseraient l'absorption intestinale de substances étrangères susceptibles de présenter une toxicité ou une potentialité cancérigène. Des dommages sont causés chez certaines espèces très sensibles à des teneurs de 1 à 2mg/l.

Les détergents actuels sont de plus en plus biodégradables; devons nous nous en féliciter? Cependant des questions restent posées quant aux inconvénients et toxicités des produits de leur dégradation. Et ceci de par leur susceptibilité de passer directement dans les tissus du corps humain.

VII-6.6. Principaux facteurs influençant la toxicité et la biodégradabilité :

* Le nombre, la nature et le degré d'adaptation des micro-organismes.

* La concentration en détergents : à chaque type de détergent il correspond un seuil de toxicité et de biodégradabilité.

* Le PH est un facteur synergique ou antagoniste des substances toxiques.

* La durée de contact et les conditions d'aération : la biodégradation des détergents demande le contact prolongé avec les microorganismes, et par suite une aération prolongée.

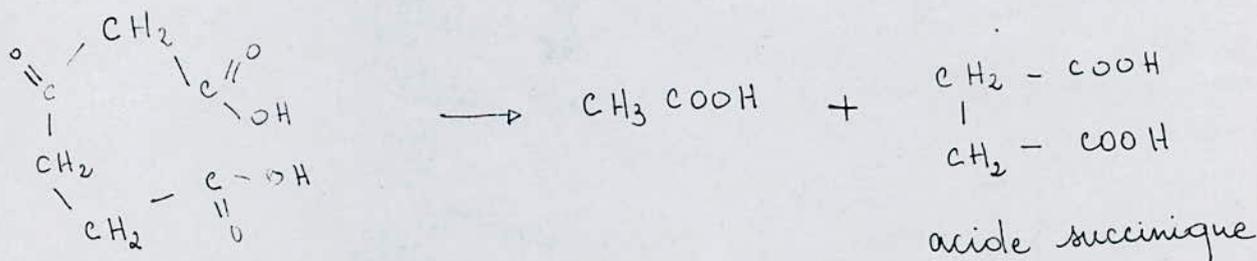
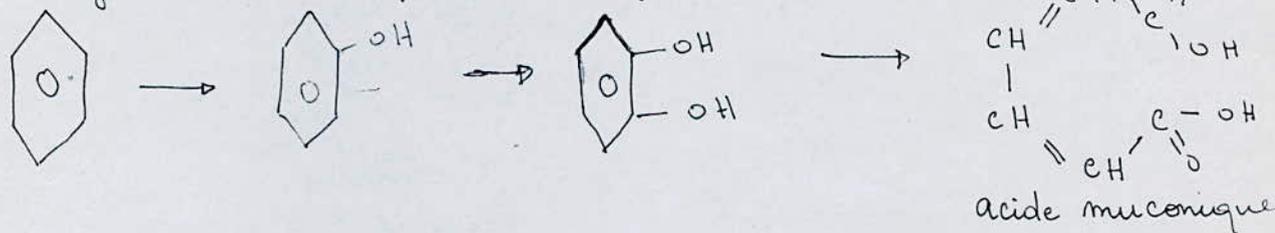
* La température agit comme facteur synergique en abaissant le seuil de toxicité de plusieurs composés par augmentation du métabolisme, diminution de la disponibilité en oxygène et augmentation de la perméabilité.

* Les composants du milieu, les éléments minéraux et organiques influencent la toxicité. Le calcium forme avec les surfactifs un complexe Ca - ABS - Ca plus toxique pour le poisson que l'ABS lui même. De même les carbonates augmentent la toxicité de l'ABS.

* La nature du détergent importe beaucoup; par ordre de toxicité décroissante on a :

détergents cationiques > détergents non ioniques > détergents ampholytes > détergents anioniques.

(4) biodegradation du noyau des détergents



VIII-DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES DU SYSTEME ETUDIE

VIII-1.UNITE ENAD (Entreprise Nationale des Détergents)

Notre travail portant sur la contribution de l'ENAD à la pollution du lac et de l'oued, il nous a semblé intéressant, voire nécessaire de présenter celle-ci.

VIII-1.1.Matières premières utilisées :

L'obtention de la poudre détergente appelée ISIS est le résultat de la transformation de plusieurs matières à savoir :

- le tripolyphosphate de sodium (30 Tonnes/jour) dont la pureté est de 90% minimum. Les impuretés sont constituées de pyrophosphate de sodium (4%), de l'orthophosphate de sodium (2%) et de sulfate de sodium (2%).

- l'acide dodécylbenzènesulfonique (20 Tonnes/jour) est constituée de 98% d'acide DBS et 1% d'huile neutre.

- le sulfate de sodium (30 Tonnes/jour) d'une pureté de 98% au minimum et avec des traces de NaCl , H_2O .

VIII-1.2.Matières chimiques utilisées :

- Silicate de sodium :	10 Tonnes/jour
- Carboxyméthil cellulose :	0,5 Tonnes/jour
- Azurant optique :	20 Kg/jour
- Parfum industriel :	100 Kg/jour

VIII-1.3.Consommation et rejets journaliers des eaux :

L'eau utilisée est pompée du puits situé dans l'usine, celui-ci étant alimenté par une nappe phréatique. La consommation est répartie comme suit :

- Volume total utilisé :	82,19m ³ /jour
- Volume utilisé par phase de procédé :	
* eau de lavage-rinçage (chaufferie) :	3,5 m ³ /jour
* production de vapeur :	54,38m ³ /jour
* solubilisation du silicate de sodium :	5,75m ³ /jour
* préparation de la pâte :	48,49m ³ /jour
* eau de lavage des aires de travail :	21,10m ³ /jour
* eaux domestiques :	0,30m ³ /jour

Les débits des effluents rejetés sont les suivants :

* eaux de lavage-rinçage	3,5 m ³ /jour
* eaux de lavage des aires de travail	21,10m ³ /jour
* vapeur d'eau issue du séchage de la poudre	47,90m ³ /jour

VIII-1.4.Description du procédé de fabrication :

Avant le conditionnement, le procédé de fabrication comporte cinq étapes principales :

ZONE INDUSTRIELLE DE ROUIBA-REGHAÏA

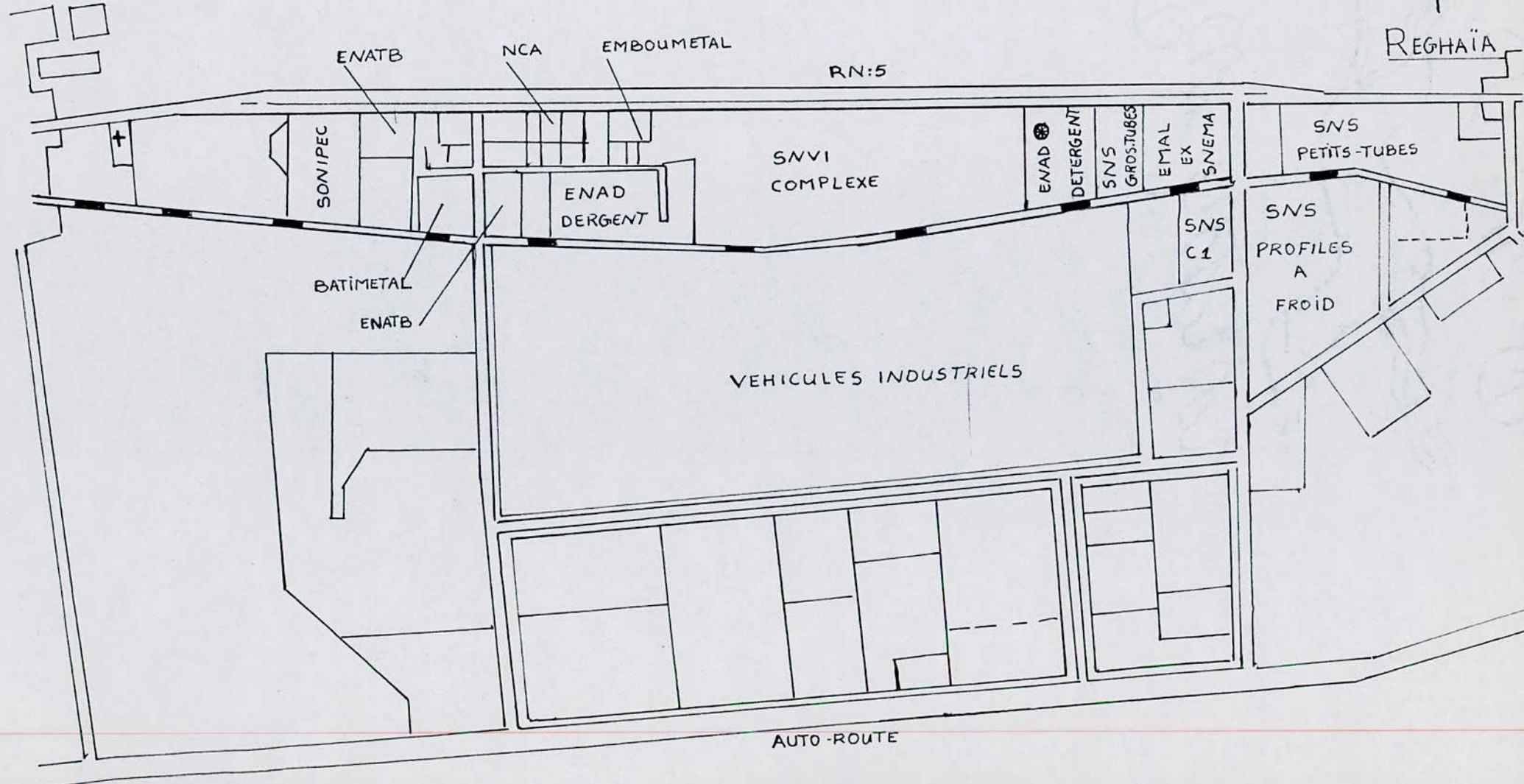
ECHELLE: 1/20.000 [SOURCE ANAT]



Rouiba

VERS LE LAC

REGHAÏA



RN:5

ENATB

NCA

EMBOUMETAL

SONIPEC

SNVI
COMPLEXE

ENAD
DERGENT

ENAD
DETERGENT
SNS
GROS-TUBES
EMAL
EX
SNEMA

SNS
PETITS-TUBES

BATIMETAL

ENATB

SNS
C1

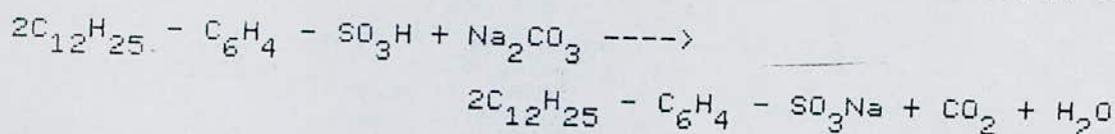
SNS
PROFILS
A
FROID

VEHICULES INDUSTRIELS

AUTO-ROUTE

Première étape : la neutralisation

Un acide sulfonique à chaîne hydrocarbonée linéaire (C₁₂) est neutralisé par une solution de carbonate de sodium dans deux réacteurs horizontaux de faible volume selon la réaction suivante :



A l'issue de cette réaction, il se forme la matière active qu'est le dodécylbenzènesulfonate de sodium.

Deuxième étape : Dégazage atmosphérique.

La réaction décrite précédemment est génératrice de gaz carbonique que l'on élimine au niveau d'un bac de dégazage. Cette élimination permet l'obtention d'une pâte homogène, désaérée, facilement transférable au moyen de pompes volumétriques classiques.

Troisième étape : Station de malaxage.

La station de malaxage est composée de deux malaxeurs munis de systèmes de chauffage à la vapeur et de brassage lent (agitateur à pales). Dans ces cuves est formée la pâte par addition d'un ensemble de matières chimiques (sels minéraux et organiques).

Quatrième étape : Installation d'atomisation et de séchage.

La pâte issue de la station de malaxage est envoyée dans une tour de séchage de grand volume où règne une température de 350°C. Cette pâte est finement pulvérisée au moyen de six gicleurs.

Cinquième étape : Fluidisation, dépoussiérage.

A la sortie de la tour, la poudre est transportée pneumatiquement vers un site de fluidisation et de dépoussiérage où elle perd ses fines particules. Ces dernières sont récupérées par l'intermédiaire de cyclones et réintroduites dans la tour d'atomisation.

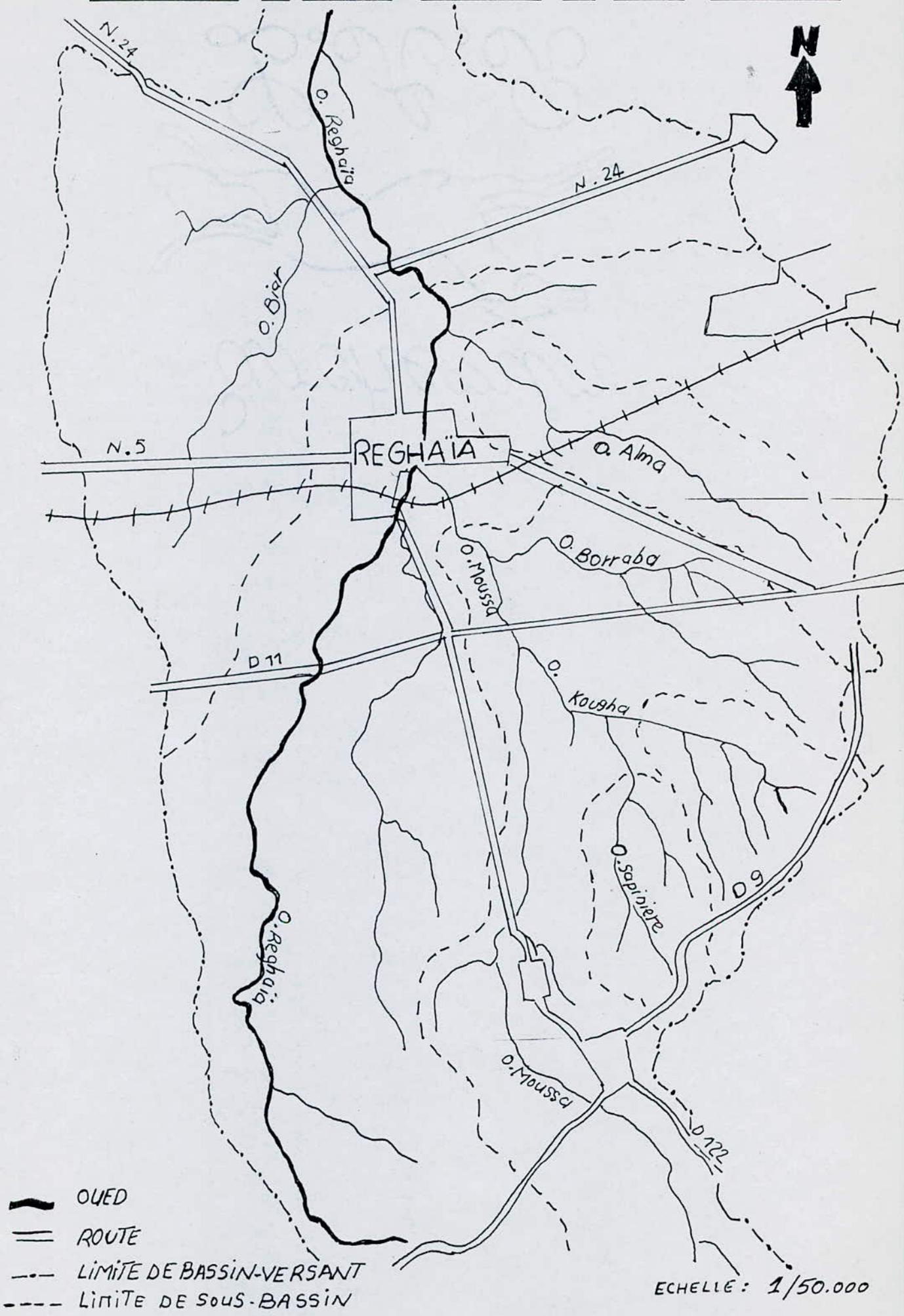
L'étape de conditionnement consiste en un tamisage de la poudre et de sa mise dans des paquets à l'aide de deux machines empaqueteuses.

VIII-1.5.Effluents liquides :

- Eau de rinçage des filtres.
- Eau de rinçage des malaxeurs.
- Eau de lavage des équipements et des aires de travail.
- Eau de lavage du bac de préparation de la colle.
- Huile de vidange.

Le débit total des effluents rejetés dans le collecteur est estimé à 28 m³/jour.

SITUATION DU BASSIN-VERSANT DE OUED REGHAÏA



-  OUED
-  ROUTE
-  LIMITÉ DE BASSIN-VERSANT
-  LIMITÉ DE SOUS-BASSIN

ECHELLE: 1/50.000

VIII-2.LE COLLECTEUR ET L'OUED DE REGHAIA :

Ces deux milieux ne seront que brièvement présentés; nous dirons simplement que :

- le collecteur est le récepteur de l'ensemble des eaux usées rejetées par les différentes usines de la zone industrielle et par la ville.

- l'oued, véhiculant les eaux du collecteur vers le marais est alimenté par cinq oueds différents, en l'occurrence les oueds Bior, Aïma, Moussa, Borrada et Sapinière. Cet oued a une longueur de 6400m, une largeur variant de 0,5 à 2,5m et une profondeur comprise entre 0,4 et 2,5m.

VIII-3.LE MARAIS DE REGHAIA

VIII-3.1.Historique :

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 par la nappe phréatique.

VIII-2.2.Caractéristiques du lac :

Ayant peu de données sur les caractéristiques physicochimiques et biologiques du lac, nous nous contenterons de souligner ce qui suit :

Le lac présente une superficie de 100ha dont une moitié recouverte d'eau libre. Sa largeur moyenne est de 500m, sa longueur de 200m alors que sa profondeur varie entre 0,7m (sur les berges) et 7 à 12m (vers le centre). Il constitue le seul marais côtier de l'Algérie et dont la richesse en oiseaux y est tout à fait remarquable.

L'intensité de la pollution déversée en amont engendre de graves conséquences sur la faune et sur la flore du marais, et compromet son rôle international concernant la faune migratrice.

VIII-2.3.Bilan hydrique du lac :

* L'alimentation est réalisée à partir d'eau douce provenant de la nappe phréatique de la Mitidja, et de quelques sources latérales à raison de 80l/s jusqu'à 200l/s.

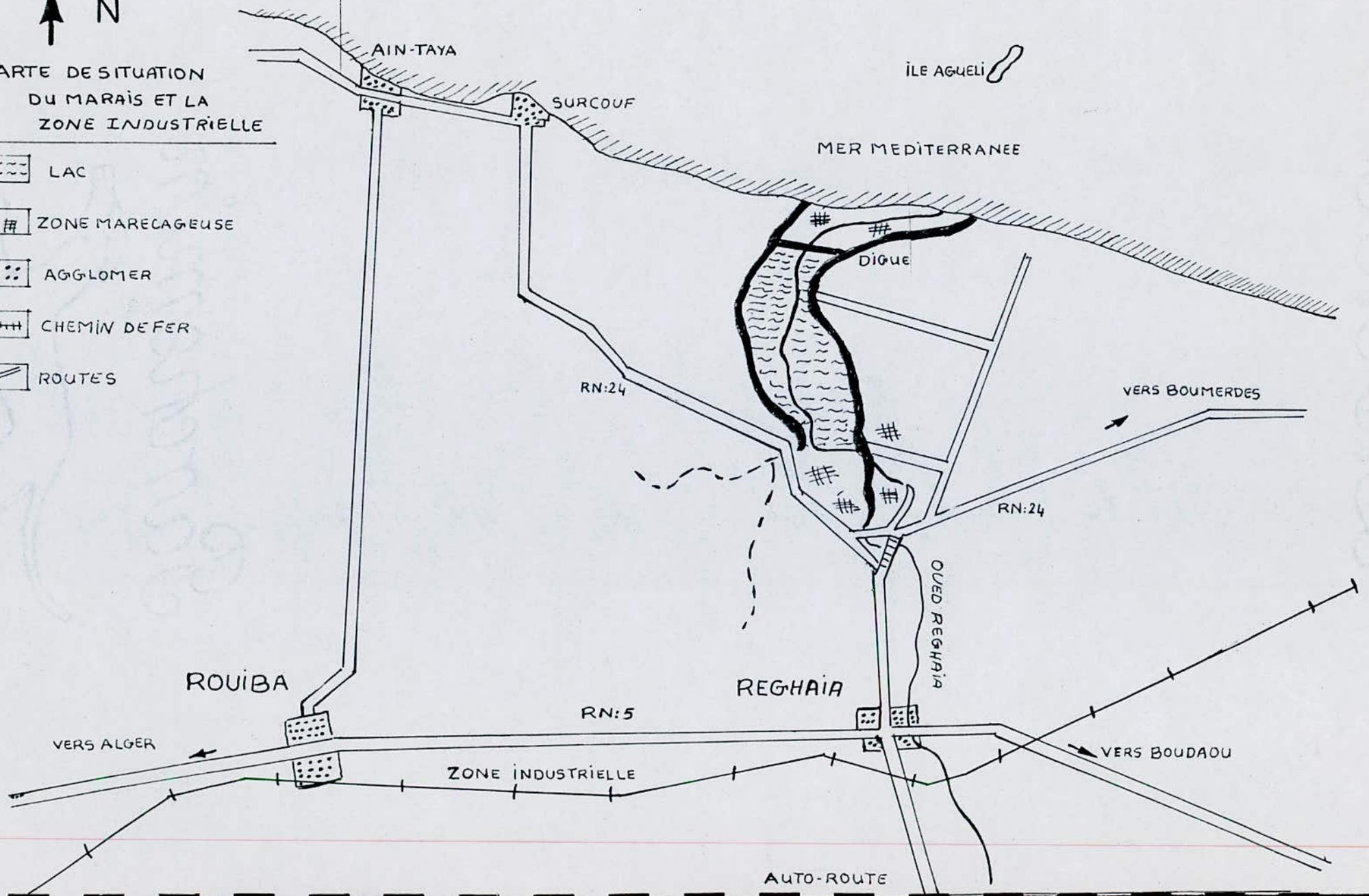
* Le débit des eaux usées déversées dans le lac via l'oued Réghaia et provenant des diverses sources de pollution est estimé à 2,32m³/s.

* Le prélèvement d'eau du lac pour l'irrigation d'environ 2733ha de terres agricoles est estimé à 1263m³/heure en hiver et 2160m³/heure en été.



CARTE DE SITUATION DU MARAIS ET LA ZONE INDUSTRIELLE

-  LAC
-  ZONE MARECAGEUSE
-  AGGLOMER
-  CHEMIN DE FER
-  ROUTES



VIII-2.4. Impact de la pollution sur le lac :

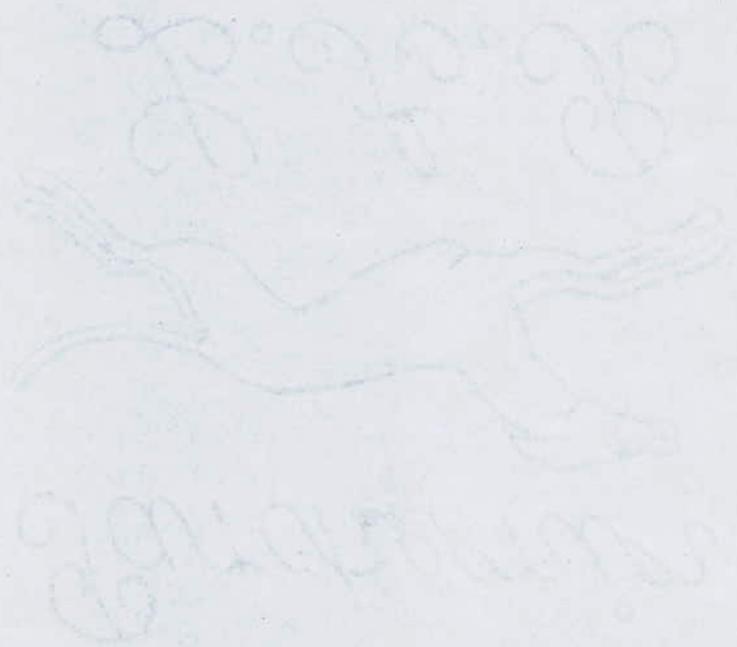
La pollution rejetée par les différentes sources, et particulièrement par certaines unités industrielles, a pour résultat la perturbation de l'équilibre naturel de l'écosystème récepteur, et ce de différentes façons se traduisant par :

- la dégradation de la qualité de l'eau
- la perte des oiseaux migrateurs dont la niche écologique est perturbée, voire éliminée
- diminution de la densité et de la diversité de la flore et de la faune lacustre
- dégradation des berges

Il ne faut pas oublier de signaler que le marais s'insérant dans un environnement urbain et maraîcher, cette pollution est source d'autres nuisances telles que :

- dégradation des cultures par les insectes
- prolifération de certains parasites vecteurs de maladie, tels que mouches, moustiques etc...

PARTIE PRATIQUE



I.-ANALYSES

I.1.INTRODUCTION

Le but de notre travail a porté d'une part, sur le suivi de certains polluants depuis les rejets de l'ENAD jusqu'au lac, et d'autre part sur la détermination du stade de dégradation du lac. Pour ce faire, nous avons jugé nécessaire de mener deux campagnes d'analyses que nous présentons ci-dessous.

* La première campagne a consisté en l'étude d'un certain nombre de paramètres, et ce depuis l'ENAD jusqu'au lac. Il nous a semblé judicieux de les choisir en fonction de l'importance de leur éventuelle présence dans les rejets de l'ENAD. Ces paramètres sont :

- 1- le DBS
- 2- les orthophosphates
- 3- les polyphosphates
- 4- les sulfates
- 5- les silicates
- 6- la DBO_5
- 7- la DCO_5
- 8- les matières en suspension ($105^{\circ}C$)
- 9- les pertes au feu ($560^{\circ}C$), le résidu sec ($105^{\circ}C$)

Nous avons en plus mesuré le PH et la température.

* la deuxième campagne a consisté en la mesure de l'oxygène dissous, de la température et la profondeur d'eau.

I.1.1.Points de prélèvement :

I.1.1.1.Première campagne :

- Le premier point de prélèvement se situe au niveau du regard, à la sortie des eaux des rejets de l'ENAD et à l'embouchure du collecteur.

- Le second point de prélèvement a été choisi près du déversement des eaux du collecteur principal de la zone industrielle dans l'oued, et au niveau du pont de Reghaia, ce dernier étant situé sur la Route Nationale N°5.

- Le troisième point de prélèvement a été pris au niveau de l'oued Reghaia à environ 2500m du 2° point.

- Le quatrième point a été pris dans le lac de Reghaia à environ 1500m de l'oued.

I.1.1.2.Deuxième campagne

Nous avons choisi plusieurs points dans le lac de Reghaia, en différents endroits de la surface et à différentes profondeurs. Ces différents points de prélèvements sont représentés sur le schéma de la figure A7.

I.1.2.Variations horaires des prélèvements:

Afin de pouvoir estimer la variation des teneurs en polluants aux différents points considérés, nous avons effectué des prélèvements à différents moments de la journée. Concernant la seconde campagne d'analyse les horaires de mesure des paramètres ont été conditionnés et limités par les moyens mis à notre disposition (oxymètre, barque, transport, ...)

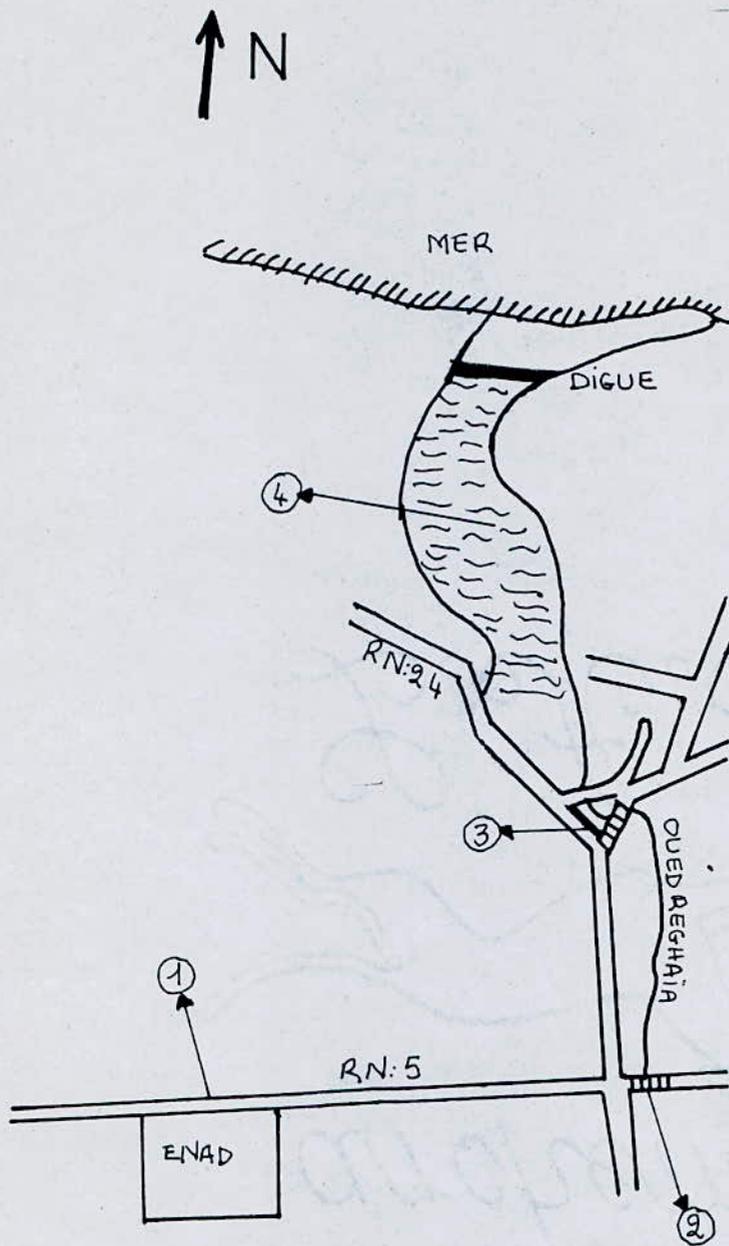


FIGURE : A 7. Schema des points de prelevements (1^{ere} campagne)

I.1.3. Modes de prélèvements des échantillons et d'analyses :

Première campagne :

Tous les échantillons ont été prélevés dans des bidons en plastique préalablement rincés avec l'eau à analyser.

Toutes les analyses ont été effectuées dans les deux heures qui suivaient le prélèvement, et avec les précautions spécifiques à chaque type d'analyse. La température et le PH ont été mesurés systématiquement et directement sur le lieu de prélèvement.

Deuxième campagne :

Les mesures de température de la profondeur d'eau et de l'oxygène dissous dans le lac ont été réalisées sur place au moyen d'un oxythermomètre portatif préalablement étalonné.

I.1.4. Normes :

La documentation consultée, mais aussi un certain nombre d'organismes contactés (ANPE, ENPA, INRH, INA, ENAD, etc...) ne nous ont pas suffisamment, et tel que nous l'avions souhaité, renseigné sur les normes concernant les paramètres étudiés.

Toutefois nous donnons à titre d'indication les valeurs retenues par l'ANPE ainsi que les normes suisses respectivement dans les tableaux A1 et A2.

TABLEAU A1(*)

CONCENTRATIONS LIMITES DES REJETS

APRES TRAITEMENT

PH : 6,5 à 8,5

T°C : 30

MES : 20mg/l

DBO₅ : 30mg/l

DCO : 90mg/l

Détergents : 1mg/l

Phosphates : 2mg/l

(*) : source : centre d'études et de réalisation en urbanisme (URBON). Zones industrielles, eaux résiduaires industrielles.

TABLEAU A2

Concentrations limites pour le déversement
des eaux usées (Normes Suisses)
d'après (32)

Paramètre	Objectif de qualité des eaux de surface	Qualité des effluents rejetés dans les eaux de surface
Température	MAX 25°C	MAX 30°C
PH	PH naturel	6,5 à 8,5
Oxygène	6mg/l	6mg/l dans le milieu récepteur
Phosphate total (mg/l)	Très faible Inférieur à 0,5	inférieur à 1
Sulfates mg/l	1000	Très faible
DBO ₅	4	20

I.2. PREMIERE CAMPAGNE, RESULTATS ET INTERPRETATION :

I.2.1. Le Dodecylbenzènesulfonate "DBS" :

I.2.1.1.

A l'ENAD : les teneurs en DBS en date du 17 et du 18 mars 1986 (Tableau B1 et fig. B1) traduisent très bien la répercussion dans les rejets de l'unité dûs à la défectuosité de l'une de ses pompes.

I.2.1.2.

Au collecteur et à l'oued: les teneurs maximales en DBS sont observées au niveau de l'ENAD le jour, et du collecteur la nuit (tableaux B2 et B3 et fig. B2a et B2b); ce que nous expliquons par trois possibilités:

1- les débits étant plus faibles, la concentration en DBS augmente.

2- Le nettoyage et l'entretien dans d'autres unités et dans les habitations ayant lieu en fin d'après midi ou en début de soirée, l'eau arrive au collecteur la nuit avec une teneur maximale en DBS.

3- Entre le collecteur et l'oued, il y a la dilution et l'autoépuration, et l'oued somme la nuit tous les rejets résultant des activités de la journée de toute la région de Réghaia.

Nous ouvrons ici une parenthèse pour dire que nous ne confondons pas comme certains auteurs (13), dilution et autoépuration, et ce pour deux raisons:

D'une part la dilution comprise dans l'autoépuration doit se faire avec une eau naturelle et non avec une eau polluée comme celles du collecteur et de l'oued (8).

D'autre part la dilution étant surexploitée par les pollueurs perd son efficacité. Cette remarque est valable pour tout ce qui suit.

Nous remarquons que le collecteur et l'oued sont sensibles aux activités des ménages et donc que l'unité ENAD n'est pas la seule à rejeter des détergents. En effet, souvent les teneurs en DBS de l'unité sont inférieures à celles du collecteur ou de l'oued malgré les dilutions et la biodégradation.

I.2.1.3.

Dans le lac : les teneurs en détergents de l'eau du lac sont de l'ordre des normes de qualité des eaux de surface. Elles ne sont pas nulles car d'une part les rejets continuent à être effectués jusqu'à l'entrée du lac et d'autre part la biodégradation n'a pas été complètement achevée.

I.2.2. Les phosphates :

I.2.2.1.

A l'ENAD : le tableau (B4) et la figure B3 nous montrent que les rejets de l'ENAD sont excessivement riches en phosphates. Ceci pourrait avoir deux origines principales:

1- Les fuites très nombreuses et très fréquentes au niveau des pompes des malaxeurs.

TABLEAU B1
RESULTATS DES ANALYSES "ENAD"

DATE	HEURE	T°C	PH	DBS (mg/l)	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
LUNDI	9h30	27	9,95	59,0	TRES MOUSSEUSE
17/03/86	13h30	27	10,11	57,0	TRES MOUSSEUSE
MARDI	8h30	26	10,3	87,4	TRES MOUSSEUSE
18/03/86	7h30	26	9,94	1,0	
DIMANCHE	10h30	28	10,37	2,8	
30/03/86	13h00	32	9,99	7,5	
	15h00	28	9,86	7,4	EAU BRUNE
MARDI	8h30	25	10,74	1,4	TURBIDE
08/04/86	14h30	23,5	9,79	0,7	MOUSSEUSE
	20h00	32	9,93	3,6	MOUSSEUSE
MERCREDI	01h00	26,5	9,54	1,8	TURBIDE MOUSSEUSE
09/04/86					
SAMEDI	8h00	24	9	1,6	TRANSPARENTE
12/04/86					

TABLEAU B2
RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

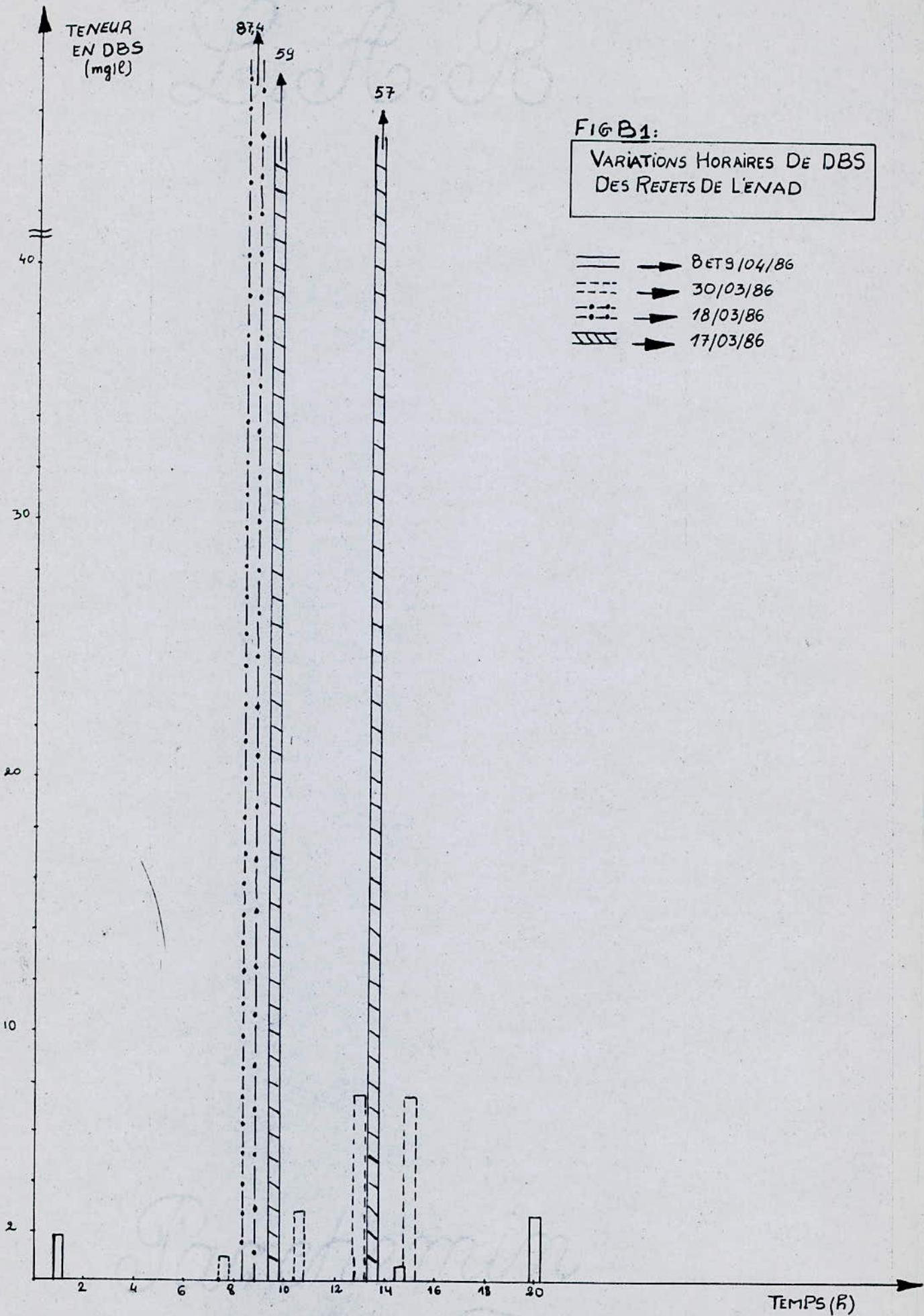
DATE	HEURE	T°C	PH	DBS (mg/l)	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
DIMANCHE 30/03/86	8h30	20	9,17	0,63	GRIS CLAIR
	14h00	22,5	7,81	0,57	MARRON
	15h30	22	8,43	5,08	NOIRE
MARDI 08/04/86	8h30	21	9,39	0,38	NOIRE
	14h00	22	8,87	0,41	TRES NOIRE
	19h00	22	8,14	2,80	MARRON CLAIR
MERCREDI 09/04/86	00h30	21	8,70	3,64	" "
SAMEDI 12/04/86	9h00	21	8,75	0,46	NOIRE SENTANT TRES MAUVAIS

TABLEAU B3
RESULTATS D'ANALYSES DANS "L'OUED"

DATE	HEURE	T°C	PH	DBS (mg/l)	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
DIMANCHE 30/03/86	9h00	14,5	7,71	0,63	BLEU FONCE
	14h00	21	7,71	1,95	TRANSPARENT (*)
	16h00	21	7,69	1,96	"
MARDI 08/04/86	8h30	15	7,82	0,68	VERT (*) (*)
	14h30	16,5	7,80	0,38	VERT CLAIR (*) (*)
	19h30	16	7,89	0,86	BLEU CLAIR (*) (*)
MERCREDI 09/04/86	01h00	16	7,99	1,54	BLEU CLAIR (*) (*)
SAMEDI 12/04/86	8h30	15	7,77	0,66	TRANSPARENTE

(*) Fuite de la pompe à l'ENAD

(*) (*) Temps pluvieux le matin, ensoleillé l'après midi et calme la nuit.



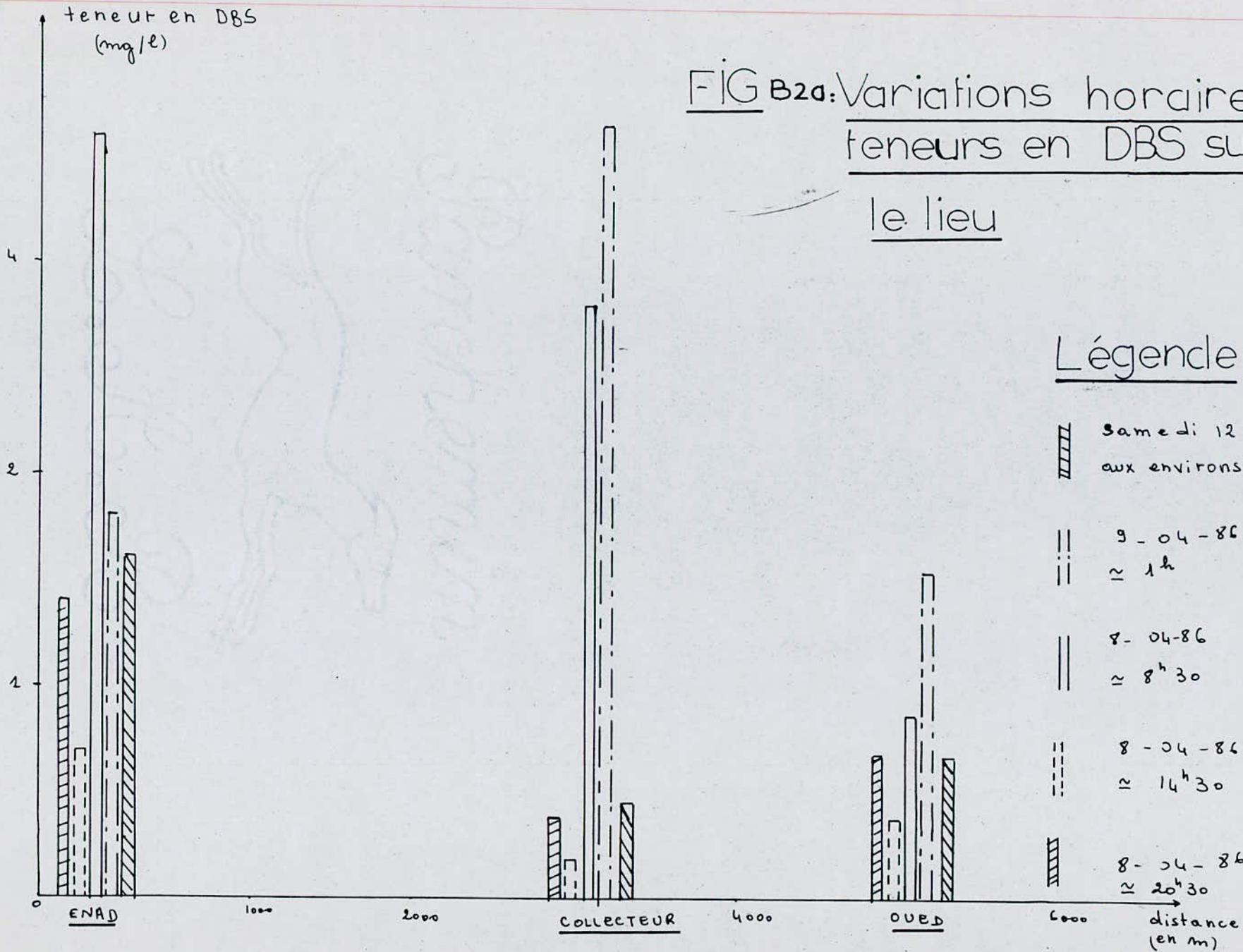
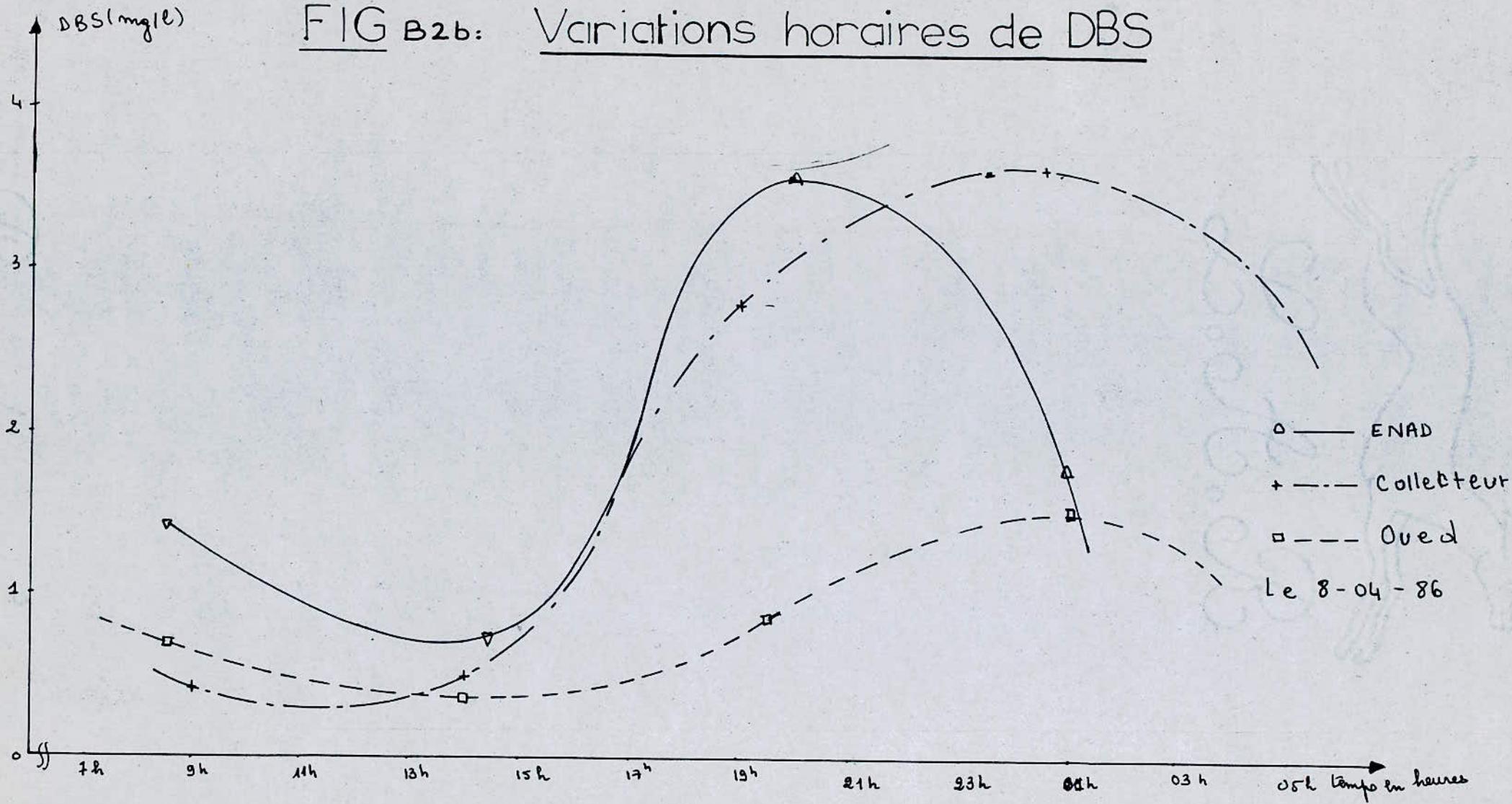


FIG B2b: Variations horaires de DBS



2- L'élimination par lavage des résidus de poudre résultant de la déchirure "accidentelle" des sacs de polyphosphates.

La présence d'orthophosphates dans les rejets pourrait être due à la composition des polyphosphates contenant eux mêmes de l'orthophosphate comme impureté.

Par ailleurs les valeurs que nous avons obtenues sont très variables. Elles pourraient être toutefois diminuées et mieux contrôlées par une réparation, voire un remplacement du matériel défectueux et aussi par une meilleure manipulation de la matière première.

1.2.2.2.

Au collecteur : les teneurs en phosphates diminuent dans le collecteur par dilution, (tableau B5 et figure B4). Nous n'excluons pas la possibilité de rejets moins importants de phosphore par les autres unités, notamment l'unité ENAD Détergents de Rouiba. L'Entreprise Nationale des Gaz Industriels ainsi que toutes les unités de traitement de surface (production de lames, de carrosserie de voitures etc...).

Les teneurs ne varient pas d'une façon notable entre le jour et la nuit.

1.2.2.3.

A l'oued : les teneurs en phosphates augmentent dans l'oued car la pollution est multipliée à ce niveau de par les déversements de beaucoup d'autres collecteurs urbains et industriels.

La diminution des rejets urbains la nuit explique les teneurs nocturnes relativement faibles en phosphates de l'eau de l'oued. (Tableau B6, figure B5).

1.2.2.4.

Dans le lac : les teneurs en phosphore total atteignent 14mg/l dans le lac, tableau (B7). D'après certains auteurs (4), celui-ci est en danger d'eutrophisation. Nous expliquons par ailleurs la diminution des teneurs en phosphates entre l'oued et le lac par l'autoépuration comprenant entre autres l'assimilation par les végétaux et la précipitation (en PH > 7 - avec les cations Ca, Fe, Al, Mn etc ... (22)).

1.2.3. Les Sulfates :

1.2.3.1.

A l'ENAD : D'après le tableau de résultats (B8) et la figure B6, nous constatons que les teneurs en sulfates des rejets de l'ENAD sont importantes bien que variables. Ces teneurs ne sont tout de même pas alarmantes sachant que pour l'eau potable, on tolère jusqu'à 100 mg/l (32).

1.2.3.2.

Au collecteur : A ce niveau, les figures B7 et B9 et le tableau (B8) illustrent très bien la diminution des teneurs en sulfates, due principalement à la dilution.

TABLEAU B4
RESULTATS DES ANALYSES "ENAD"

DATE	HEURE	T °C	PH	ORTHOPHOS PHATES mg P/l	POLYPHOSPHATES mg P/l	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
LUNDI 17/03/86	9h30	27	9,95	9,9	0,2	TRES MOUSSEUSE
	14h30	27	10,11	1,2		TRES MOUSSEUSE
	8h30	27	9,18	25,5		MOUSSE
LUNDI 24/03/86	9h30	27	10,56	347	2141	MOUSSE - EAU TRES TURBIDE
	11h00	24	10,60	36,2	186	"
	13h00	25	9,05	27,4	79,8	TURBIDE - PAS DE MOUSSE
	14h30	25	9,50	49,3	169,5	TURBIDE+MOUSSE
LUNDI 31/03/86	8h00	25	9,80		30304	*
	10h30	25	12,14	6277		*
	13h00	26,5	12,10	3148	5427	*
	14h30	29	10,18	2262	5345	*
MERCREDI 09/04/86	8h30	26,5	9,62	137 (0,9)	567,7	MARRON
	11h00	28,5	9,43	205,9	704,9	TRANSPARENTE + MOUSSEUSE
	17h00	26	9,80	55,9 (+)(3,4)	5982,9	TRES MOUSSEUSE + TURBIDE
JEUDI 10/04/86	02h00	28	10,51	65,5 (1,2)	6936,1	TRES MOUSSEUSE LAITEUSE
SAMEDI 12/04/86	8h00	24	9	64,7 (0,7)	478,8	EAU PRESQUE TRANSPARENTE
MARDI 22/04/86	9h00	28	11,87	70,8	63,0	CLAIRE

* Eau très turbide ressemblant à la pâte SLURRY. Une fuite très importante d'une pompe a été signalée et s'est répercutée dans les rejets.

+ : les valeurs entre parenthèses correspondent à la correction de la turbidité naturelle.

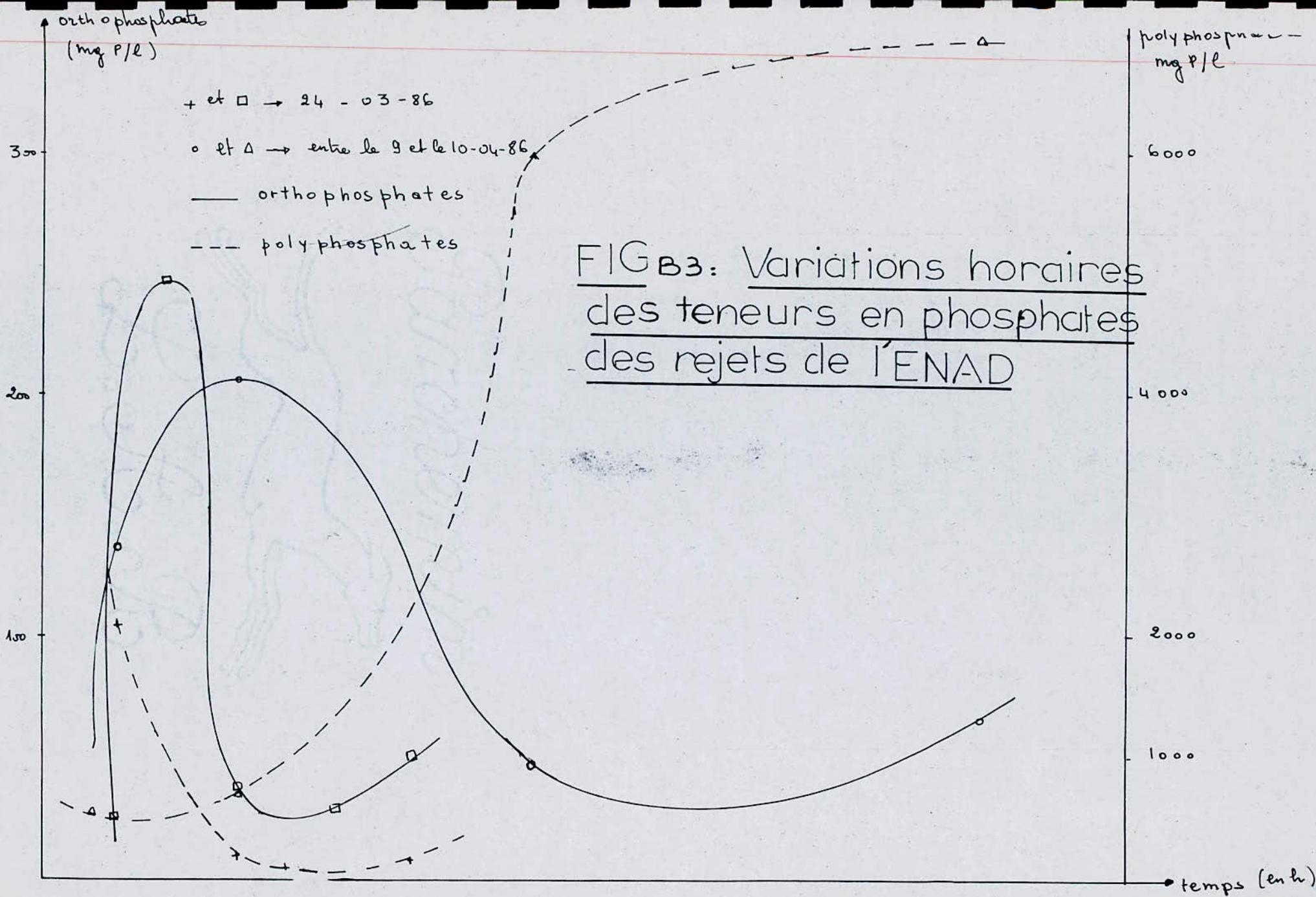


FIG B3: Variations horaires des teneurs en phosphates des rejets de l'ENAD

TABLEAU B5

RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

DATE	HEURE	T°C	PH	ORTHOPHOS PHATES mg P/l	POLYPHOSHATE mg P/l	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
LUNDI	9h00	20	10,10	5,8	19	EAU NOIRE
24/03/86	11h00	22	11,62	4,0	1,5	TURBIDE
	14h00	22	9,26	5,8	5,5	NOIRE
LUNDI	9h00	20,5	9,24	18,4	7,2	
31/03/86	11h00	22,5	9,15	16,4	14,3	
MERCREDI	8h00	21	7,61	6,5 (0,3)	60,0	CLAIRE
09/04/86	10h30	22	6,13	5,9 (0,7)	57,0	MARRON FONCE
	18h00	23	7,46	5,2 (1,8)	60,7	MARRON FONCE
JEUDI	01h30	21,5	7,74	6,5	58,3	TRES TURBIDE MOUSSEUSE
10/04/86						
SAMEDI	09h00	21	8,75	10,9 (3,2)	6,5	EAU NOIRE TURBIDE SENTANT TRES MAUVAIS
12/04/86						

orthophosphate
mg P/l

FIG B4: Variations horaire des teneurs en phosphates dans le collecteur

poly phosphate
(mg P/l)

100

60

30

20

temps (h)

20

15

1

5

3

1

8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 01 02 03 04 05 06

□ 31-03-86
△ le 9 et 10-04-86
— orthophosphate
--- polyphosphates

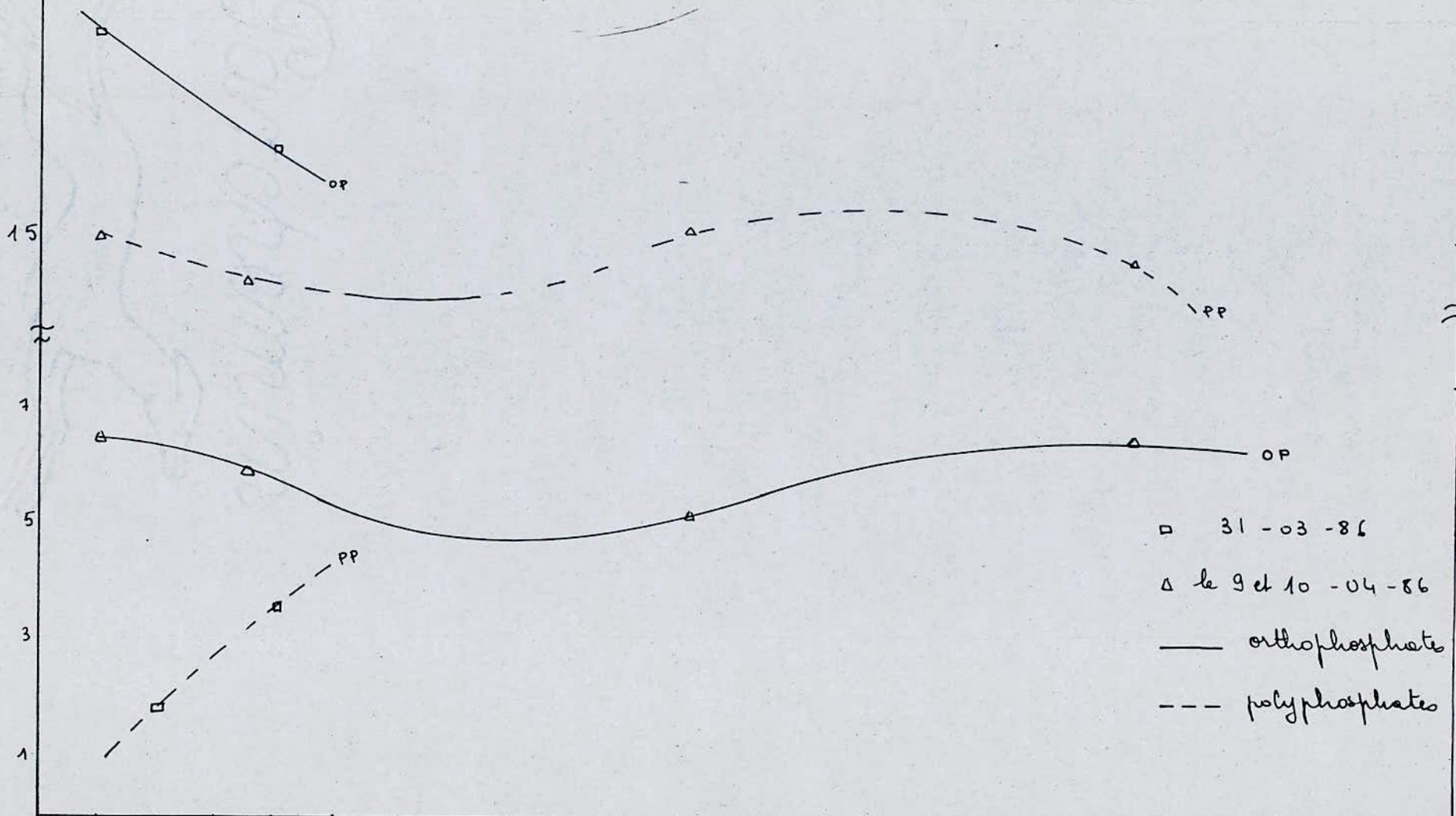


TABLEAU B6
 RESULTATS DES ANALYSES "OUED"

DATE	HEURE	T°C	PH	ORTHOPHOS PHATES mg P/l	POLYPHOSPHATES mg P/l	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
LUNDI	9h00	14,5	7,68	6		
24/03/86	11h00	16	7,67	6,2		
	14h30	19,5	7,71	3,7		
LUNDI	9h00	15,5	7,66	25,6	6,9	(*)
31/03/86	11h00	20,5	7,67	20,2	1,3	(*)
	MERCREDI	8h00	13,5	7,14	13,9	182,3
09/04/86	10h30	16	7,13	20,2	120,9	GRIS CLAIR
	18h00	16,5	7,92	6,2	0,79	BLEU CLAIR
JEUDI	02h00	15	7,93	6,4		BLEU CLAIR
10/04/86						
SAMEDI	08h30	15	7,77	13,9	12,1	TRANSPARENTE TRES PEU D'ODEUR
12/04/86						

(*) : Fuite de la pompe à l'ENAD

FIG B5: Variations horaires des teneurs en phosphates à l'oued

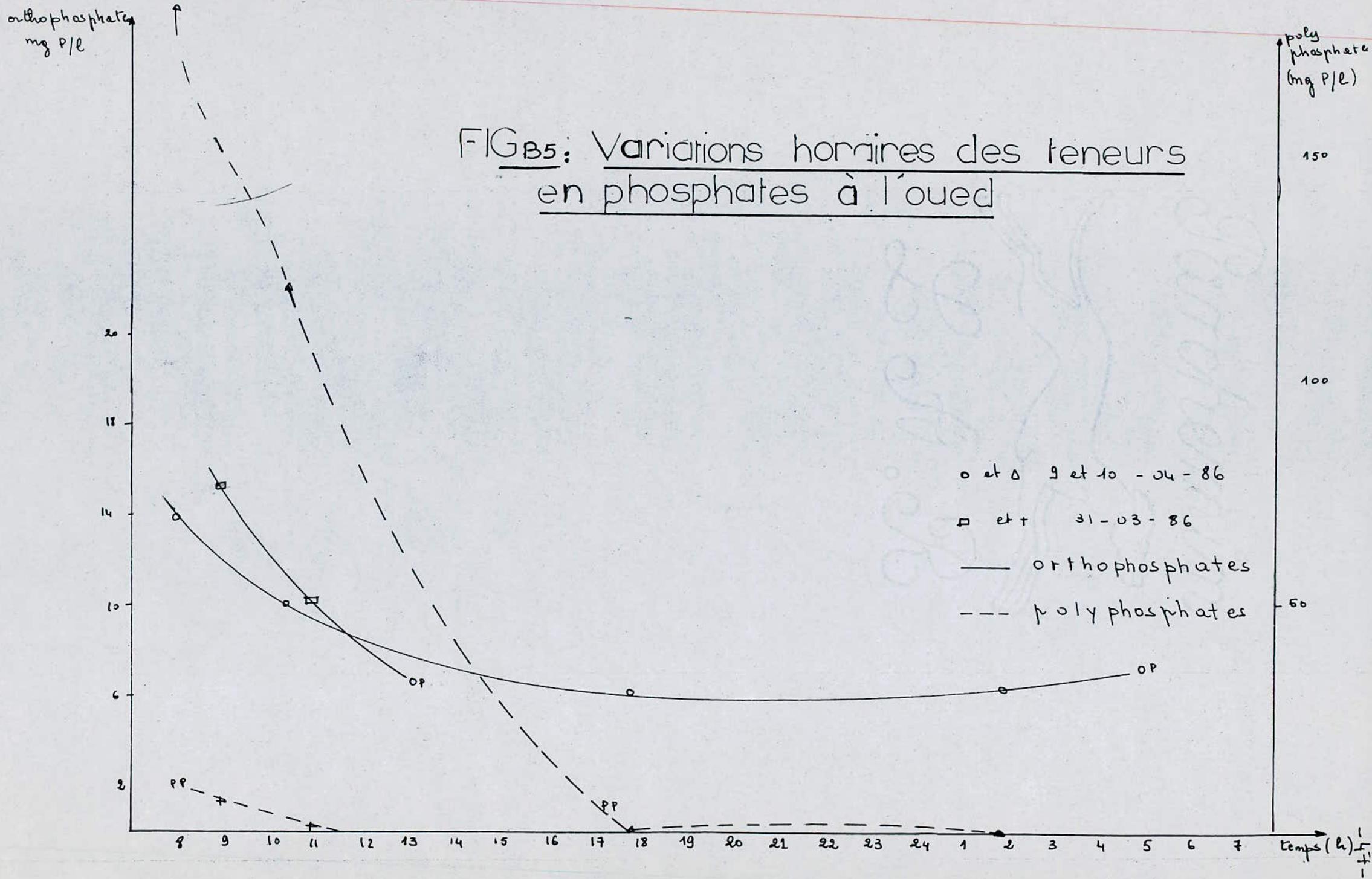


TABLEAU B7
 RESULTATS DES ANALYSES DANS LE "LAC"

PARAMETRE	VALEUR LE : 15/04/86	VALEUR LE : 29/04/86
HEURE DE PRELEVEMENT	9h00	9h30
T°C	16	18
PH	8,38	8,01
RESIDU SEC (105°C)(mg/l)	440	
PERTES AU FEU (550°C)(mg/l)	120	
DCO(mgO ₂ /l)	168	129
DBO(mgO ₂ /l)	141	
DBS(mg/l)	0,70	1.4
ORTHOPHOSPHATES (mg P/l)	6,9	7,1
POLYPHOSPHATES (mg P/l)	7,3	6,2
SULFATES (mg/l)	86,6 (12)	314,5
SILICATES (mgSiO ₂ /l)	2,3	2,5
MES	100	150

TABLEAU B8
RESULTATS DES ANALYSES "ENAD"

DATE	HEURE	T°C	PH	TENEUR EN SULFATES (mg/l)	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
LUNDI	9h30	27	9,95	299,5	TRES MOUSSEUSE
17/03/86	15h30	27	10,11	(17,36) 170,3 (82,4)	"
MARDI	9h00	26	10,3	2874,3	"
18/03/86				(89,7)	
	8h30	26,5	9,19	143,6	
				(92,9)	
	10h00	25	8,90	110,2	
				(143,6)	
MARDI	11h00	26,5	8,70	52,6	
				(157,6)	
	13h00	28	8,36	1544,5	
				(150,3)	
25/03/86	13h30	28	9,09	3207,8	
				(93,2)	
	14h30	26	9,06	59,9	EAU BRUNE
				(263,3)	
	15h00	23,5	8,72	198,4	
				(114,1)	
	7h30	23,5	10,06	774,7	TURBIDE + MOUSSEUSE
				(24,6)	
	10h30	25	10,80	891,8	MOUSSEUSE
				(28,6)	
LUNDI	13h00	28,5	9,55	18826,8	"
07/04/86				(26,9)	
	15h30	29	9,75	3277,4	TRES MOUSSEUSE
				(32,5)	
	20h30	26	9,75	1969,4	TRES MOUSSEUSE
				(33,2)	+ TURBIDE
	23h00	27	9,18	971,6	JAUNE BRUN
MARDI	03h00	26	10,65	5,9	JAUNE BRUN +TRES
08/04/86				(25,7)	MOUSSEUSE+HUILEUSE
SAMEDI	08h00	24	9	265,6	CLAIRE - PRESQUE
12/04/86				(31,5)	TRANSPARENTE

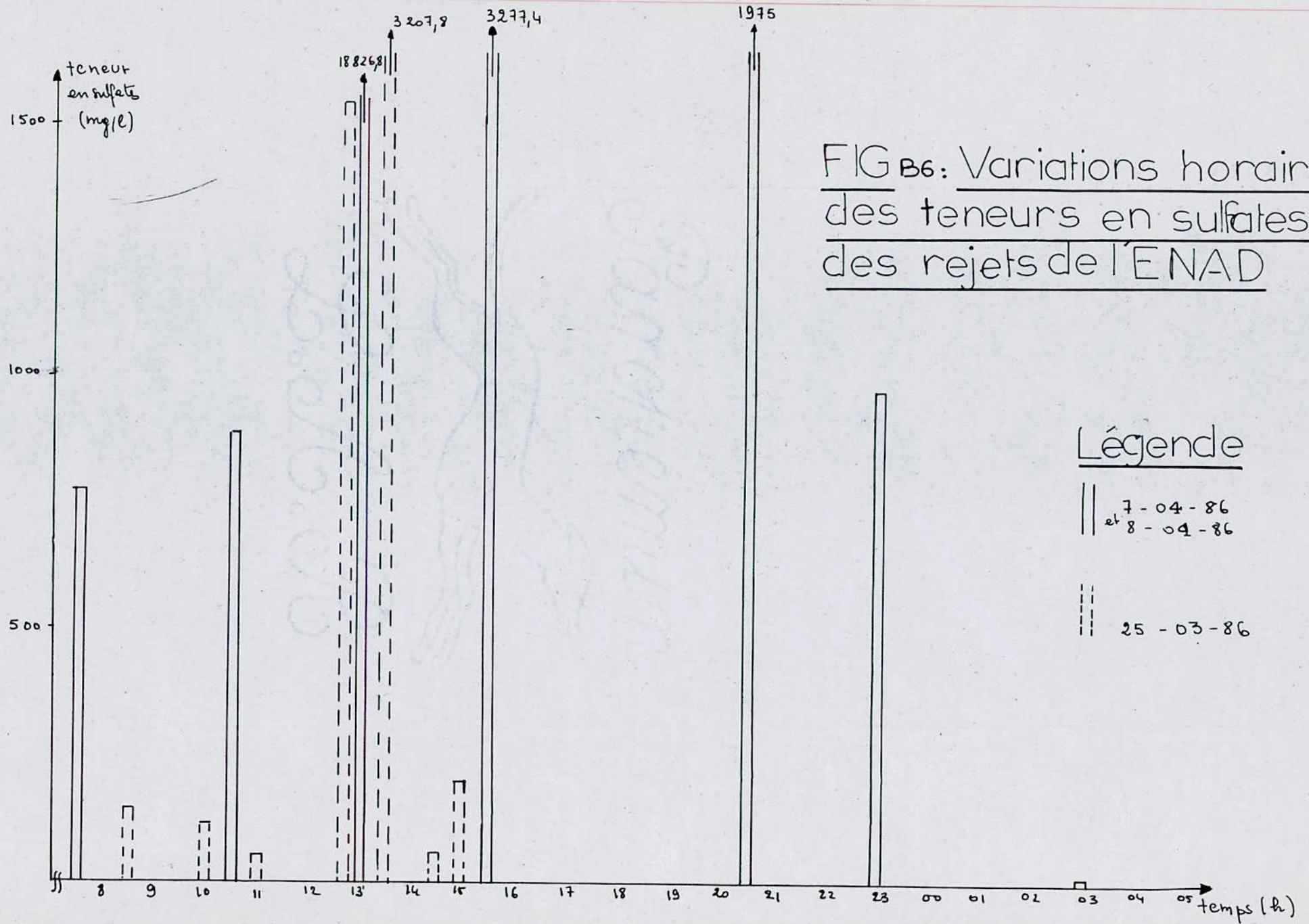


FIG B6: Variations horaires des teneurs en sulfates des rejets de l'ENAD

TABLEAU B9

RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

DATE	HEURE	T°C	PH	TENEUR EN SULFATES	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
MARDI	9h30	20,5	9,5	64,4	
25/03/86	11h00	21,5	9,78	(161,61) 14,9	
	16h00	20,5	9,25	(17,1)	
	7h30	21	2,6	88,8 (27,7)	gris-noire
LUNDI	9h30	17	10,11	94,6	vert-très huileuse
7/04/86	13h30	23	8,02	24,6 133,1 (28,8)	mauvaise odeur marron-mauvaise odeur
	19h00	23	7,81	129,3 (31,5)	huile
	MARDI	00h30	20,5	6,71	73,7 (28,7)
8/04/86	02h00	26	8,19	71,3 (22,7)	
	SAMEDI	9h00	27	8,75	145,2 (93,3)

FIG B7: Variations horaires des teneurs en sulfates dans le collecteur

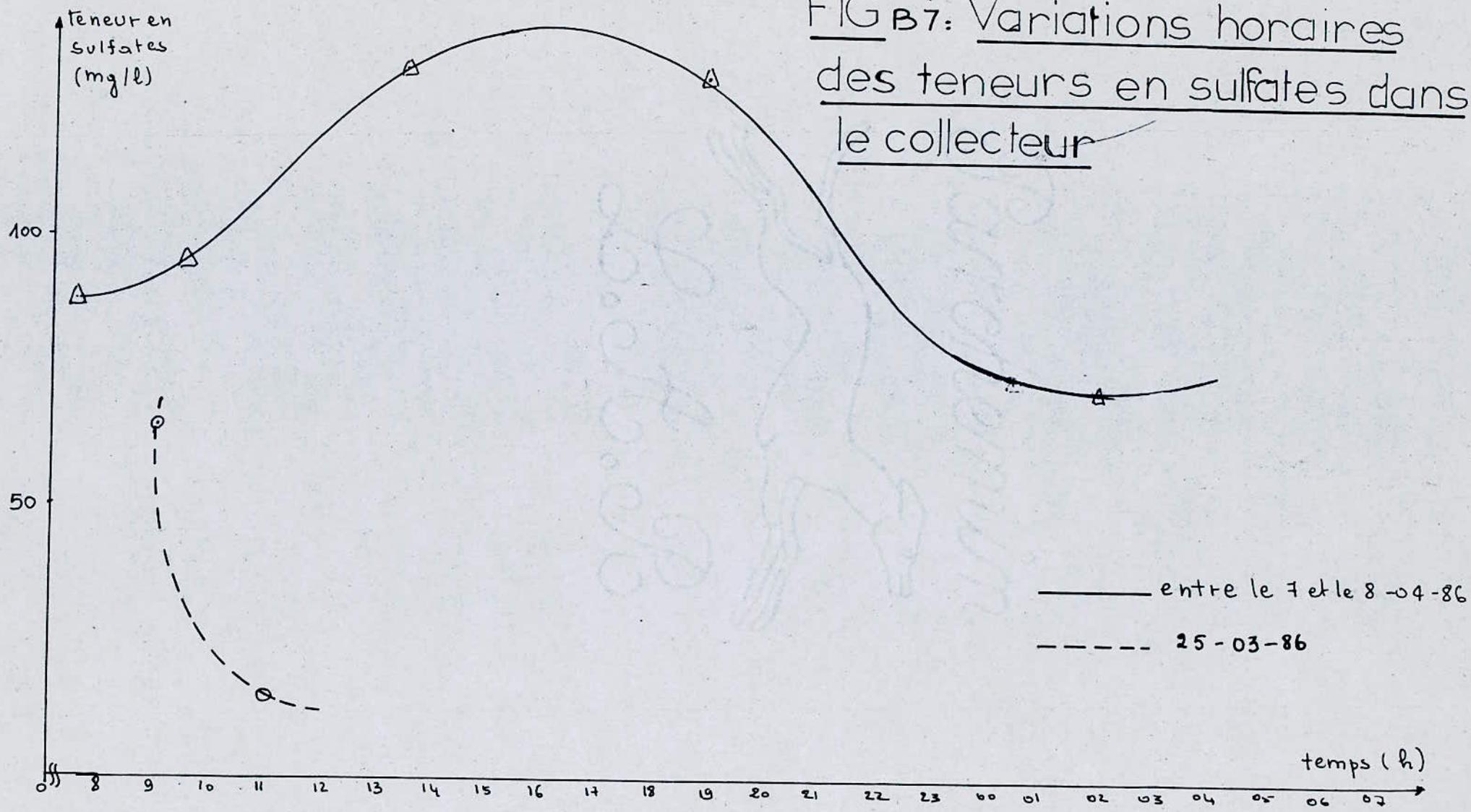
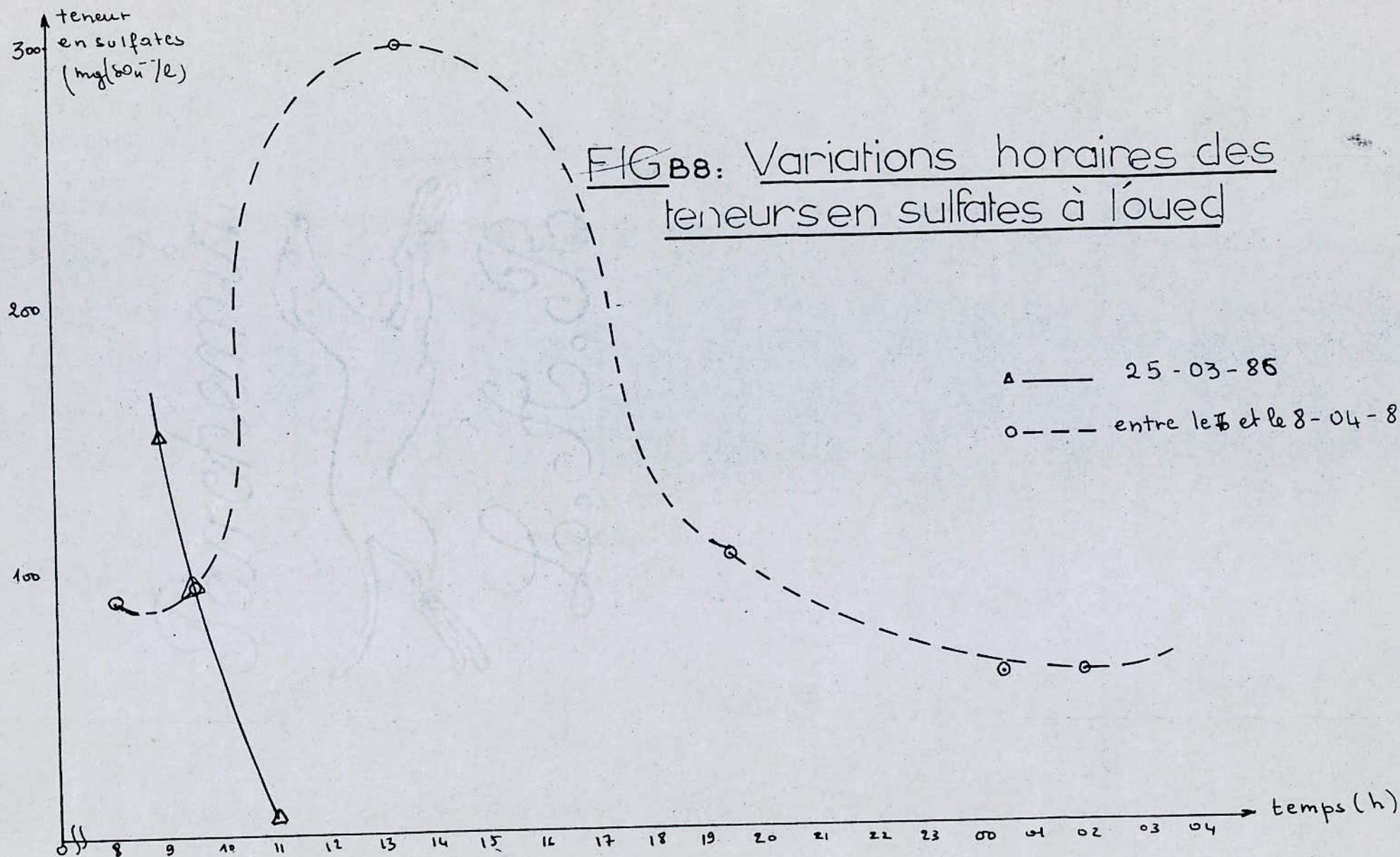
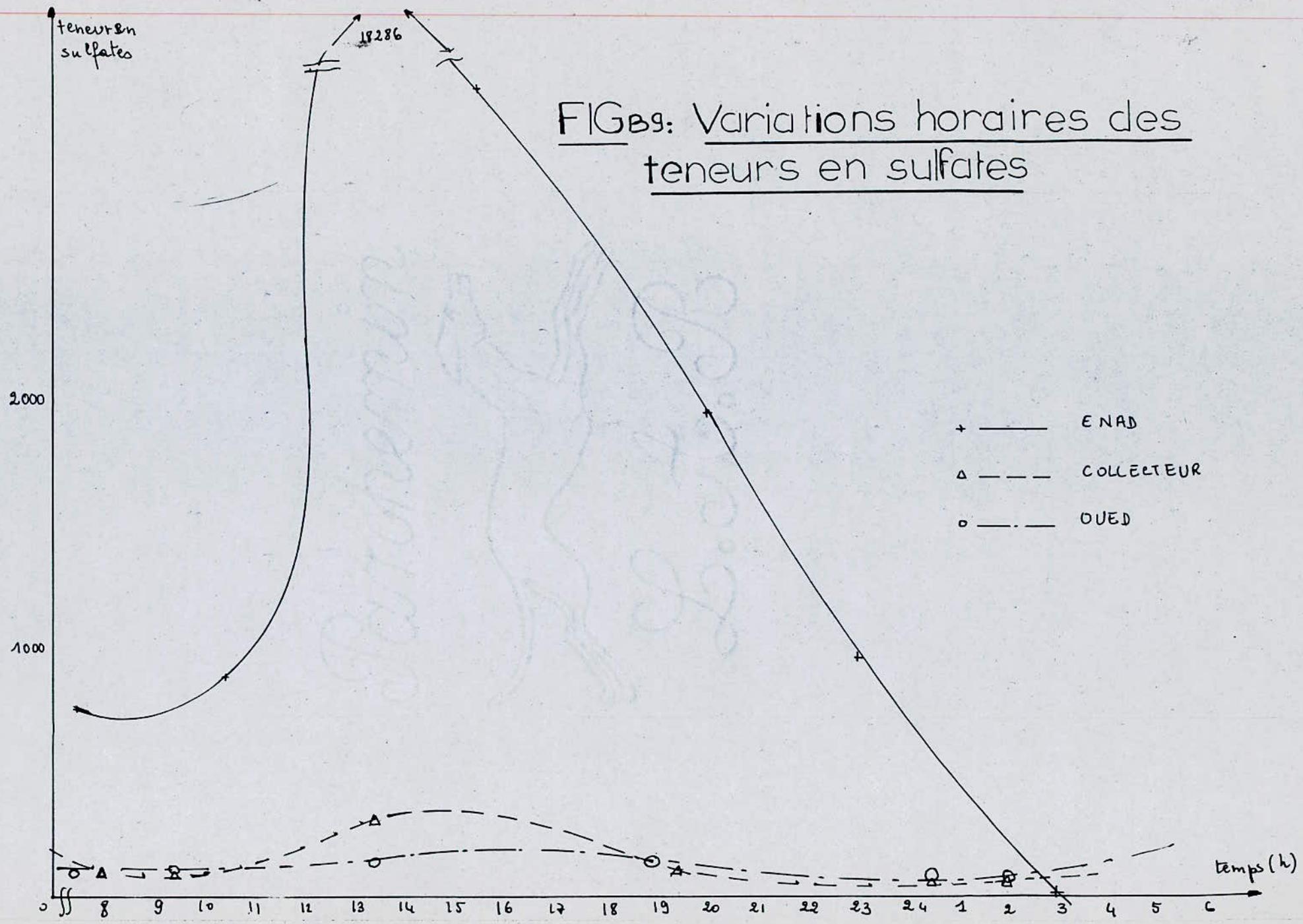


TABLEAU B10

RESULTATS D'ANALYSES DANS "L'OUED"

DATE	HEURE	T°C	PH	TENEUR EN SULFATES (mgSO ₄ /l)	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
MARDI 25/03/86	9h00	16	7,63	151,9 (99,7)	EAU VERTE BRUNE
	11h00	16	7,73	5,6 (20,7)	
LUNDI 07/04/86	8h00	16	7,95	86,8 (26,9)	VERTE
	9h30	17	7,94	80,3 (29,1)	REFLET NOIR - ODEUR OEUF POURRI
	13h30	21	7,95	299,5 (30,3)	GRIS-VERT MAUVAISE ODEUR
	19h30	18	7,86	103,5 (28,1)	BLEU CLAIR
MARDI 08/04/86	00h30	17	7,99	59,2 (28,9)	BLEU CLAIR
	2h00	16	7,98	58,7 (29,2)	GRIS FONCE
SAMEDI 12/04/86	8h30	15	7,77	25 (40)	EAU TRANSPARENTE TRES PEU D'ODEUR





I.2.3.3.

Dans l'oued : les teneurs en sulfates sont encore plus basses qu'au collecteur (tableau B10 et figures B8 et B9).

Nous expliquons cela par la dilution d'une part, et par l'éventuelle consommation des sulfates comme source d'oxygène par les microorganismes producteurs d'hydrogène sulfuré d'autre part. Les mauvaises odeurs et la couleur noire pourraient en témoigner.

I.2.3.4.

Dans le lac : les eaux ayant été épurées, le H_2S passe sous forme de SO_4^{2-} . La teneur en sulfate réaugmente au niveau du lac, tableau B7.

I.2.4. Les Silicates :

I.2.4.1.

A l'ENAD : Hormis les jours où l'on enregistre des fuites au niveau des pompes et ayant par conséquent des teneurs maximales en silicates dans les rejets (Tableau B11), nous observons généralement des teneurs inférieures ou égales à 50mg/L de SiO_2 , dose admissible dans les eaux potables (MEINK et Al (23)).

I.2.4.2.

Au collecteur : la figure B10 et le tableau (B12) montrent que les teneurs en silicates ne diminuent pas avec la dilution. L'unité ENAD n'est donc pas la seule à rejeter des silicates. D'autre part, en début de semaine, les teneurs maximales en silicates montrent que leur origine dans les eaux n'est pas essentiellement industrielle.

Les silicates contenus dans la poudre ISIS utilisée au niveau des foyers pourraient être la source principale de ces fortes teneurs. Toutefois nous n'excluons pas l'éventualité d'un composé existant dans un quelconque autre produit et qui entrerait en réaction avec les silicates et en diminuerait la dose.

I.2.4.3.

Dans l'oued : vu la diversité des rejets dans l'oued et la variabilité des teneurs en silicates, mais aussi et surtout le fait de ne pas disposer d'un certain nombre de données et de résultats, nous nous abstenons d'avancer une quelconque explication aux résultats figurant dans le tableau B13.

I.2.4.4.

Dans le lac : entre l'oued et le lac, la teneur en silicate diminue fortement. Nous expliquons cela par les deux phénomènes de dilution et d'assimilation par les végétaux.

I.2.5. La demande biochimique en l'oxygène :

Nous avons effectué plusieurs essais de mesure de la DBO_5 , hélas sans résultat car après un ou deux jours, nous avons obtenu des valeurs de DBO nulles. Toutefois nous reportons ici les résultats des rares expériences qui ont donné de bons résultats:

TABLEAU B11
RESULTATS DES ANALYSES "ENAD"

DATE	HEURE	T°C	PH	SILICATES (mg SiO ₂ /l)	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
	7h30	27	9,32	38,9	MOUSSE
	8h30	26	8,09	45,1	
	9h30	27	9,67	44	MOUSSE
MARDI	10h30	28	10,20	340	(*)
01/04/86	11h30	29	10	301,2	(*)
	13h00	27	10,58	318,8	(*)
	14h00	28	10,31	334,6	(*)
	15h00	26	10,10	255	(*)
	16h00	28,5	9,99	275,1	(*)
	7h30	26	9,29	28,6	(*)
DIMANCHE	10h00	26	10,29	41,5	(*)
	13h00	30	9,62	37,1	MOUSSE + TURBIDITE
06/04/86	21h00	27	10,29	25,2	TRES MOUSSEUSE
	22h00	26	9,83	31,3	JAUNE SABLE(HUILEUSE)
	23h00	25	9,33	18,8	JAUNE CLAIR
LUNDI	01h30	26	10,14	16,3	" "
07/04/86	03h30	26	10,33	18,7	JAUNE CLAIR-HUILEUSE
SAMEDI	8h00	24	9	228,9	
12/04/86					

TABLEAU B12
RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

DATE	HEURE	T°C	PH	SILICATES mgSiO ₂ /l	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
	8h30	21	8,83	33,4	MARRON-ROSE CLAIR
MARDI	12h30	22	8,46	34,0	MARRON
01/04/86	14h00	23	7,18	29,2	MARRON
	8h30	22	10,13	30,01	NOIR - MARRON (Mauvaise odeur)
DIMANCHE	10h30	23	7,69	6,7	MOUSSE BLANCHE (sous forme de floccs)
06/04/86	19h00	22	7,87	7,5	VERT
LUNDI	00h30	21	6,95	20,1	MARRON CLAIR
07/04/86	02h30	21	7,37	19,3	" "
SAMEDI	09h00	21	8,75	245,9	NOIRE-TRES MAUVAISE ODEUR
12/04/86					

TABLEAU B13
RESULTATS DES ANALYSES DANS "L'OUED"

DATE	HEURE	T°C	PH	TENEUR EN SILICATES
	8h30	15,5	7,88	29,3
MARDI	13h00	20,5	7,81	31,5
01/04/86	14h30	21,5	7,82	30,9
	8h30	17	7,75	4,7 (3,8)
DIMANCHE	11h00	18	7,90	5,0
06/04/86	19h00	18,5	7,92	0,53 (3,8)
	00h30	17	8,02	22,9 (4,1)
LUNDI	02h30	16	8,07	24,6 (4,2)
07/04/86				
SAMEDI	8h30	15	7,77	2,64
12/04/86				

- ENAD: le 26/04/86 DBO₅ = 240mg/l
- Collecteur : le 26/04/86 DBO₅ = 60mg/l
- Oued : LE 05/05/86 DBO₅ = 70mg/l
- lac : le 15/04/86 DBO₅ = 141mg/l.

Les faibles valeurs enregistrées au niveau de l'ENAD, du collecteur et de l'oued, et surtout pour ces deux derniers, ainsi que les nombreux essais négatifs, peuvent être expliqués par la présence dans les eaux de composés inhibiteurs ou toxiques pour les microorganismes. A cet effet ces derniers doivent être identifiés et traités à la source de leur rejet.

Tenant compte de cette présence d'inhibiteur ou de toxique dans les eaux, nous avons opté à des dilutions qui se sont avérées insuffisantes. Vu le temps qui nous a été imparti nous n'avons pu continuer les opérations de dilution et de là arriver aux résultats escomptés.

Nous signalons par ailleurs que l'éventualité d'une défaillance du DBomètre pourrait ne pas être écartée bien que toutes les précautions nécessaires ont été prises.

1.2.6. La demande chimique en oxygène (DCO) :

1.2.6.1.

A l'ENAD : (Tableau B14, en comparaison avec les normes suisses)

Nous estimons que les rejets de l'ENAD ne répondent pas aux normes de rejet à l'égout.

1.2.6.2.

Au collecteur : Tableau B15

La DCO du collecteur est supérieure à celle de l'ENAD et ce malgré la dilution. Nous concluons, d'après la figure B que l'unité ENAD n'est pas la seule à rejeter des matières oxydables dans celui-ci et que sa contribution à la DCO du collecteur est moindre vu le faible débit des rejets de l'unité.

1.2.6.3.

Dans l'oued : la diminution de la DCO entre le collecteur et l'oued peut s'expliquer par deux phénomènes, en l'occurrence la dilution et l'autoépuration (tableaux B16 et figure B11).

Les valeurs de la DCO de l'eau de l'oued enregistrés les 06/04/86 à 23h00, 07/04/86 à 10h30, 08/04/86 à 01h00 et 21/04/86 à 11h30 nous ont donné des valeurs négatives ou nulles. Une explication possible à ce résultat serait la présence d'oxydants forts tels que le chlore actif ou les chlorites tels que le NaClO₂.

Nous avons effectué à titre d'indication le dosage des chlorures et du chlore actif qui nous ont donné les résultats suivants :

- teneur en chlorures ≈ 0,14g/l
- teneur en chlore actif = 3,798g/l ≈ 1,2 degré chlorimétrique

1.2.6.4.

Dans le lac : la DCO, bien qu'elle ait diminué notablement depuis l'oued par autoépuration et par dilution, reste élevée et dépasse les limites acceptables. Ceci prouve l'état de pollution avancé de l'oued et du lac de Réghaia.

nel en
Silicates
(mg SiO₂/l)

FIG B10: Variations horaires des teneurs en silicates

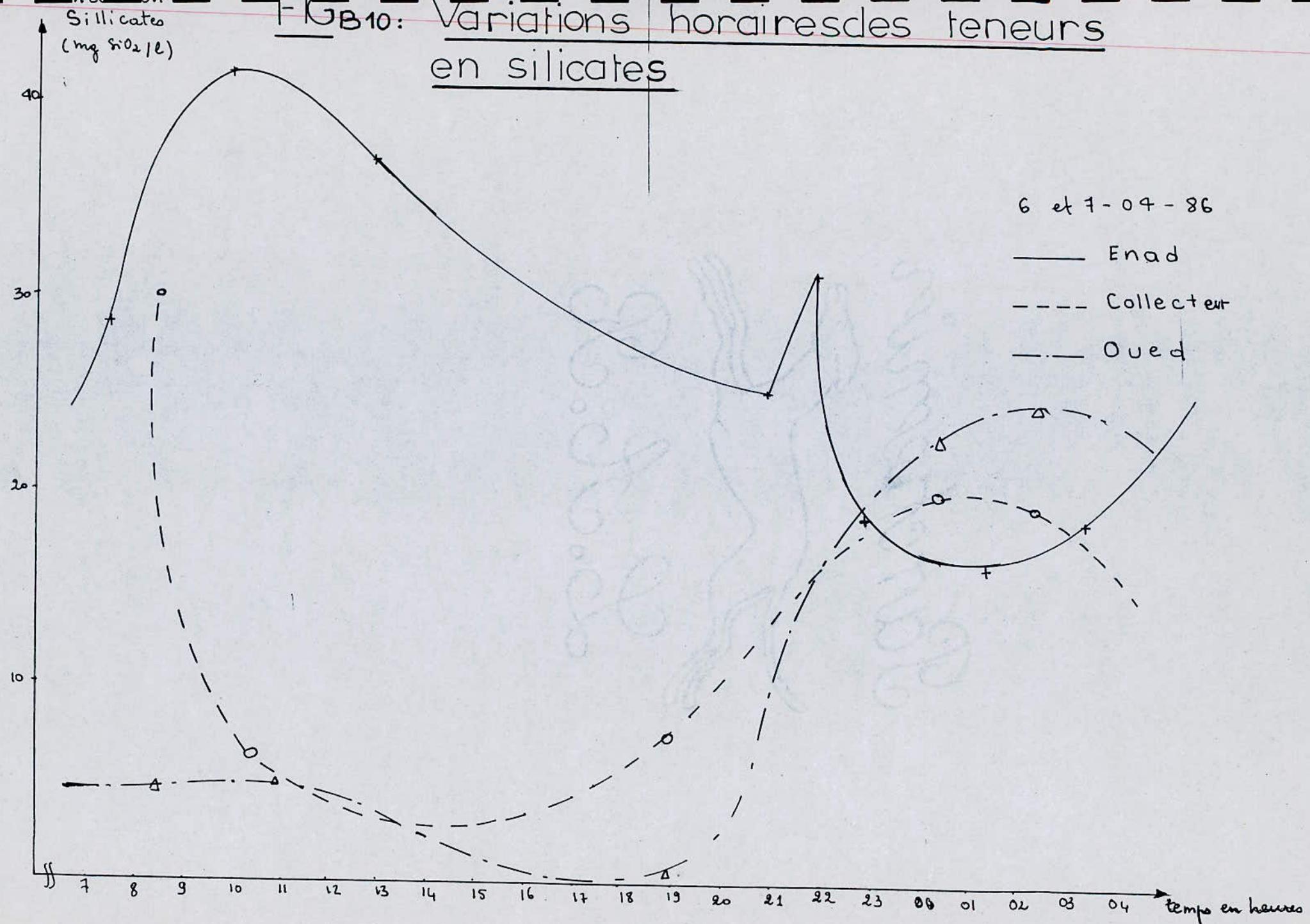


TABLEAU B14
RESULTATS DES ANALYSES "ENAD"

DATE	HEURE	T °C	PH	DCO mgO ₂ /l
DIMANCHE 06/04/86	10h00	26	10,29	1019
MARDI 08/04/86	08h30	25	10,74	750
MERCREDI 09/04/86	01h00	26,5	9,54	1000
MARDI 22/04/86	09h00	28	11,87	1372
MOYENNE/4 JOURS		26,38	10,61	1035,3

TABLEAU B15
RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

DATE	HEURE	T °C	PH	(DCO mgO ₂ /l)
DIMANCHE 06/04/86	10h30	23	7,69	1200
LUNDI 07/04/86	19h00	23	7,81	246
MERCREDI 09/04/86	00h30	21	8,70	562
MARDI 22/04/86	11h30	21	9,40	1646
MOYENNE SUR 4 JOURS		22	8,4	913,5

DCO(mg/l) FIG B 11: COURBES DES VARIATIONS DE LA DCO EN FONCTION DU LIEU

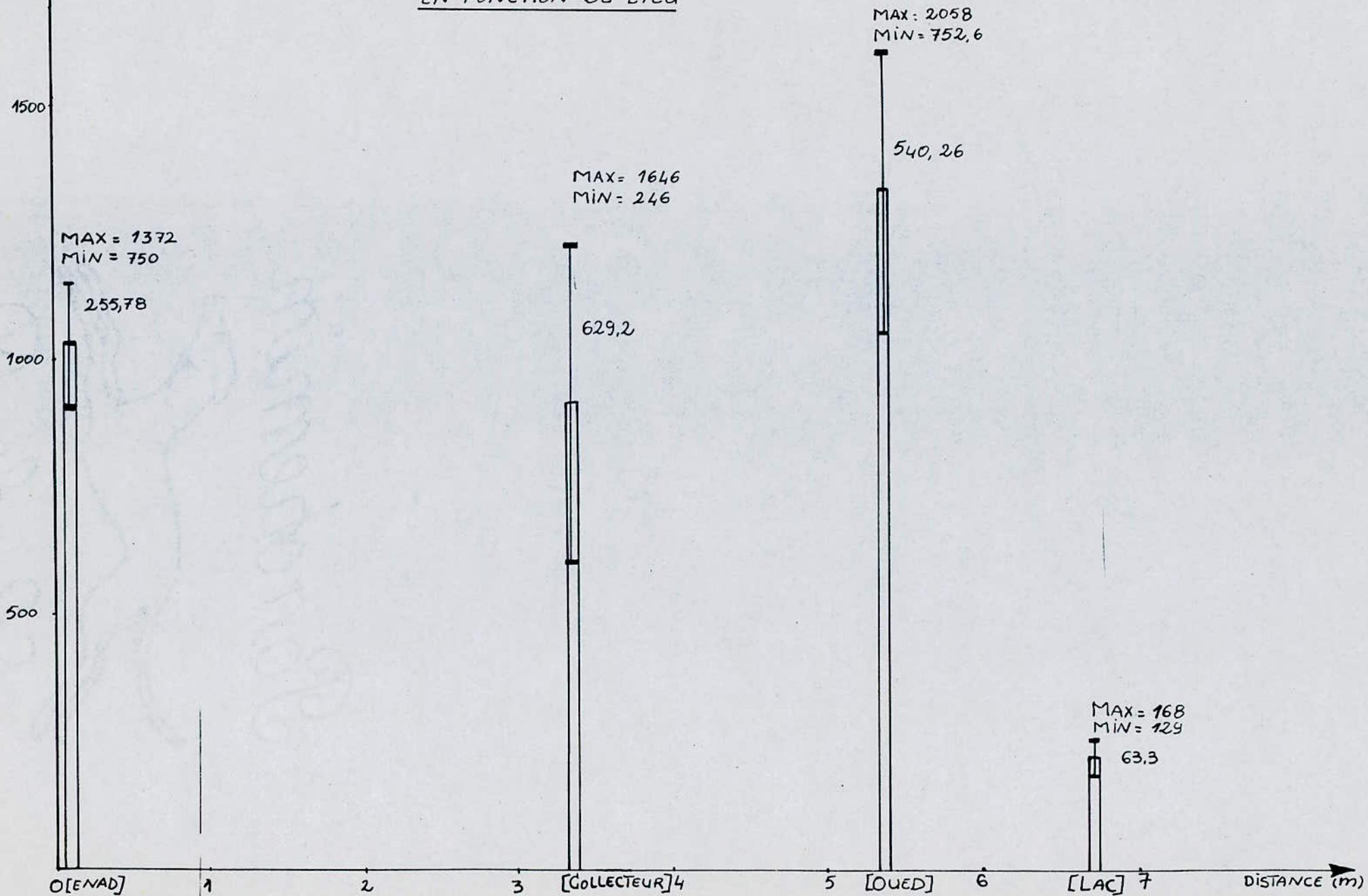


TABLEAU B16

RESULTATS DES ANALYSES DANS "L'OUED"

DATE	HEURE	T°C	PH	DCO(mgO ₂ /l)
LUNDI 07/04/86	9h30	17	7,84	1226,4
MARDI 22/04/86	10h00	16		2058
MERCREDI 23/04/86	11h00	16		1290
MARDI 29/04/86	9h00			752,6
MOYENNE SUR 4 JOURS				1331,8

TABLEAU B17

RESULTATS DES ANALYSES : SAMEDI 12/04/86

Paramètre	Unité	Valeur à l'ENAD (1)	Valeur au collecteur (2)	Valeur à l'oued (3)
Heure de prélèvement		8h30	9h00	8h30
Température	°C	24	21	15
PH		9	8,75	7,77
Résidu sec	mg/l	2700	3200	1300
Orthophos- phates	mg P/l	67,7 (0,7)	10,9 (3,2)	14,0 (0,3)
Poly- phosphates	mg P/l	478,8	6,48	12,13
Sulfates	mg SO ₄ /l	265,6 (31,5)	145,2 (93,3)	25,0
Silicates	mg SiO ₂ /l	228,9	245,9	2,6
DBS	mg DBS/l	1,55	0,46	0,66

- (1) : Mesures effectuées en début de semaine dès la remise en marche de l'unité après l'arrêt du weekend.
Eau claire presque transparente.
- (2) : Eau noire, sentant très mauvais et turbide.
- (3) : Eau transparente avec très peu d'odeur

I.2.7. Matières en suspension (MES), résidu sec, pertes au feu :

I.2.7.1.

A l'ENAD : Le tableau B18 nous montre les valeurs très élevées des rejets de l'ENAD allant dans l'ordre :

Résidu sec > MES > Pertes au feu.

Les substances contenues dans les rejets de l'ENAD sont donc essentiellement minérales, les pertes au feu étant dues entre autres au :

* Carbonate de Magnésium qui se transforme en MgO à partir de 300°C.

* Sulfates de Calcium et de Sodium qui perdent graduellement leur eau de cristallisation avec l'augmentation de la température.

I.2.7.2.

Au collecteur : les valeurs du résidu sec, des pertes au feu et des matières en suspension sont du même ordre de grandeur que pour l'unité (tableaux B19 et B20). Elles sont dues aux rejets bruts des différentes industries.

I.2.7.3.

Dans l'oued : les tableaux B21 et B22 nous montrent qu'à l'oued les pertes au feu sont très élevées. La matière contenue dans l'eau est donc essentiellement organique et dissoute car les MES sont peu importantes par rapport au résidu sec. Néanmoins les valeurs très élevées que nous obtenons sont la conséquence des nombreux rejets anarchiques d'objets divers et de l'entraînement de particules par les eaux de pluie.

I.2.7.4.

Du tableau (), nous concluons qu'il y a plus de matières minérales qu'organiques dans le lac et que cette matière est essentiellement dissoute.

I.2.8. La température (Tableaux B1 à B23, figure B12)

* A l'ENAD : la température variant de 25°C à 30°C, nous pouvons affirmer qu'elle répond aux normes de rejet industriel.

* Au collecteur : elle varie entre 20 et 23°C, cette baisse peut s'expliquer par la dilution et la distance à l'aval de l'ENAD.

* Dans l'oued : par les mêmes phénomènes la température atteint des valeurs comprises entre 14 et 20°C (température ambiante).

* Au niveau du lac : nous ne pouvons parler de pollution thermique vu que la température de l'eau varie entre 7 et 20°C, évolution suivant la température ambiante.

TABLEAU B18

RESULTATS DES ANALYSES "ENAD"

DATE	HEURE	T°C	PH	MES	RESIDU SEC (mg/l)(105°C)	PERTES AU FEU (550°C)(mg/l)
LUNDI 17/03/86	9h30				6780	
MARDI 18/03/86	9h00	26	10,3	4620	9820	1520
LUNDI 24/03/86	8h30				2120	
	9h30	27	10,56	1060		
MARDI 25/03/86	10h00				3880	
DIMANCHE 30/03/86	13h00	32	9,99	140		
LUNDI 31/03/86	8h00	25	9,80	260		
	10h30				14100	
	13h00	26,5	12,10	18940		
	14h30				12700	
MARDI 01/04/86	8h30				5540	1720
	13h00				8160	
MERCREDI 02/04/86	8h00				9620	
SAMEDI 05/04/86	8h00				3320	
MARDI 08/04/86	14h30				10720	
MERCREDI 09/04/86	11h00				6120	
SAMEDI 12/04/86	8h00				2700	
MARDI 22/04/86	9h00	28	11,87	66400	5650	500
MERCREDI 23/04/86	8h00	26	9,72	2950		

REMARQUE:

Résidu sec du robinet : 1680 mg/l
 Mesure faite le 2/04/86

TABLEAU B19

RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

DATE	HEURE	RESIDU SEC (mg/l)	PERTE AU FEU (g/l)
MARDI 25/03/86	9h00	5200	
MARDI 01/04/86	8h30	1420	
	13h00	2060	
MERCREDI 02/04/86		1700	0,5
		3820	
SAMEDI 05/04/86		2580	
MARDI 08/04/86		3340	0,42
MERCREDI 09/04/86		1774	
SAMEDI 12/04/86		3200	

TABLEAU B20

RESULTATS DES ANALYSES "COLLECTEUR"

DATE	HEURE	T°C	PH	MES
MARDI	9h30	22	9,61	16280
06/05/86	13h30		6,33	7920
MOYENNE				10600

TABLEAU B21

RESULTATS DES ANALYSES DANS "L'OUED"

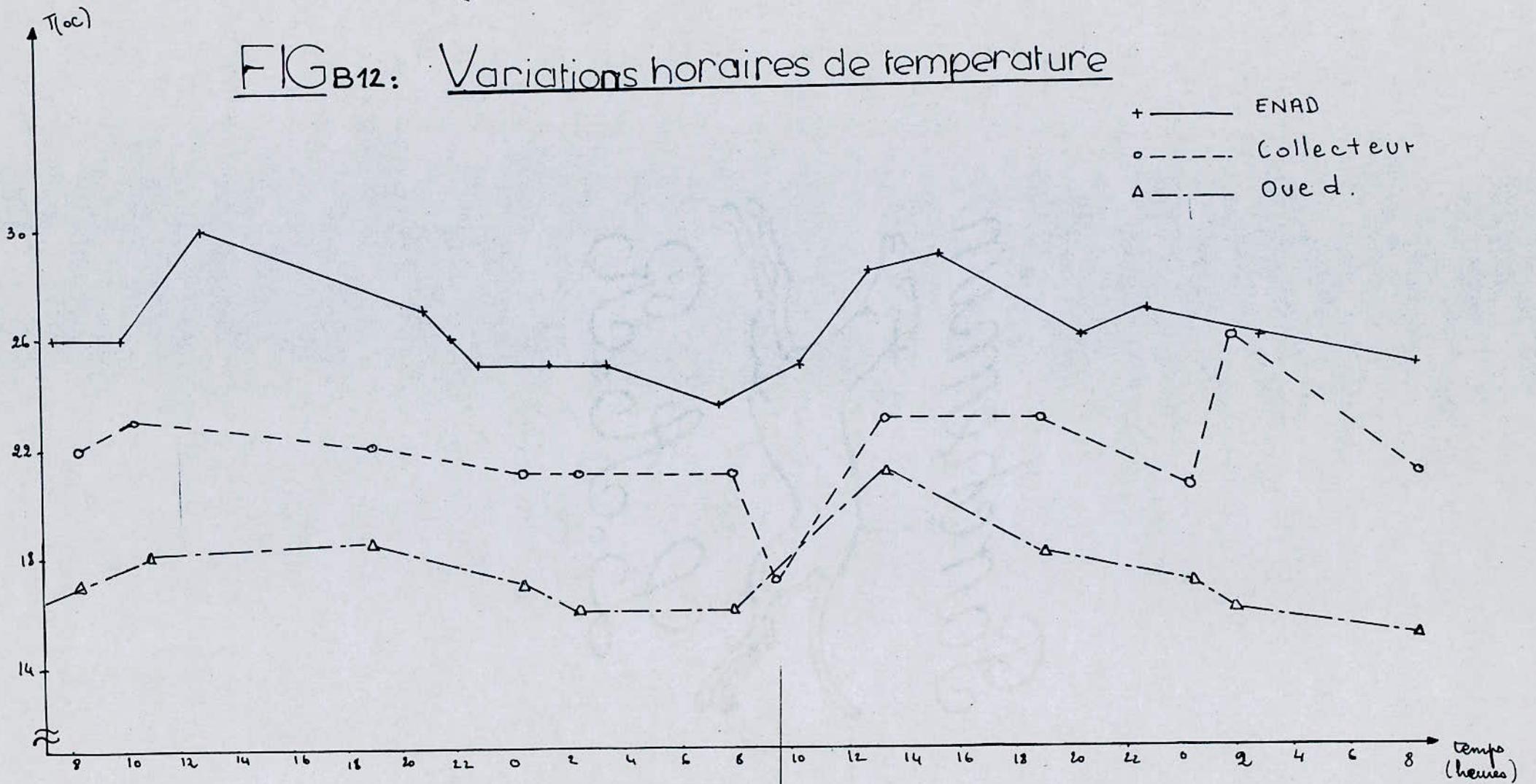
DATE DE PRELEVEMENT	HEURE	RESIDU SEC (105°C)(mg/l)	PERTES AU FEU (550°C)(mg/l)
MARDI	8h30	1420	
01/04/86	13h00	2060	
MERCREDI 02/04/86		1580	
SAMEDI 05/04/86		6200	
MERCREDI 09/04/86		7280	
SAMEDI 12/04/86	8h30	1300	
MARDI 22/04/86	10h00	520	460
MERCREDI 24/04/86	8h30	2120	
JEUDI 25/04/86	10h00	3880	

TABLEAU B22

RESULTATS DES ANALYSES DANS "L'OUED"

DATE	HEURE	T°C	PH	MES
MARDI	9h30	18	7,94	1416
06/05/86	13h30		7,92	640

FIG B12: Variations horaires de temperature



I.2.10. Le potentiel hydrogène (PH) : Tableaux B1 à B23, fig. B13a et B13b

* A l'ENAD : l'unité rejette des eaux dont le PH est compris entre 9 et 11, atteignant dans le lac des valeurs de 12 à 13 (dû aux fuites accidentelles). Les mesures du TA et TAC ont donné les résultats suivants :

- TA = 3,5 milliéquivalent/l

- TAC = 17 milliéquivalent/l

* Au collecteur : le PH présente parfois des pics dûs à un rejet massif d'acide ou de base par l'une des nombreuses industries qui y déversent leurs eaux. Sinon il est neutre tendant vers le basique (7,5 à 8,5); ce qui est prévisible vu que les rejets des différentes industries se neutralisent entre eux.

* A l'oued et au lac : l'eau a un PH presque neutre, par suite de la dilution avec les eaux résiduaires urbaines et les eaux naturelles.

I.2.10. L'oxygène dissous : (Tableau B23)

* A l'ENAD : les eaux rejetées sont riches en oxygène dissous du fait de la bonne aération de la conduite, cependant elles sont pauvres en matières organiques biodégradables.

* Au collecteur : la pollution organique ayant augmenté, la teneur en oxygène dissous diminue.

* A l'oued : la température ayant diminué et l'autoépuration ayant commencé à se manifester, nous observons une remontée de l'oxygène dissous; remontée d'ailleurs continuant jusqu'au lac.

I.2.11. Aspect de l'eau

* A l'ENAD : l'eau de rejet a une couleur variable mais essentiellement intermédiaire entre le transparent et le blanc très laiteux. Nous expliquons cette couleur très blanchâtre par les rejets de pâte très variés en fonction des fuites au niveau des pompes. Nous avons remarqué que cette eau n'avait pas d'odeur.

* Au collecteur : les eaux de couleur généralement foncée (vert, noir, marron) n'ont pas un aspect stable. Nous remarquons toutefois que le matin avant 8h30, elles ont tendance à être claires. Elles deviennent ensuite de plus en plus foncées, pour finalement redevenir claires la nuit. Ceci traduit très bien l'activité intense le jour au niveau des unités industrielles. N'ayant pas fait de test spécifique pour la couleur, nous gardons donc toutes réserves d'explication et d'interprétation. Nous noterons toutefois que nous avons souvent été en obligation de faire une correction et même une dilution de l'échantillon pour l'analyse colorimétrique; cette dernière étant gênée par la couleur ou la turbidité remarquable des eaux du collecteur. L'odeur des eaux du collecteur est très variable. Alors que dans la semaine elle est faible ou inexistante, le samedi matin elle est si forte qu'elle est insupportable. Nous expliquons cela par le fait que durant le weekend et jusqu'au samedi de très bonne heure, seuls les foyers urbains rejettent leurs eaux dans le collecteur. Les eaux usées urbaines ayant toujours une prédominance de matières organiques fermentescibles, dégagent une mauvaise odeur associée à une très forte turbidité mais sans coloration.

FIG B13a: Variations horaires de ph

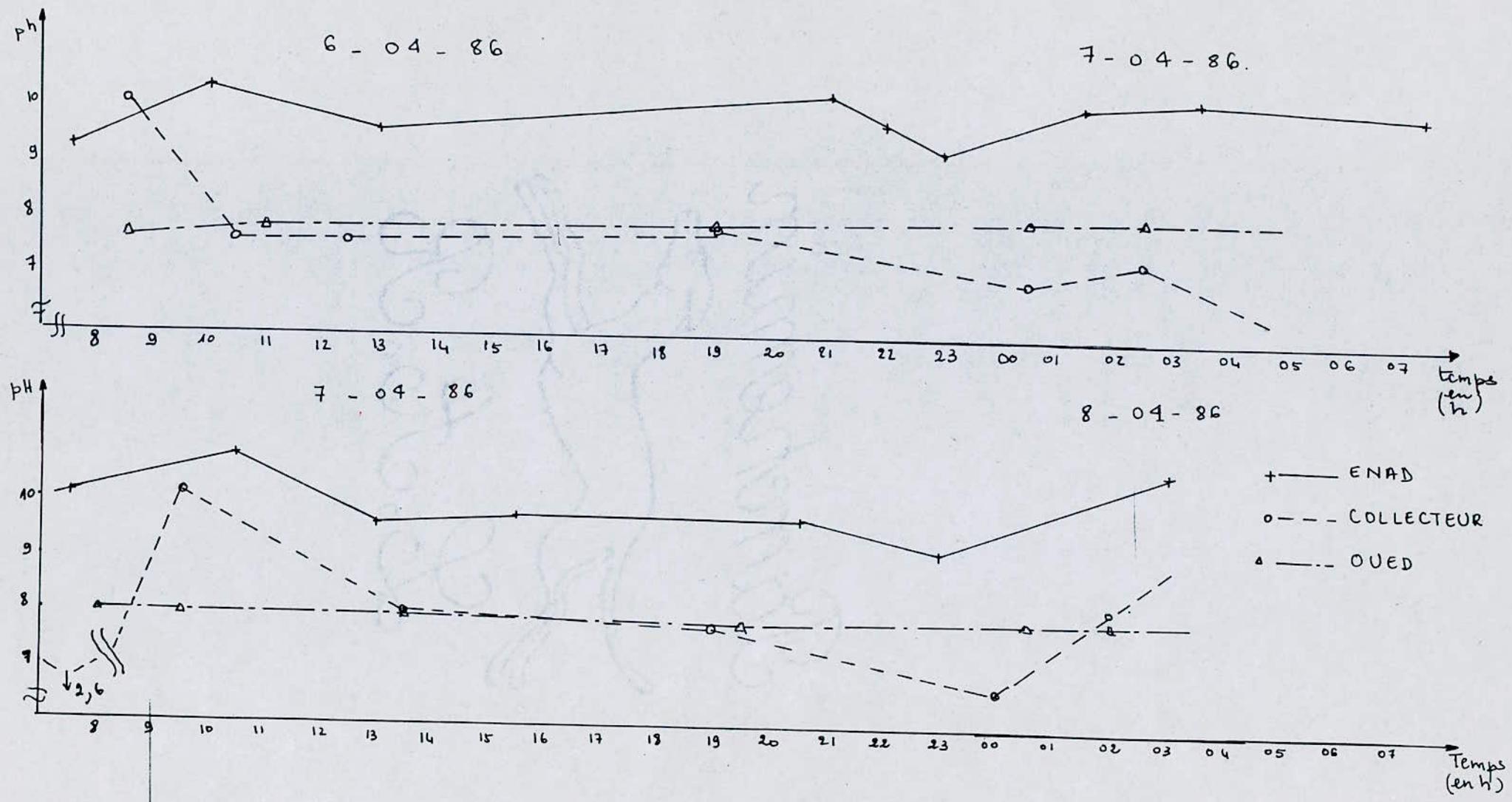


FIG B13b: Variations horaires de ph

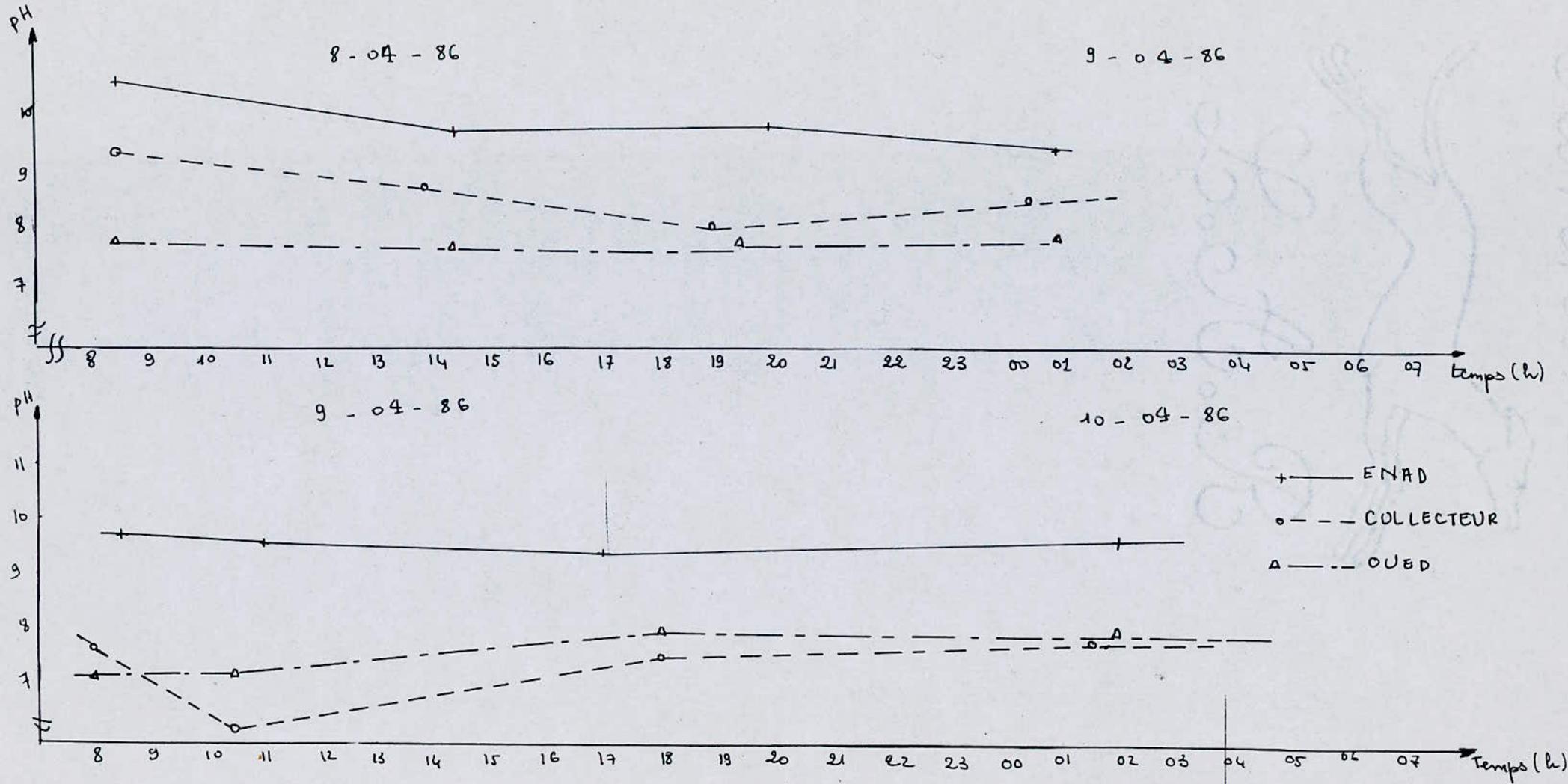


TABLEAU B23

RESULTATS DES ANALYSES A "L'OUED"

LIEU DE PRELEVEMENT	OXYGENE DISSOUS (mg/l)	T°C	REMARQUES SUR L'ECHANTILLON
Au niveau de l'ENAD	8,4	26	PH = 9,72 EAU BRUNE TURBIDE
A l'entrée du Collecteur dans l'oued	6,8	22,7	EAU VERTE
A 3m du Collecteur	6,7	19,8	" "
A 10m du Collecteur	6,7	19,8	BEAUCOUP DE BOUE
A 2km du Collecteur Point "A"	7,5	17,2	PH = 8,1
A 10m du Point "A"	7,6	16,8	"

TABLEAU C1

RESULTATS DES MESURES DANS LE LAC

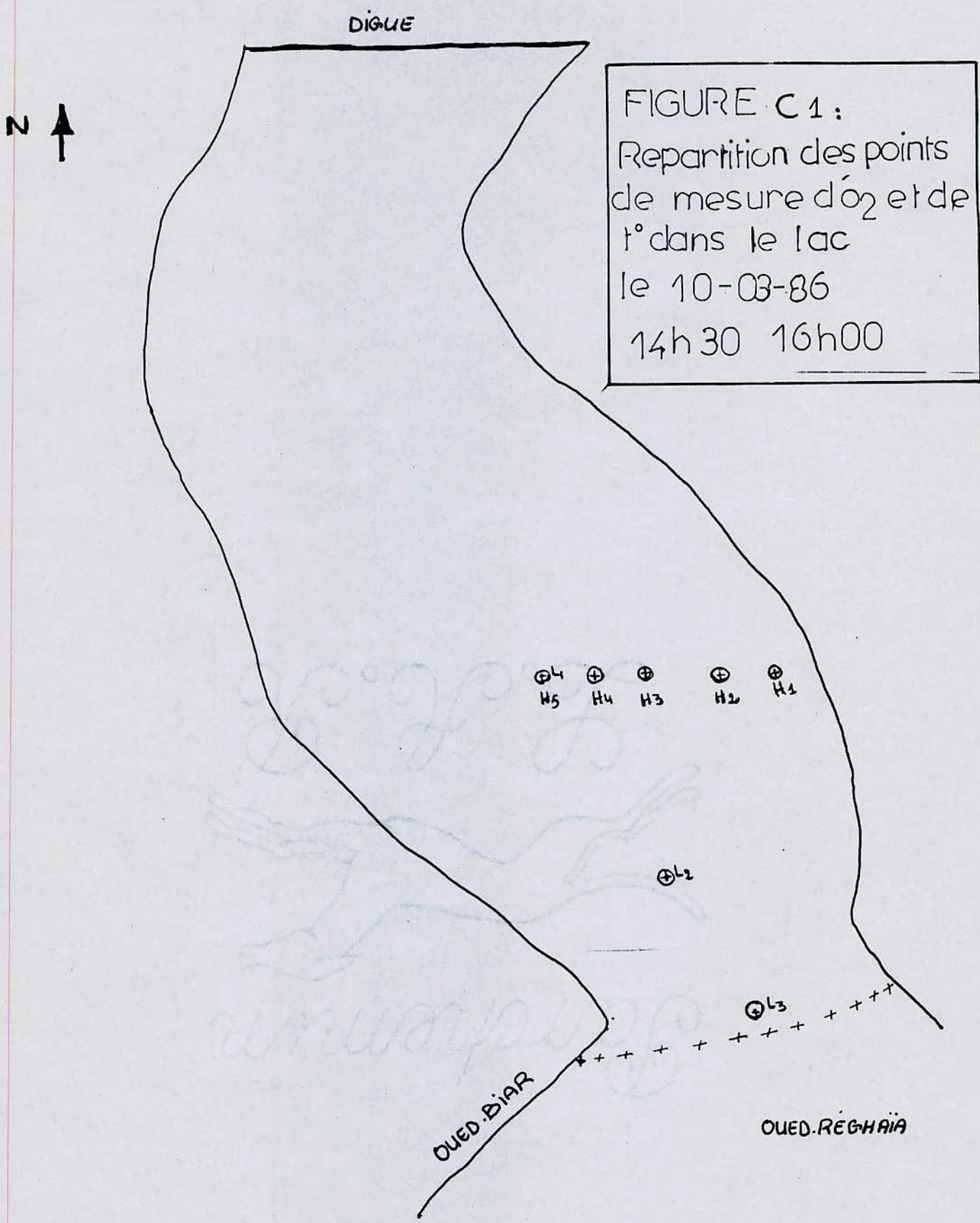
DATE : 10/03/86

HEURE : 14h30 à 16h00

TEMPS NUAGEUX

Température ambiante : 11°C

Point	Profondeur	Oxygène Dissous	Température	Point	Profondeur	Oxygène Dissous	Température
H1	1,5	6,8	7,8	L1	1,5	5,4	8,0
	3	5,9	7,7		3	6,3	8,1
	4,5	6,3	7,6		4,5	6,3	8,3
H2	1,5	7,3	7,9		6	5,2	8,3
	3	6,9	7,7		7,5	3,0	8,3
	4,5	5,4	7,6	9	2,9	8,3	
	6	5,1	8	L2	1,5	5,8	7,9
H3	1,5	6,2	8,3		3	5,6	8
	3	4	8,2		4,5	5,4	8,1
	4,5	5,3	8,3		6	4,3	8,2
	6	5,5	8,3		7,5	3	8,2
	7,5	3,9	8,1	9	3	8,2	
9	2,3	8,2	L3	1,5	4,7	7,4	
H4	1,5	5,2		7,9	3	4,4	7,6
	3	6,9		8,2	4,5	3,7	7,7
	4,5	5,9		8,3	6	3,3	7,7
	6	5,3		8,3	7,5	3,0	7,6
	7,5	4,8	8,2	9	2,9	7,8	
9	3,3	8,3	H5 = L1	1,5	5,4	8,0	
1,5	5,4	8,0		3	6,3	8,1	
3	6,3	8,1		4,5	6,3	8,3	
4,5	6,3	8,3		6	5,2	8,3	
6	5,2	8,3		7,5	3,0	8,3	
7,5	3,0	8,3	9	2,9	8,3		
9	2,9	8,3					



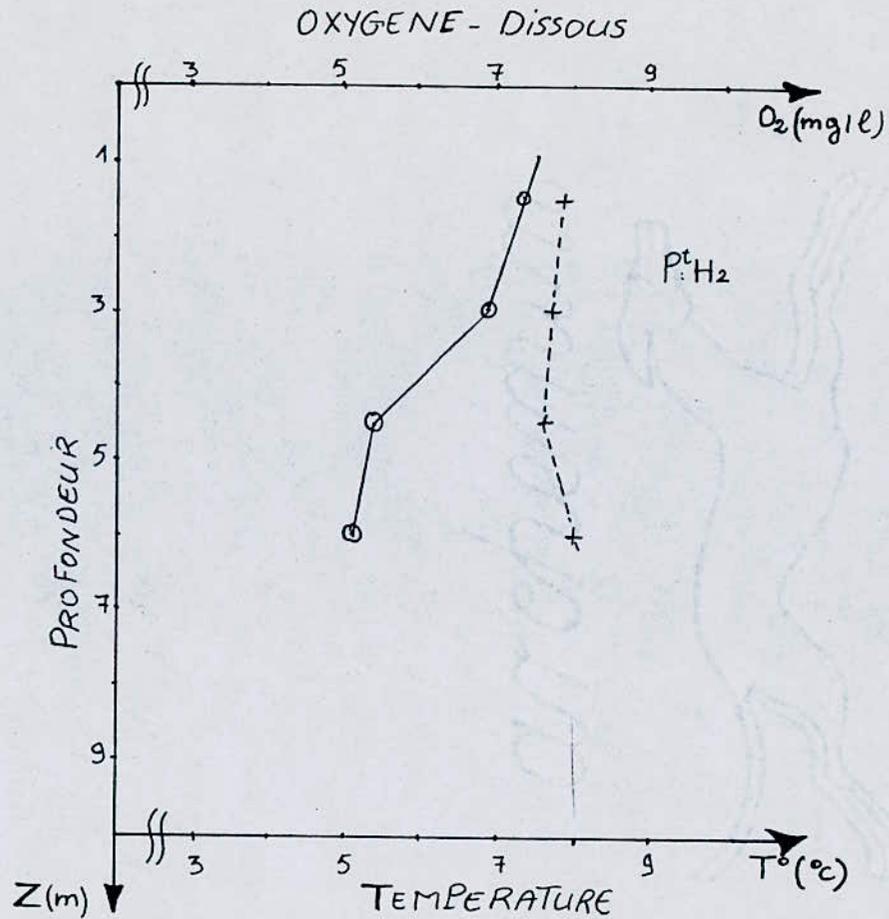
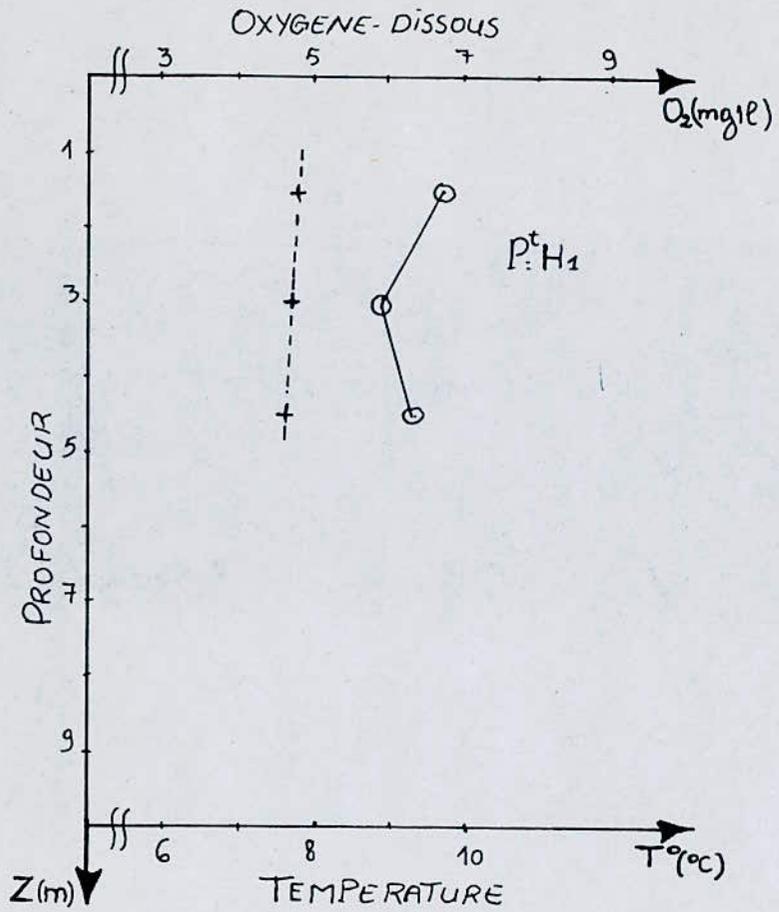


FIGURE 2:

$T = f(\text{PROFONDEUR})$
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$

DANS LE LAC

DATE: 10-03-86

14^h30 → 15^h30

○ — OXYGENE - DISSOUS
 + --- TEMPERATURE

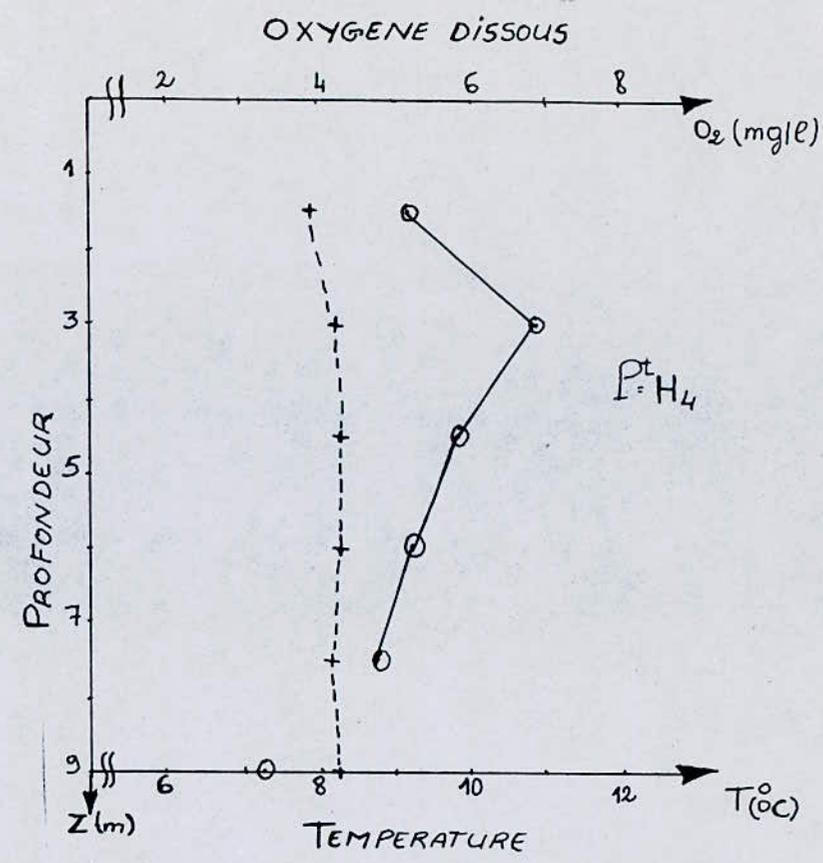
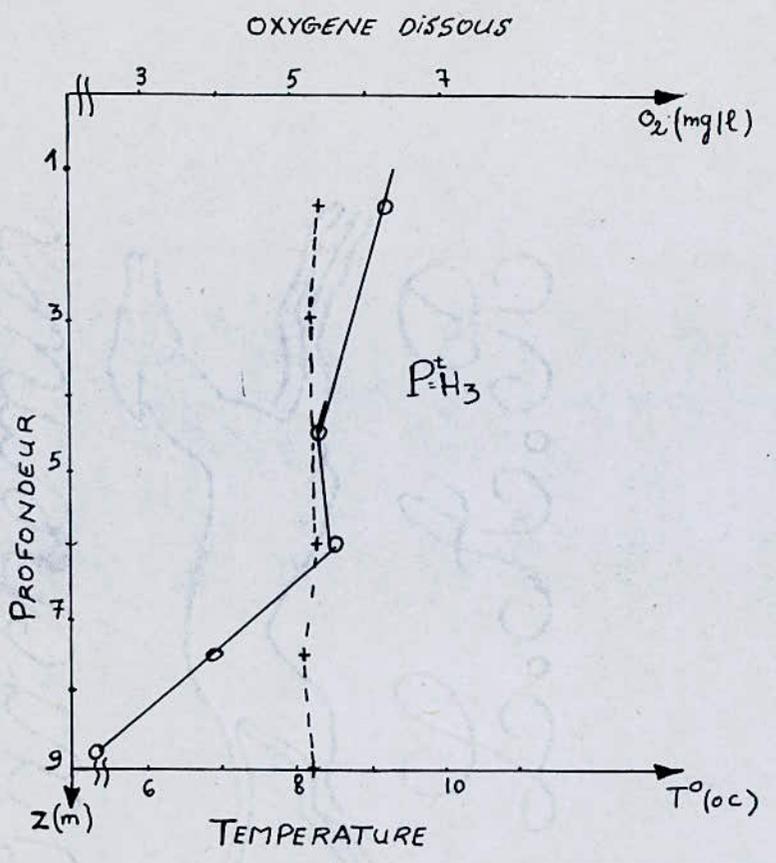


FIGURE C3:

$T^{\circ} = f(\text{PROFONDEUR})$
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$

DANS LE LAG

DATE: 10-03-86

14^h30 → 15^h30

— ○ OXYGENE DISSOUS

- - - + TEMPERATURE

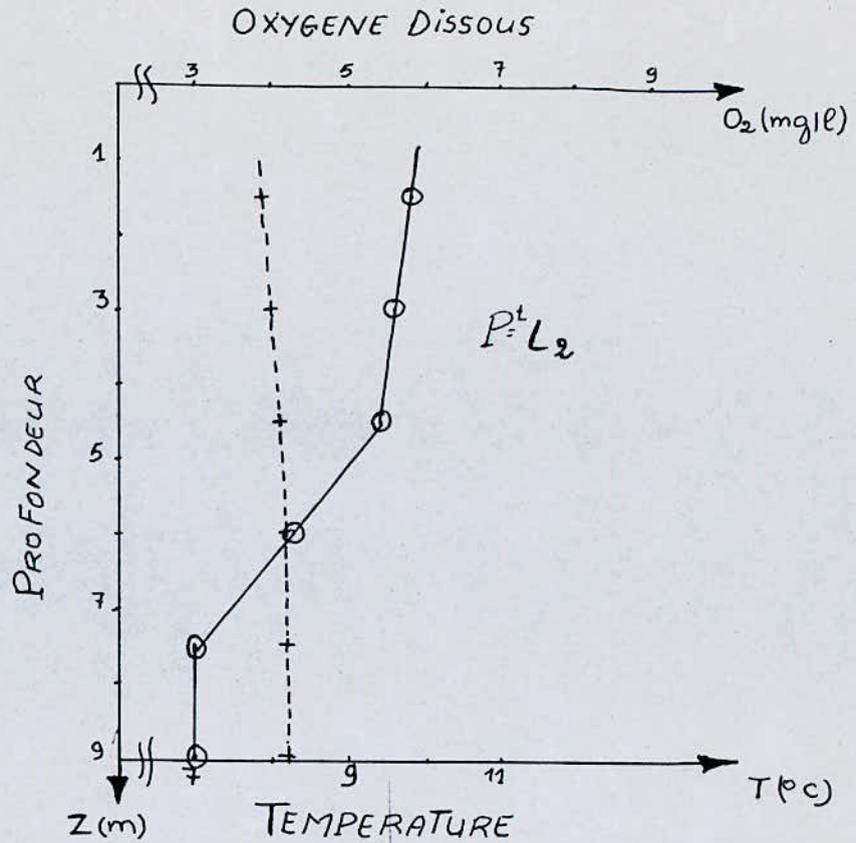
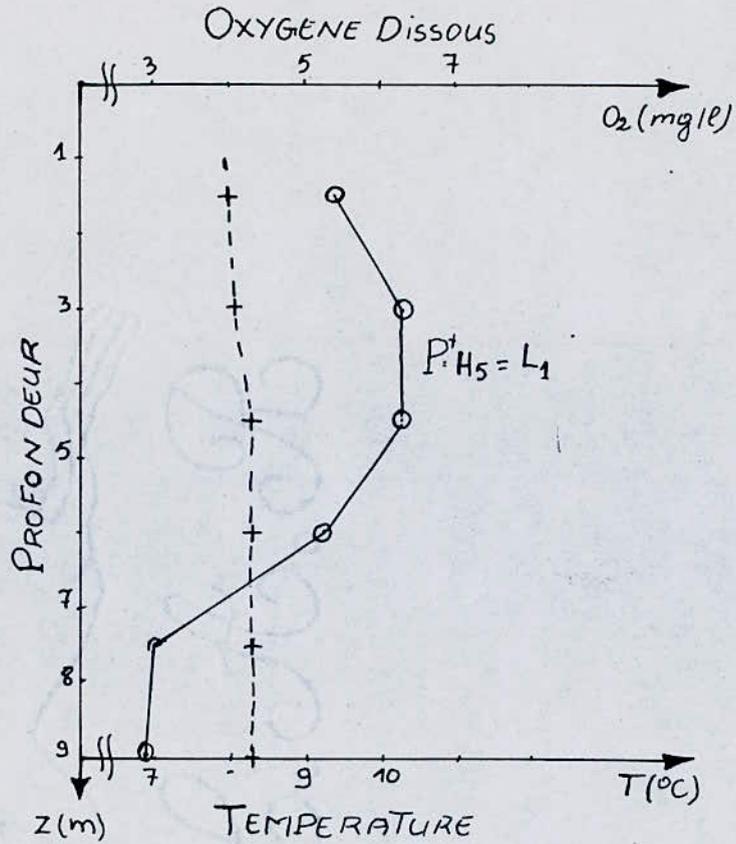


FIGURE 4:

$$\left. \begin{array}{l} T^{\circ} = f(\text{PROFONDEUR}) \\ O_2 = f(\text{PROFONDEUR}) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{DANS} \\ \text{LE} \\ \text{LAC} \end{array}$$

DATE: 10.03.86

14^h30 → 15^h30

○ ——— OXYGENE DISSOUS
+ - - - - - TEMPÉRATURE

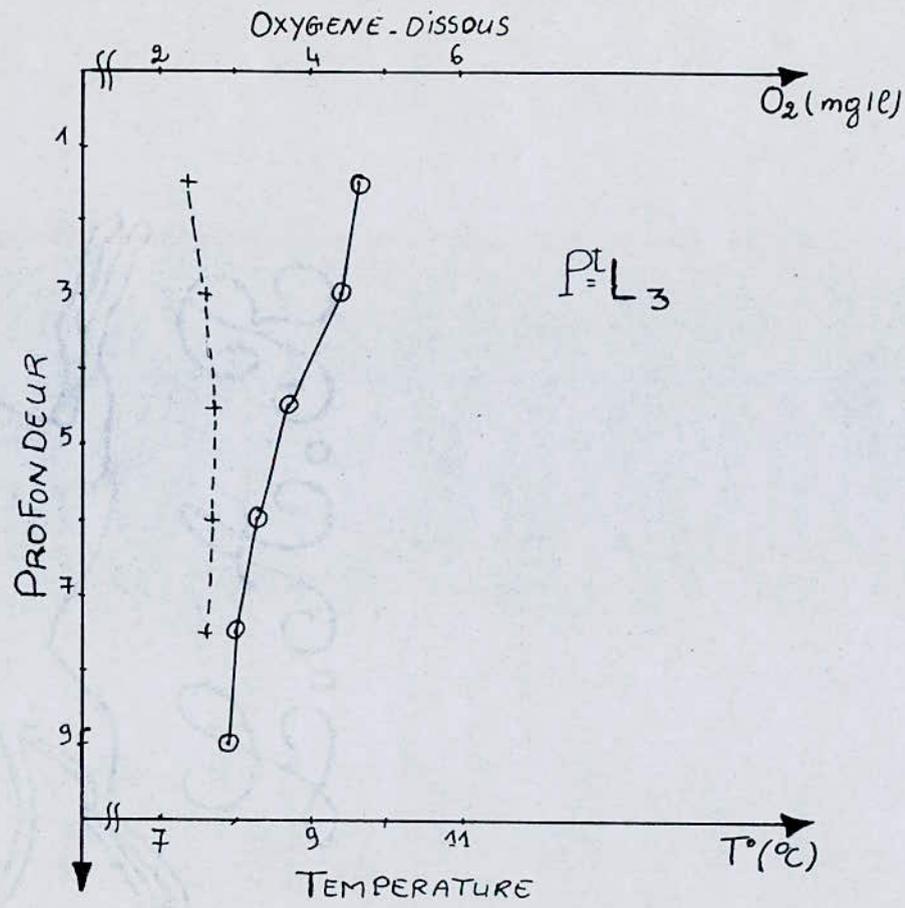


FIGURE 5:
 $T = f(\text{PROFONDEUR})$ } DANS LE
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$ } LAC
 DATE: 10.03.86
 14^h30 → 15^h30

○ — OXYGENE - DISSOUS
 + - - - - TEMPERATURE

TABLEAU C2

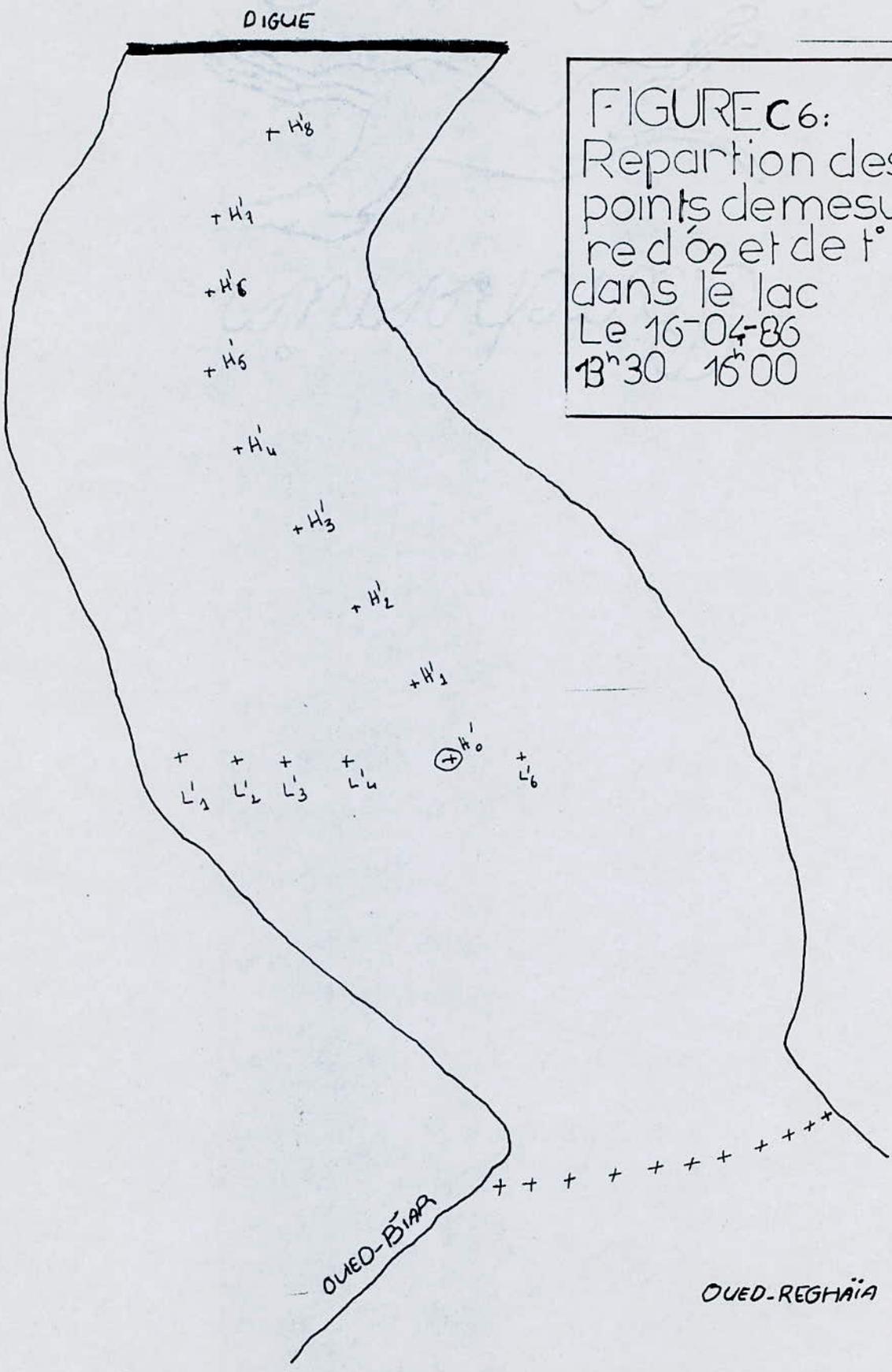
RESULTATS DES MESURES DANS LE LAC

DATE : 16/04/86

HEURE : de 13h30 à 16h00

BEAU TEMPS

Point	Profondeur	Oxygène Dissous	Température	Point	Profondeur	Oxygène Dissous	Température							
L'1	1,5	11,1	21,4	H ₀ =L ₅										
	3	11,2	20,9											
L'2	1,5	11,2	20					H'1	1,5	10	16,6			
	3	10,8	19,7						3	9,9	16,6			
	4,5	10,5	19,6						4,5	10	16,7			
L'3								H'2	6	10,4	16,6			
									7,5	10,4	16,5			
									1,5	11,5	18,8	3	9,2	16,6
									3	10,7	18,5	4,5	10,5	16,2
L'4								H'3	6	10,5	18,3			
				7,5	10,4	18,2	6		10	16,4				
				1,5	11,6	18	7,5		10,4	16,4				
				3	11,4	17,5	1,5		9,7	16,3				
L'5				H'4	3	9,6	16,2							
					4,5	10,7	17,2	4,5	9,7	15,8				
					6	10,5	17,2	6	9,5	16,2				
					7,5	9	17	7,5	10	16,5				
H'0				H'5	1,5	9,4	15,7							
					1,5	11,3	17,8	3	9,6	15,6				
					3	10,1	17,5	4,5	9,6	15,7				
					4,5	10,7	17,2	6	9,5	15,7				
L'6				H'6	7,5	10,2	15,7							
					1,5	10,4	17,1	1,5	10	16,4				
					3	10	17	3	9,4	16,3				
					4,5	10	17	4,5	10	16,1				
H'6				H'7	6	10,5	16,9							
					7,5	9,9	16,8	6	9,7	16,2				
					1,5	10	16,3	7,5	9,3	16,2				
					3	9,5	16,1	1,5	10,8	16,6				
H'6				H'8	3	9,1	16							
					4,5	9,8	16	3	9,5	15,6				
					6	9,1	16	4,5	9,7	15,6				
					7,5	10,2	16	6	9,4	15,6				
H'6				H'8	9	9,9	15,7							
					1,5	10,2	15,6	7,5	9,3	15,5				
					3	9,5	15,6	9	9,6	15,7				
					4,5	9,7	15,6							



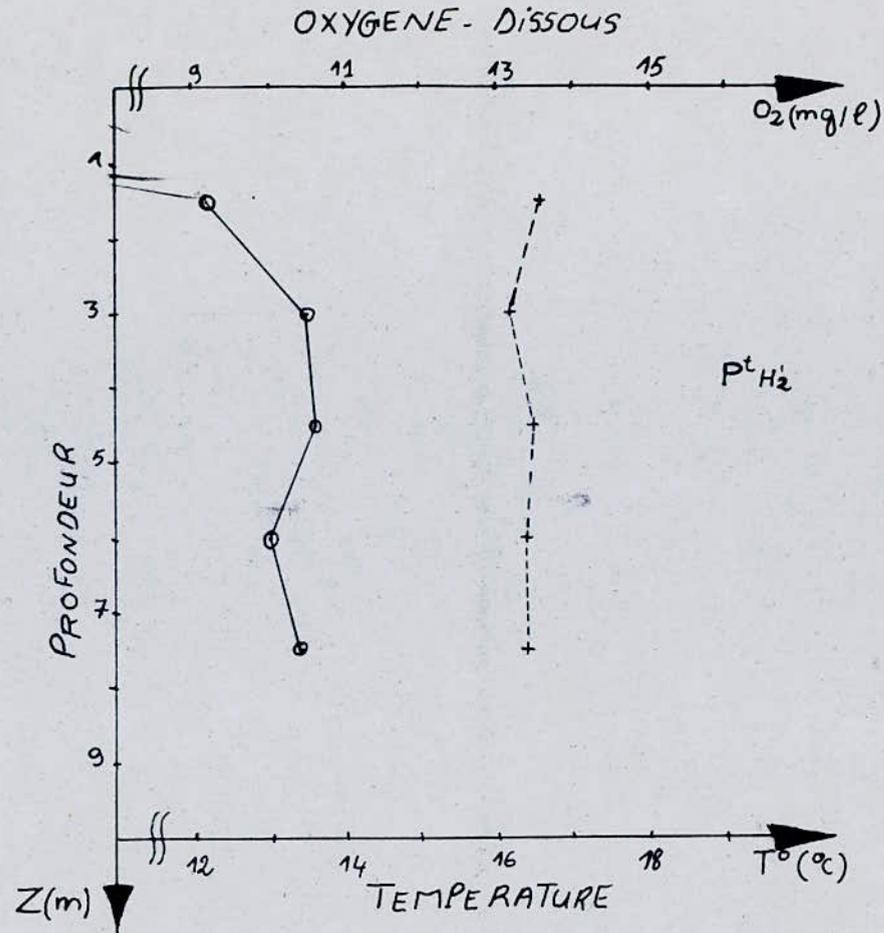
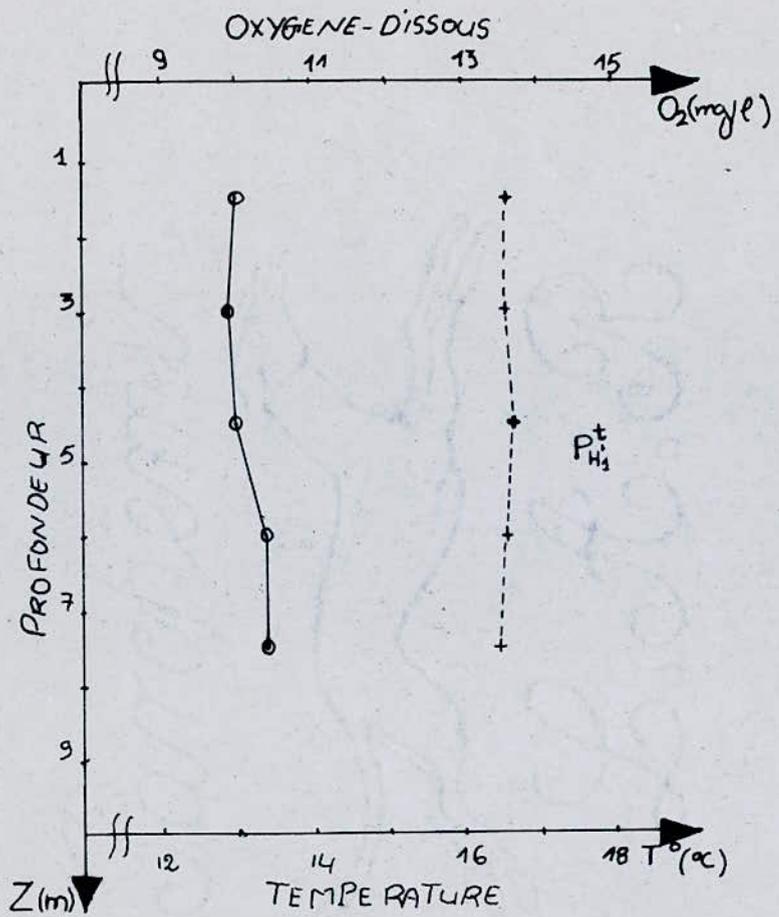


FIGURE 7:

$$\left. \begin{aligned} T^\circ &= f(\text{PROFONDEUR}) \\ O_2 &= f(\text{PROFONDEUR}) \end{aligned} \right\} \text{DANS LE LAC}$$

DATE: 16-04-86
13^h30 → 16^h00

○ — OXYGENE-DISSOUS
+ - - - TEMPERATURE.

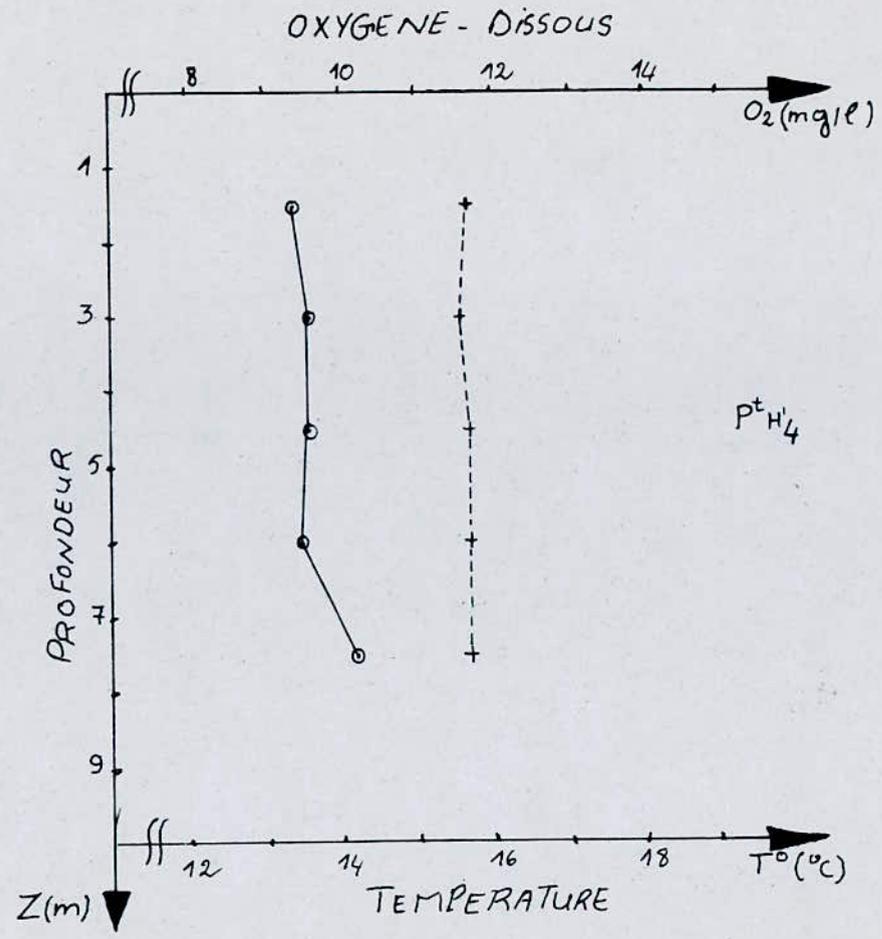
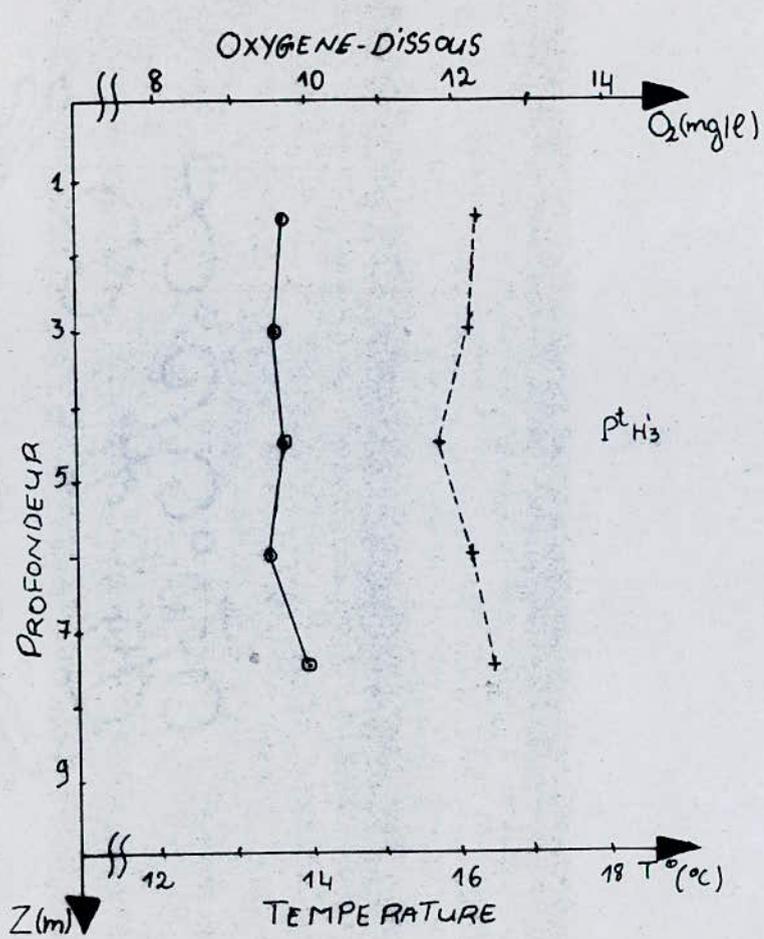


FIGURE C 8:

$T^\circ = f(\text{PROFONDEUR})$

$O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$

DANS LE LAC

DATE: 16-04-86

13^h30 → 16^h00

○ — OXYGENE-DISSOUS

+ - - - TEMPERATURE

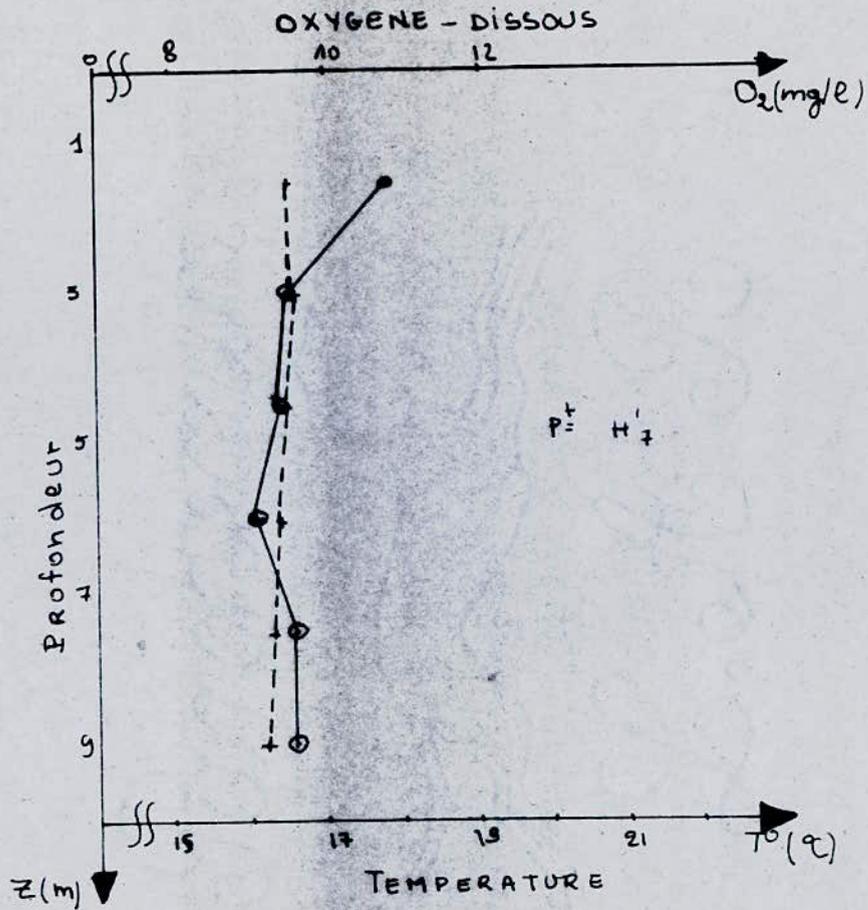
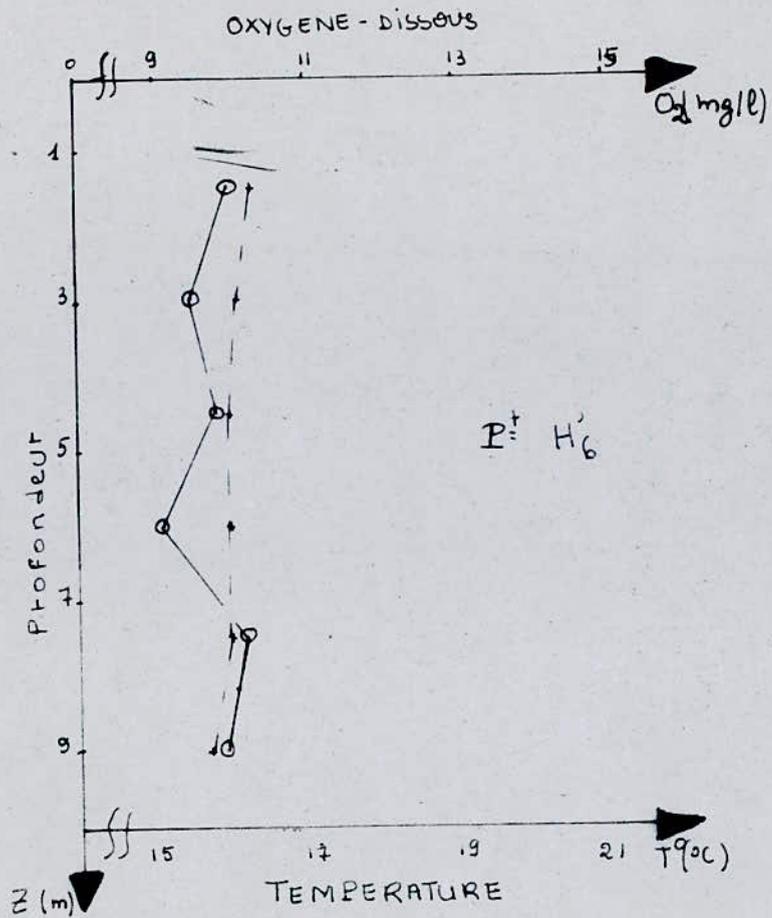


FIGURE C9:

$T^{\circ} = f(\text{PROFONDEUR})$
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$

DANS LE LAC

DATE: 16 - 04 - 86
13^h30 → 16^h00

○ — OXYGENE-DISSOUS
+ --- TEMPERATURE

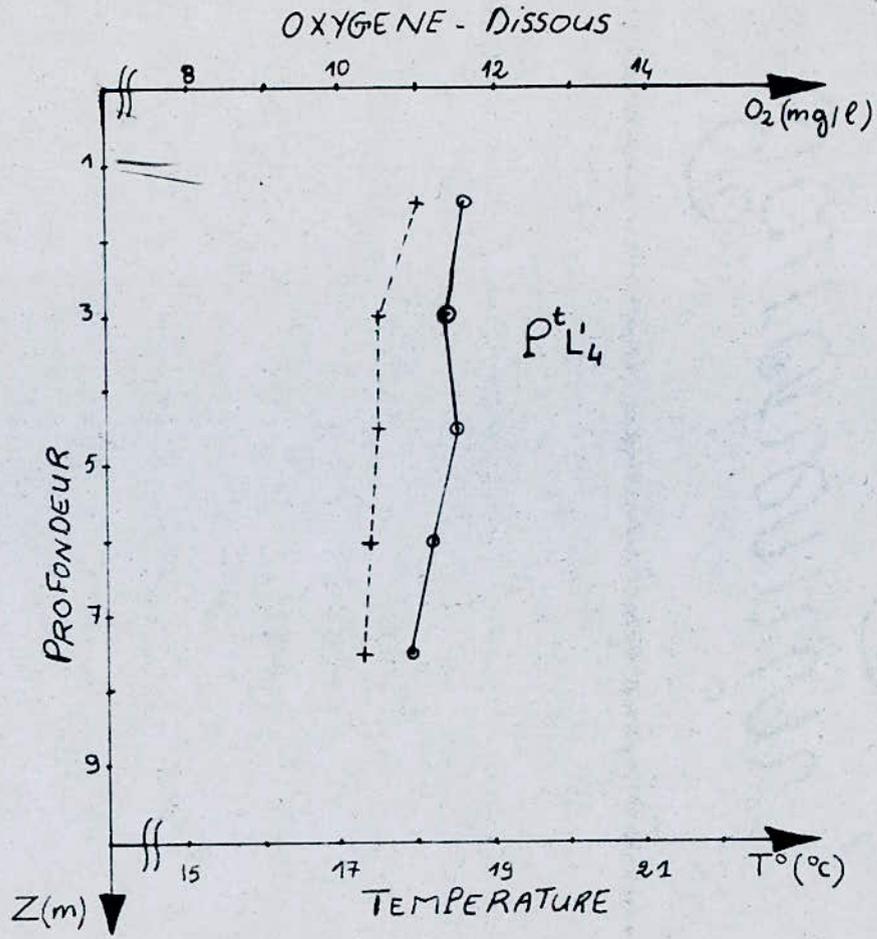
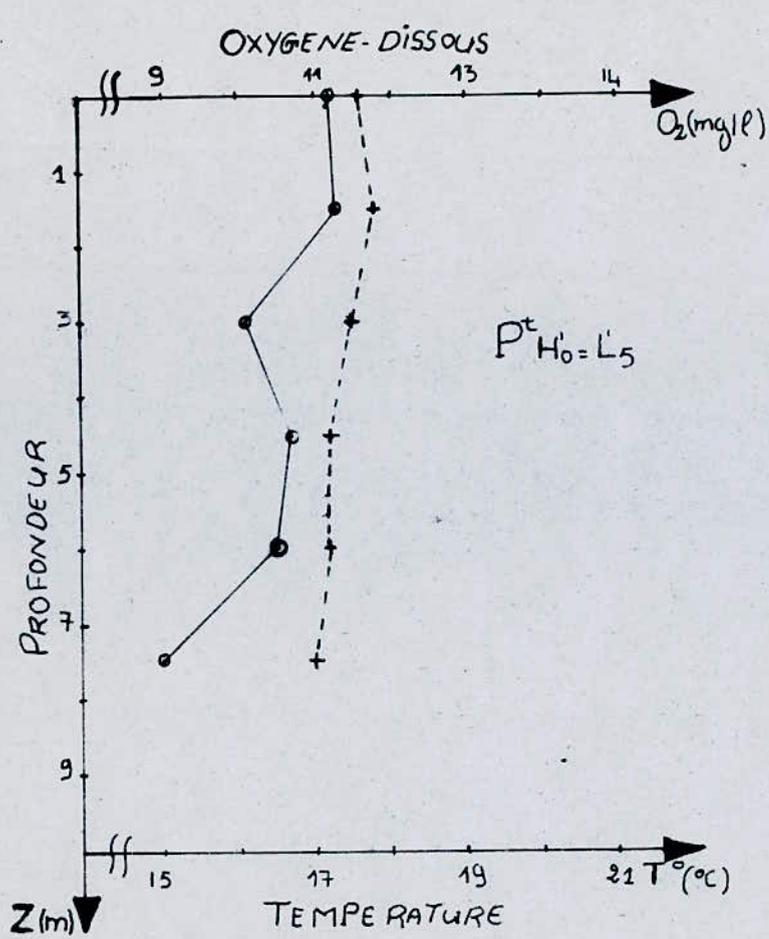


FIGURE 10:

$T^\circ = f(\text{PROFONDEUR})$ } DANS LE LAC

$O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$ }

DATE: 16-04-86
13^h30 → 16^h

○ — OXYGENE-DISSOUS

+ - - - TEMPERATURE

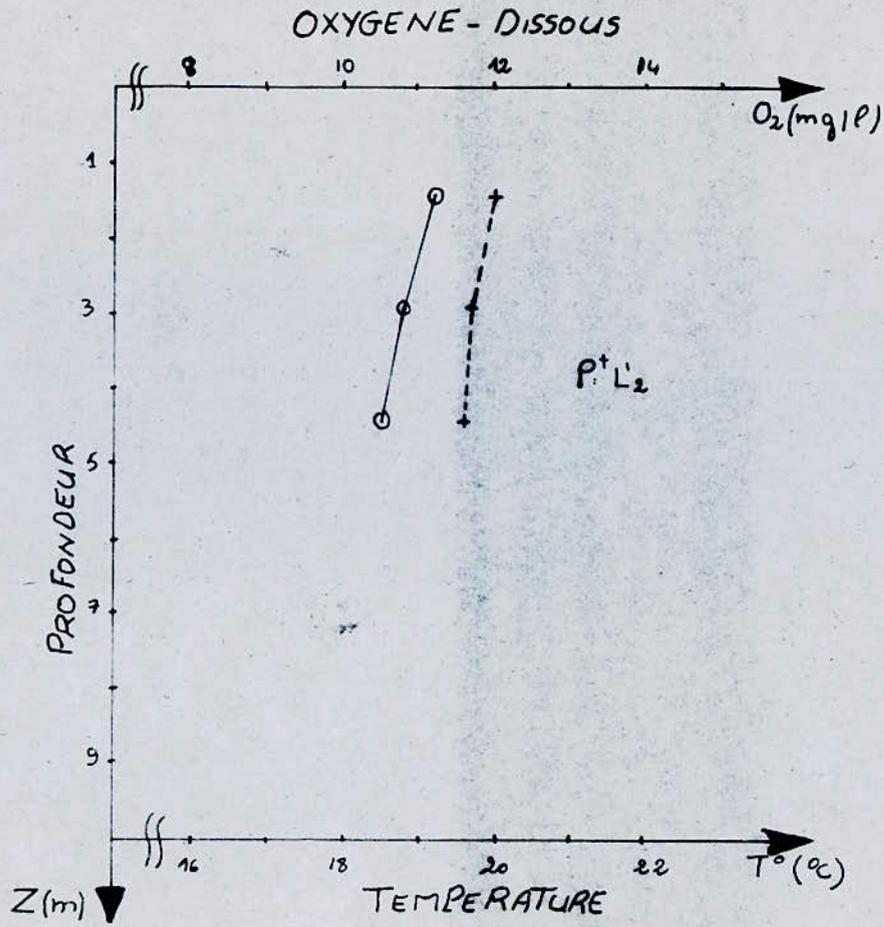
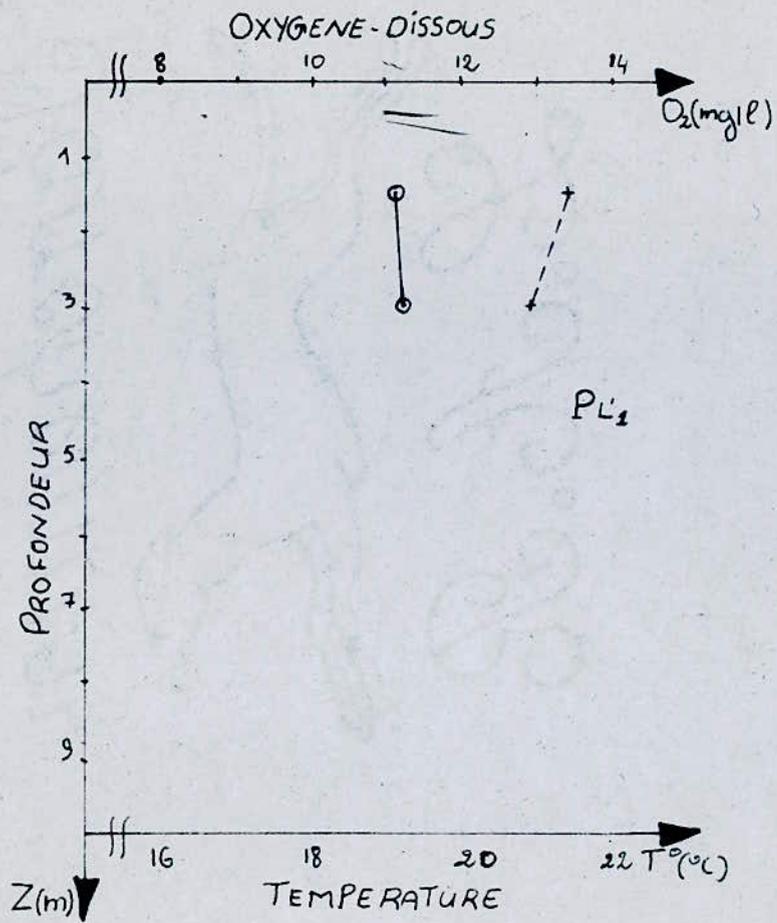


FIGURE C11:
 $T = f(\text{PROFONDEUR})$
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$
 DATE: 16-04-86
 13^h30 → 14^h00

○ — OXYGENE-DISSOUS
 + - - - - TEMPERATURE

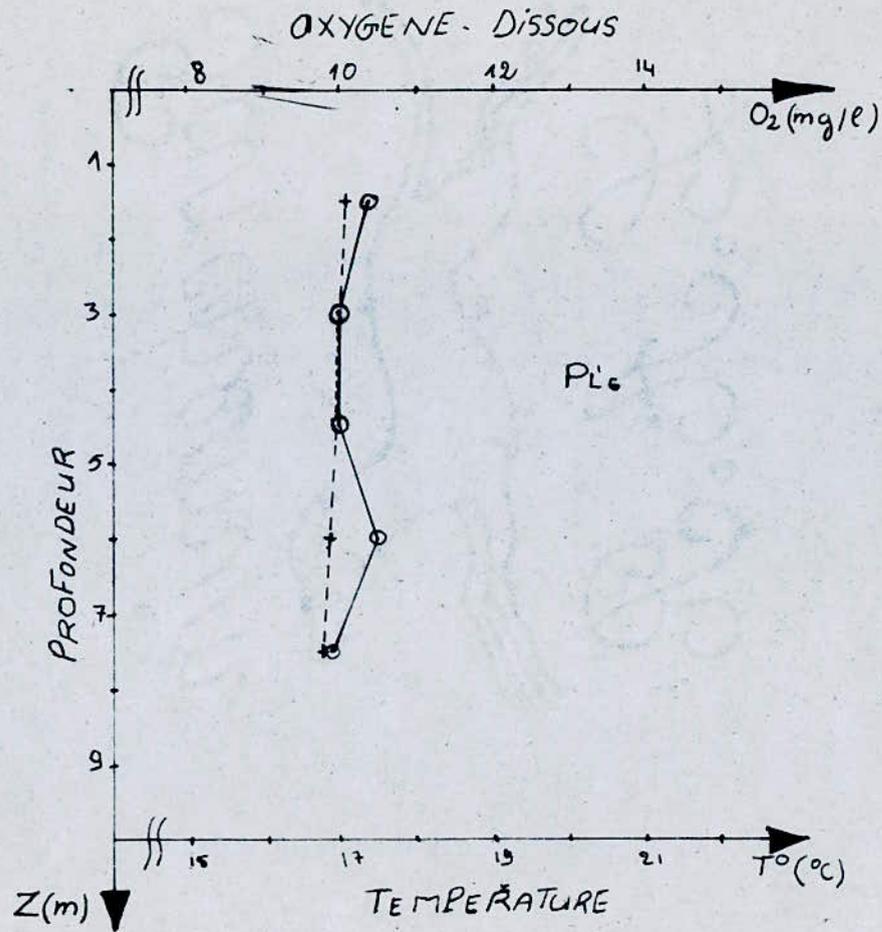
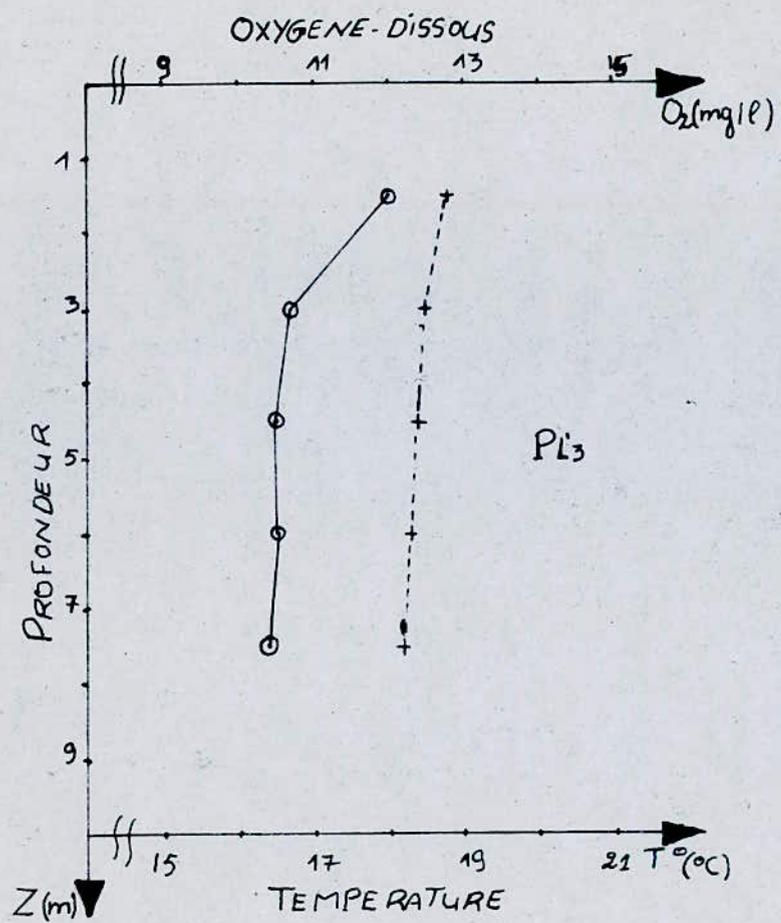


FIGURE 12:

$T = f(\text{PROFONDEUR})$
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$

DANS LE LAC

DATE: 10-04-86
13^h30 → 16^h00

○ — OXYGENE - DISSOUS
+ - - - TEMPERATURE

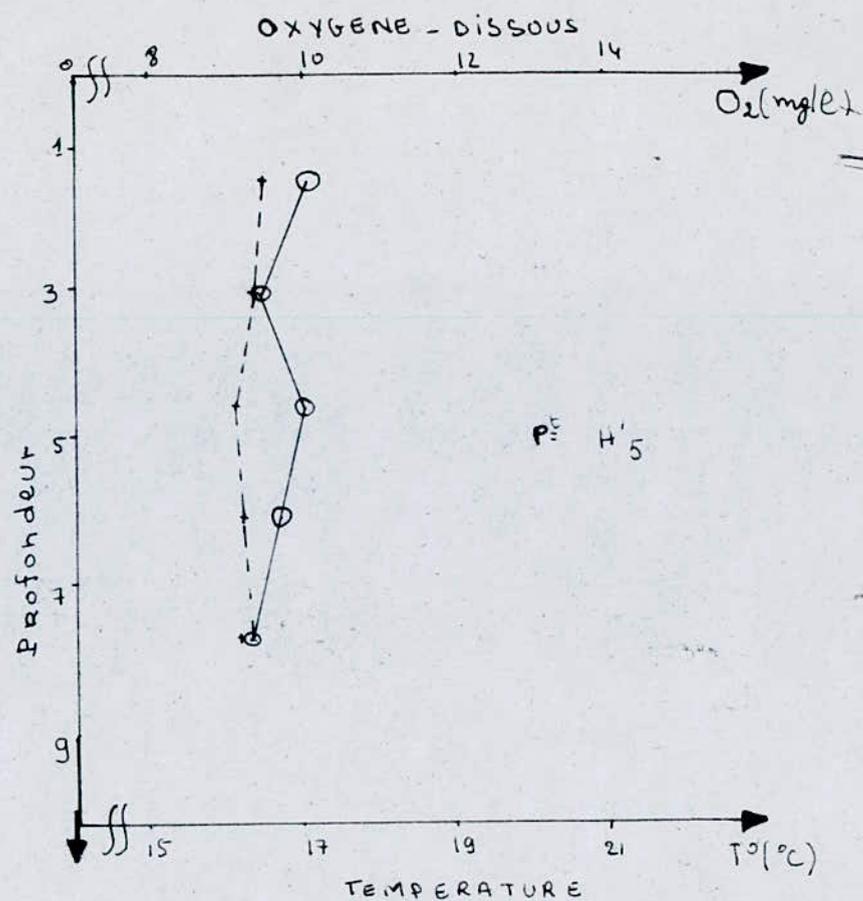
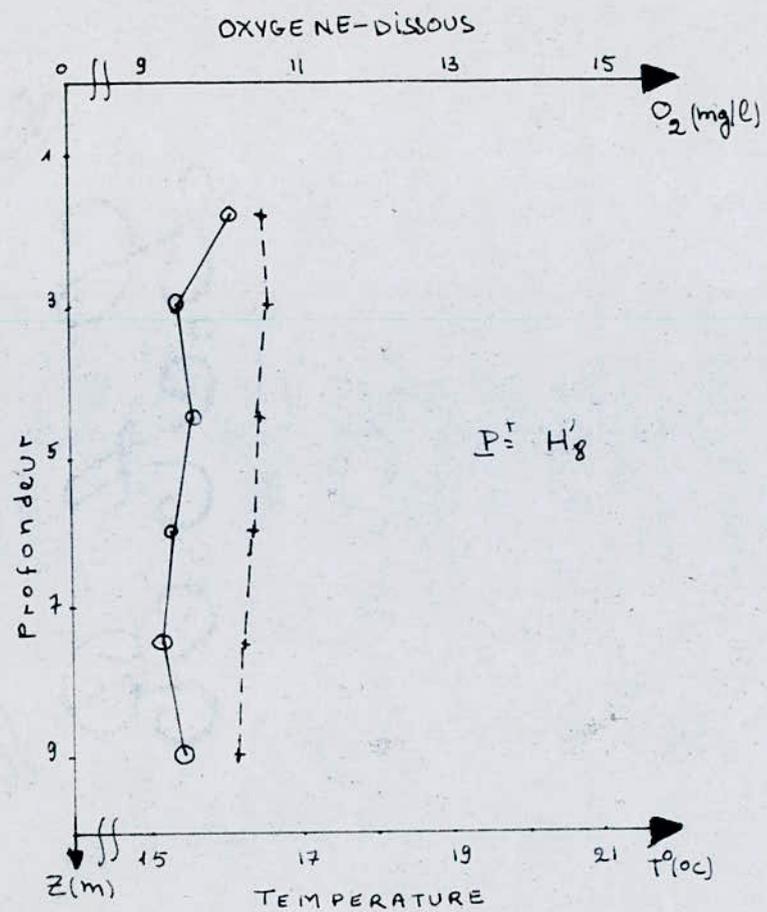


FIGURE C13:

$T^\circ = f(\text{PROFONDEUR})$
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$

} DANS LE LAC

○ ——— Oxygène dissous
 + - - - - Temperature

DATE: 16 - 04 86
 13^h30 → 16^h00

TABLEAU C3
RESULTATS DES MESURES DANS LE LAC

DATE : 21/04/86

HEURE : 10h30 à 15h30

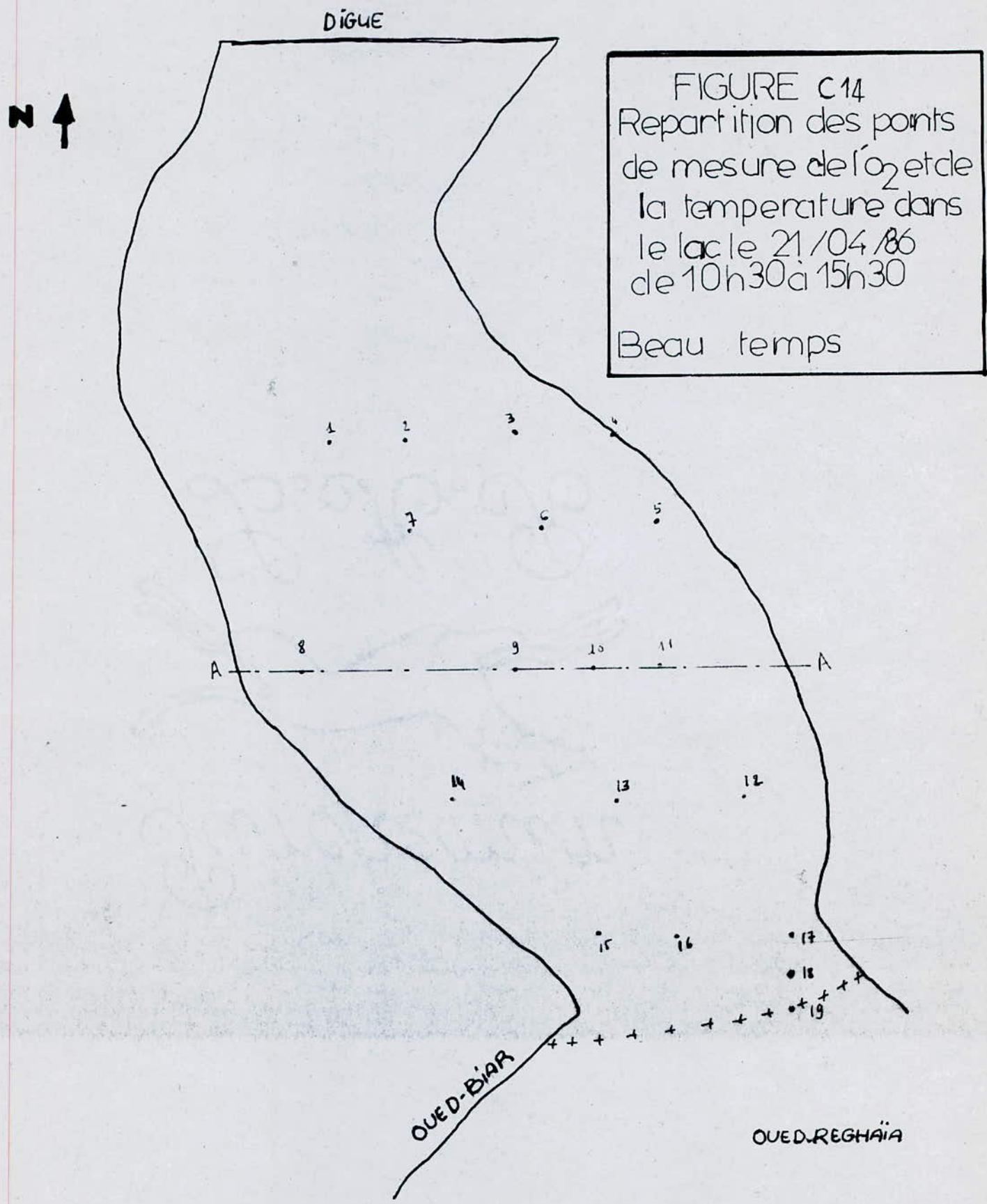
Point	Profon- deur	Oxygène Dissous	Tempéra- ture	Point	Profon- deur	Oxygène Dissous	Tempéra- ture
(1)	0	10,8	18,8	(5)	0	11,6	18
	1	10,5	17,5		1	10,8	17,6
	2	9,7	17,2		2	9,8	17
	3	9,8	16,8		3	9,6	16,8
	4	9,7	16,6		4	9,4	16,6
	5	9,6	16,5	5	9,2	16,4	
	6	10,2	16,5	(6)	0	10,5	20,4
	7	10	16,2		1	11,2	19,1
	8	9,7	16,1		2	10,1	18
	9	9,4	16,0		3	9,7	17,6
0	10,5	17,3	4		9,7	17,2	
1	11	17,3	5		9,6	16,8	
2	10	16,8	6		9,7	16,6	
3	9,8	16,6	7		9,6	16,5	
4	9,7	16,4	8		9,3	16,4	
5	9,6	16,3	9		8,9	16,3	
6	9,5	16,3	(7)	0	10,4	16,6	
7	9,4	16,1		1	11	16,8	
8	9,3	16,1		2	10,6	16,8	
9	9,2	16		3	10,1	16,6	
0	11,8	17,2		4	9,6	16,5	
1	10,3	16,9		5	9,5	16,4	
2	9,8	16,7		6	9,3	16,3	
3	9,8	16,5		7	9,2	16,3	
4	9,5	16,4		8	9	16,3	
0	10,8	17,7		9	9	16,3	
1	10,1	17,8					

TABLEAU C3 (SUITE)
 RESULTATS DES MESURES DANS LE LAC

DATE : 21/04/86

HEURE : 10h30 à 15h30

Point	Profon- deur	Oxygène Dissous	Tempéra- ture	Point	Profon- deur	Oxygène Dissous	Tempéra- ture
(8)	0	11,5	21,2	(12)	0	9,2	18,3
	1	11,3	19,7		1	8,8	17,6
	2	10,7	18,7		2	8,4	17,3
	3	9,8	18,1		3	8,3	16,7
	4	9,3	17,7		4	8	16,6
(9)	0	11,8	17		5	7,9	16,4
	1	11,1	17,2		6	7,6	16,3
	2	10,2	16,9	7	7,4	16,2	
	3	9,8	16,7	(13)	0	10,2	19,1
	4	9,5	16,6		1	10,1	18,7
	5	9,3	16,5		2	10	18,4
	6	9,2	16,5		3	9,8	18,2
7	9	16,4	4		9,7	18	
(10)	0	11,9	17,6		5	7,9	17,3
	1	11,4	17,5		6	7,6	17,1
	2	10,2	17,1		7	7,8	17,1
	3	9,8	16,9		8	8,5	17,3
	4	9,7	16,7	9	8,6	17,4	
	5	9,5	16,6	(14)	0	10,2	18,1
	6	9,1	16,5		1	9,8	18,2
	7	9	16,4		2	8,6	18,1
	8	8,1	16,3		3	7,8	17,9
9	8	16,2	4		7,3	17,8	
(11)	0	12,1	17,1	(15)	0	10,2	18
	1	10,3	16,8		1	9,3	18,2
	2	9,9	16,6	(16)	0	9,5	18,3
	3	9,8	16,5		1	8,8	18,4
	4	9,6	16,4		2	8,7	18,3
	5	9,4	16,3	(17)	0	10,4	18,1
	6	9	16,2		1	9,6	18,6
	7	8,1	16		2	8,9	19,1
8	8,4	16	(18)	0	7,7	20	
0	9,5	18,2		1	6,6	18,2	
1	7,4	17,8		(19)	0	7,7	20
2	6,8	17,3	1		6,6	18,2	



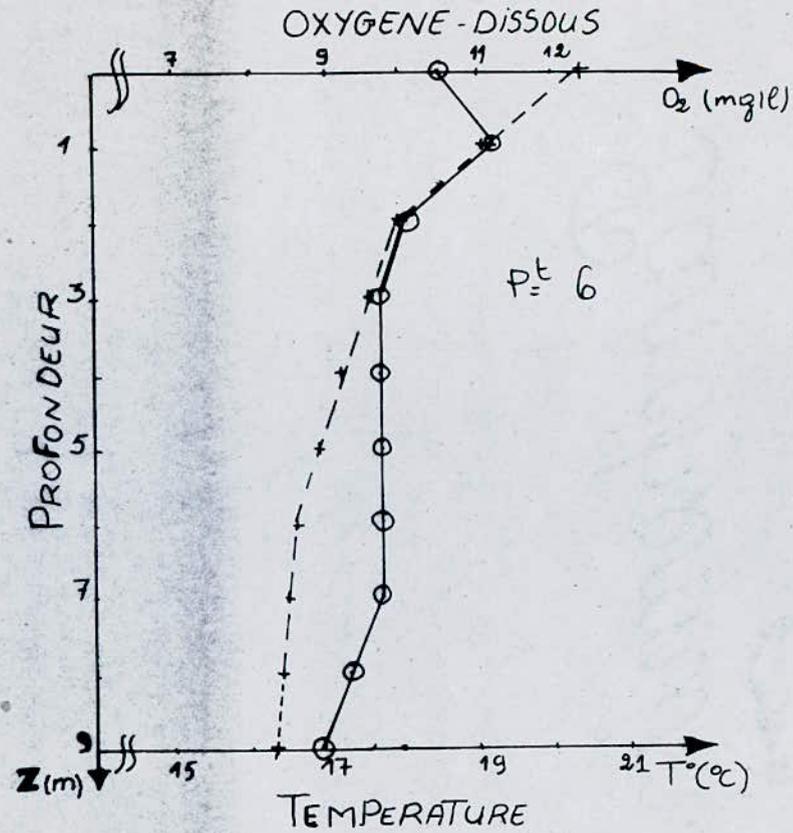
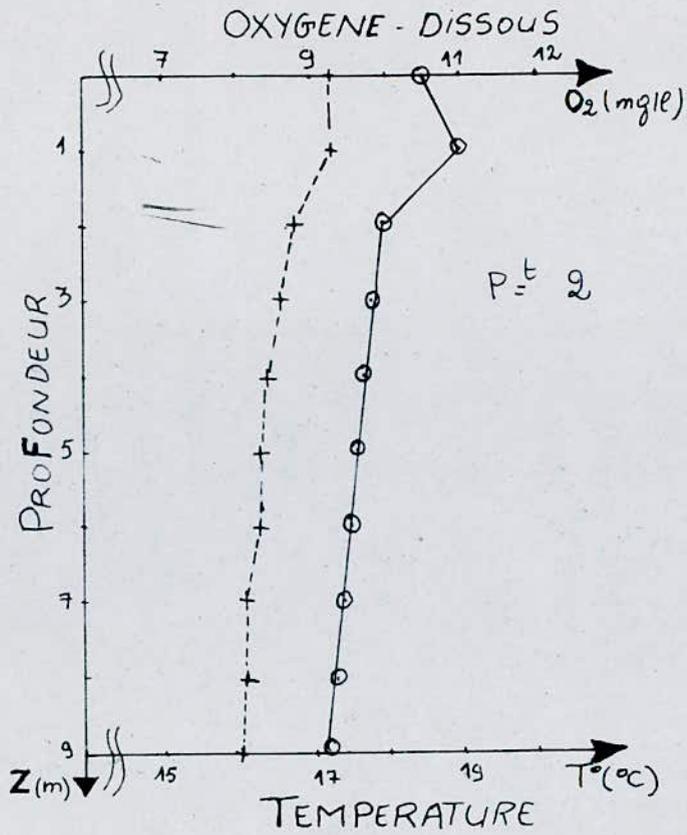


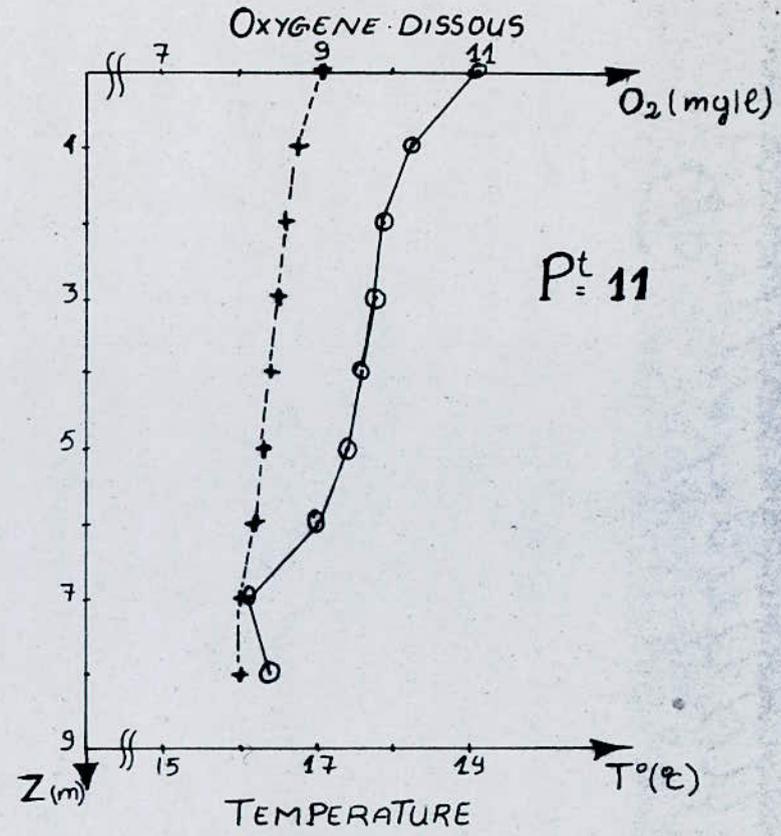
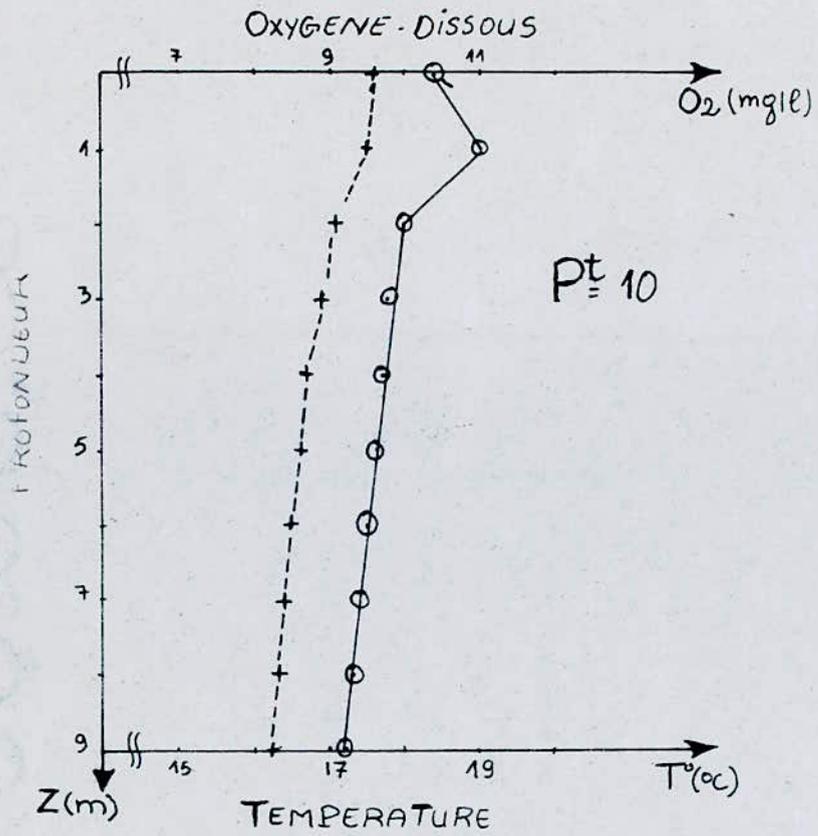
FIGURE C15:

$T^\circ = f(\text{PROFONDEUR})$ } DANS
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$ } LE
 LAC

DATE: 21.04.86

10^h30 → 15^h30

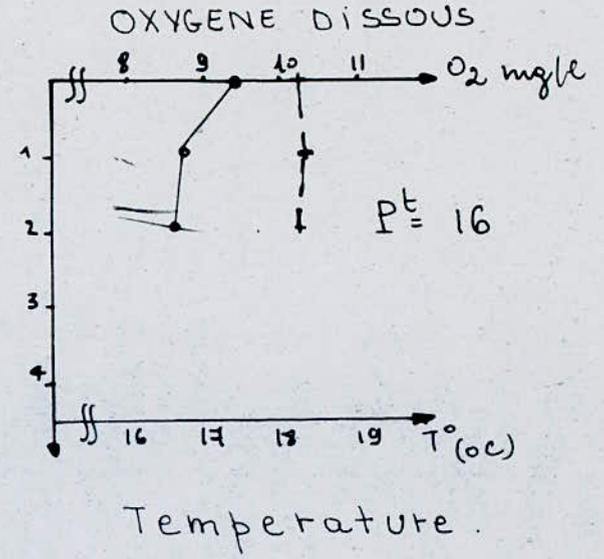
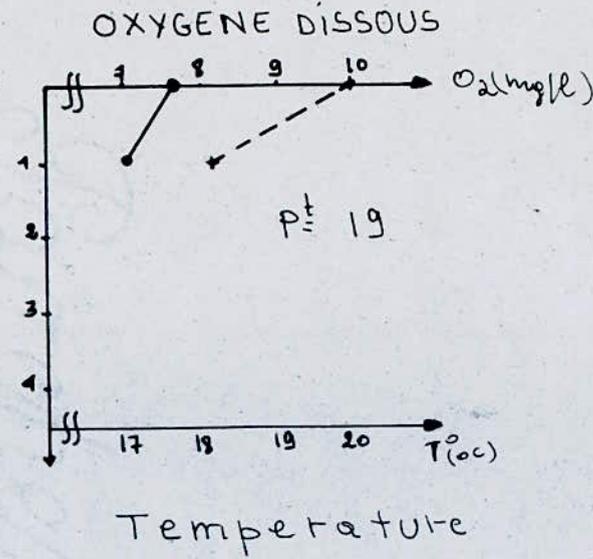
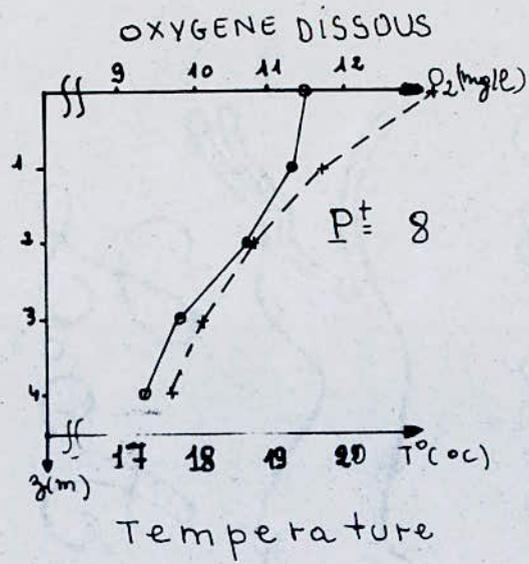
o — OXYGENE - DISSOUS
 + --- TEMPERATURE.



o — OXYGENE-DISSOUS
+ - - - TEMPERATURE

FIGURE C 16:
 $T^{\circ} = f(\text{PROFONDEUR})$ } DANS
 $O_2 = f(\text{PROFONDEUR})$ } LE
 LAC

DATE: 21.04.86
 10^h30 → 15^h30



○ ——— Oxygène
 + - - - - Temperature

FIGC17:
 $T^\circ = f(\text{profondeur})$
 $O_2 = f(\text{profondeur})$
 dans le lac.
 le 21 - 04 - 86
 de 10^h 30 à 15^h 30

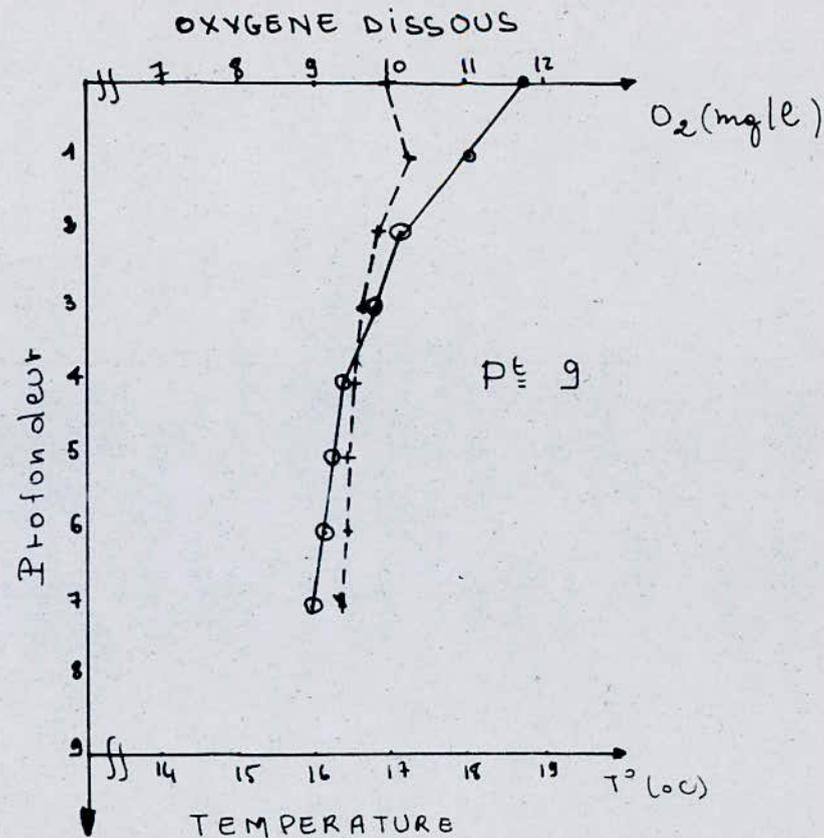
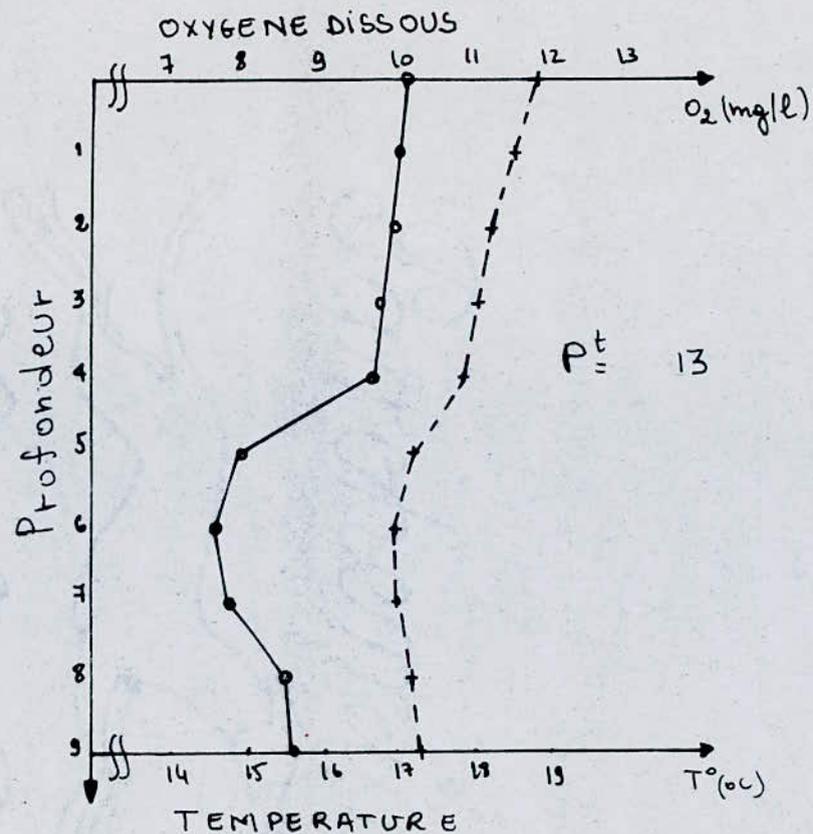


FIGURE C18:

$T^\circ = f(\text{profondeur})$

$O_2 = f(\text{profondeur})$

Dans le lac

DATE : 21-04-86

o ——— Oxygène
+ - - - - - Temperature

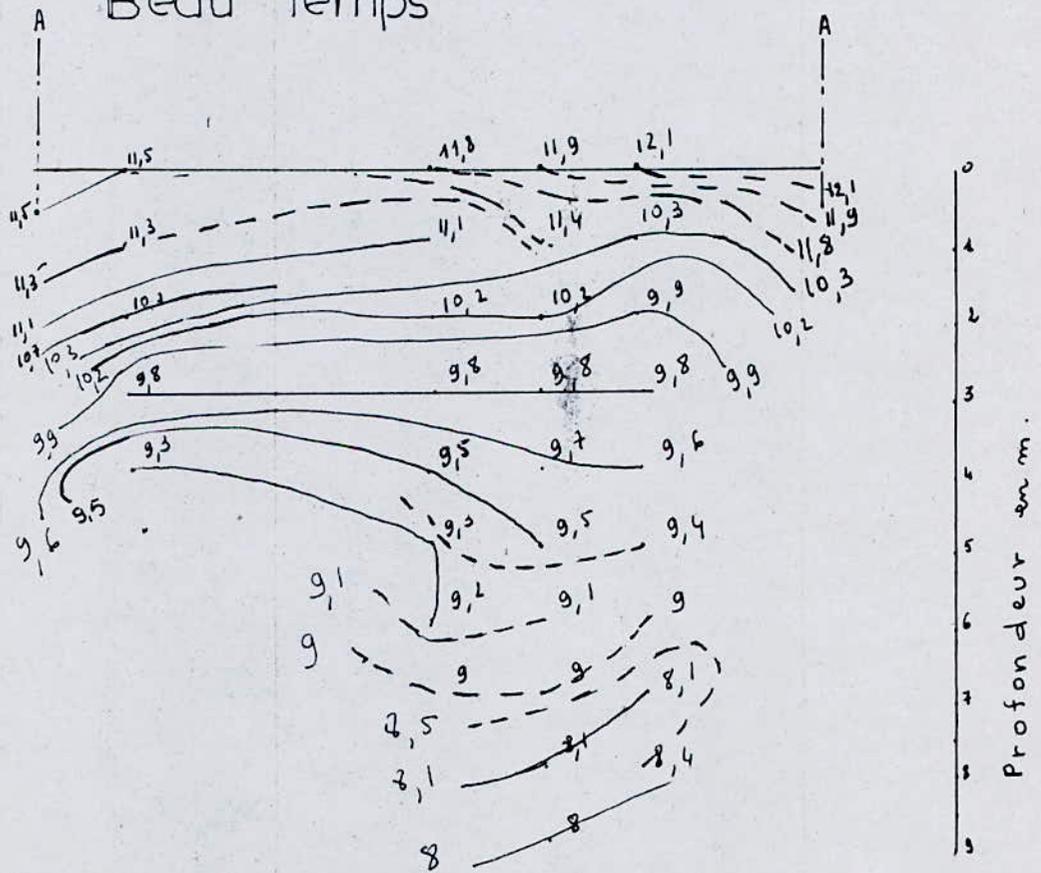
FIGURE C 19:

Isolignes d'oxygene dissous suivant
une coupe transversale au centre
du lac

Date 21 04 86

Heure: 10h30 à 15h30

Beau temps



* A l'oued de Réghaia qui collecte les eaux usées d'origines et de composition très diverses, la transparence naturelle des eaux a disparu depuis très longtemps. Celles-ci ont l'aspect d'eaux d'égout stagnantes. Elles sont noires ou vert foncé selon le temps qu'il fait.

Il nous est très souvent arrivé de remarquer une couche fine superficielle blanchâtre couvrant tout l'oued et ressemblant à du savon. Cette couleur ne peut être en aucun cas due aux rejets de l'ENAD. La contribution de ceux-ci dans la coloration de l'eau de l'oued est négligeable car elle ne se remarque même pas dans le collecteur. Nous avons quelques fois observé des couches d'huile sales couvrant toute la superficie de l'oued.

Nous avons observé une conséquence directe de cette coloration qui est la diminution du transfert d'oxygène et de lumière et qui se traduit par les mauvaises odeurs.

Les jours de pluie, l'oued étant brassé, nous avons senti l'odeur caractéristique de l'hydrogène sulfuré, qui en temps ensoleillé est présent dans le fond de l'oued par suite des fermentations anaérobies. Ceci prouve bien que l'oued de Réghaia est dans un état critique de pollution.

* Les eaux du lac sont noires et sentent mauvais en amont. En aval par contre, et grâce aux deux phénomènes de dilution et d'autoépuration, elles sont claires et ne dégagent aucune odeur.

I.3. DEUXIEME CAMPAGNE :

I.3.1. Résultats et interprétation pour le 10/03/86 :

D'après le tableau C1 et les courbes C1 à C5, les eaux de l'oued sont plus froides que celles du lac. En effet, ce jour là le mauvais temps engendrait un ralentissement de la photosynthèse qui a pour conséquence la diminution de la consommation de la chaleur et son emmagasinement par le phytoplancton dans les eaux du lac.

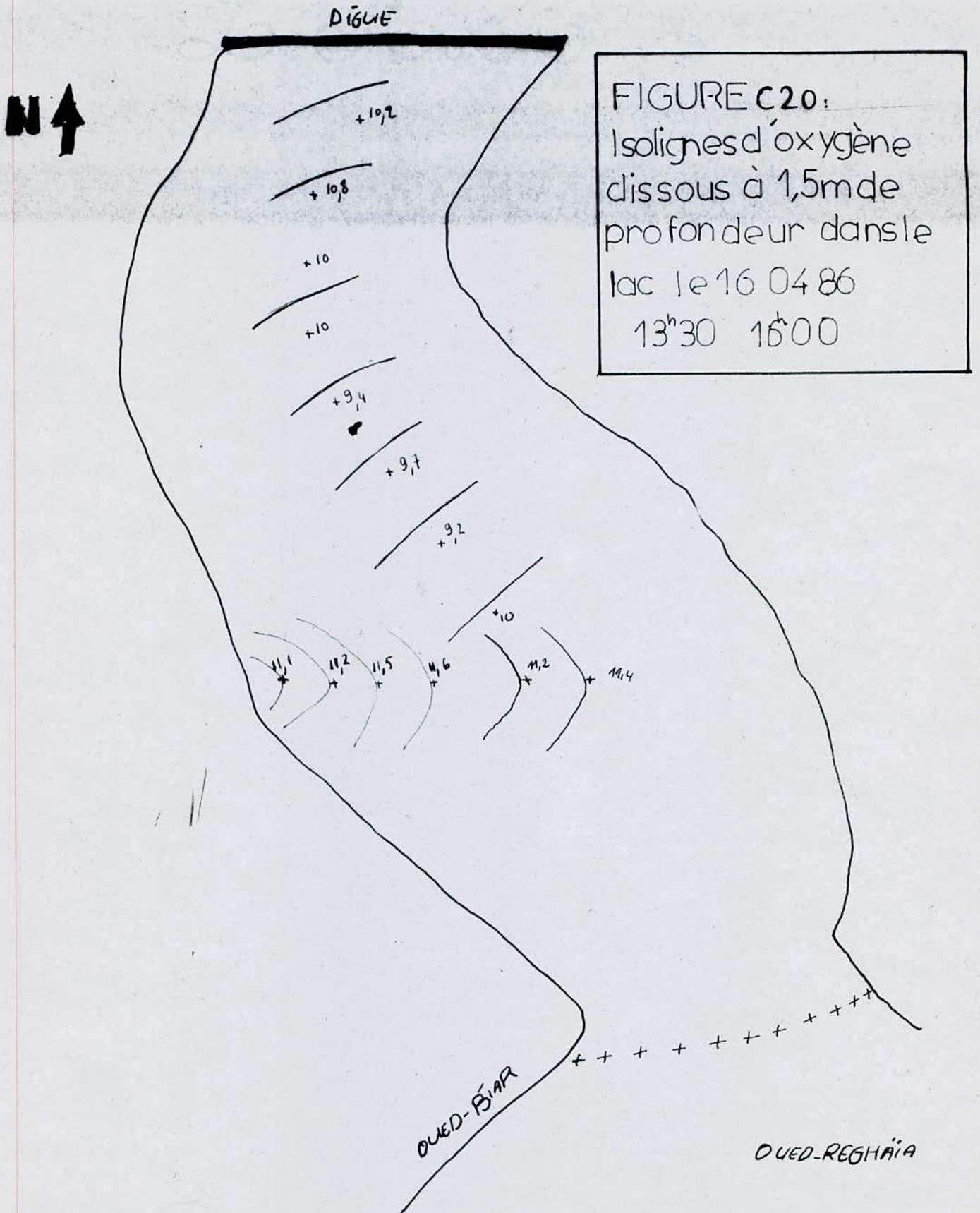
Les figures relatives aux points H2, H4 et H5 reflètent l'existence d'un gradient de concentration par l'influence de la consommation d'oxygène au fond, bien que cette image soit troublée par l'existence de sources naturelles. Cette diminution d'oxygène est visible pour les points H3 et L2. Aux points situés en amont du lac, les teneurs en oxygène dissous sont beaucoup plus faibles qu'au centre du lac.

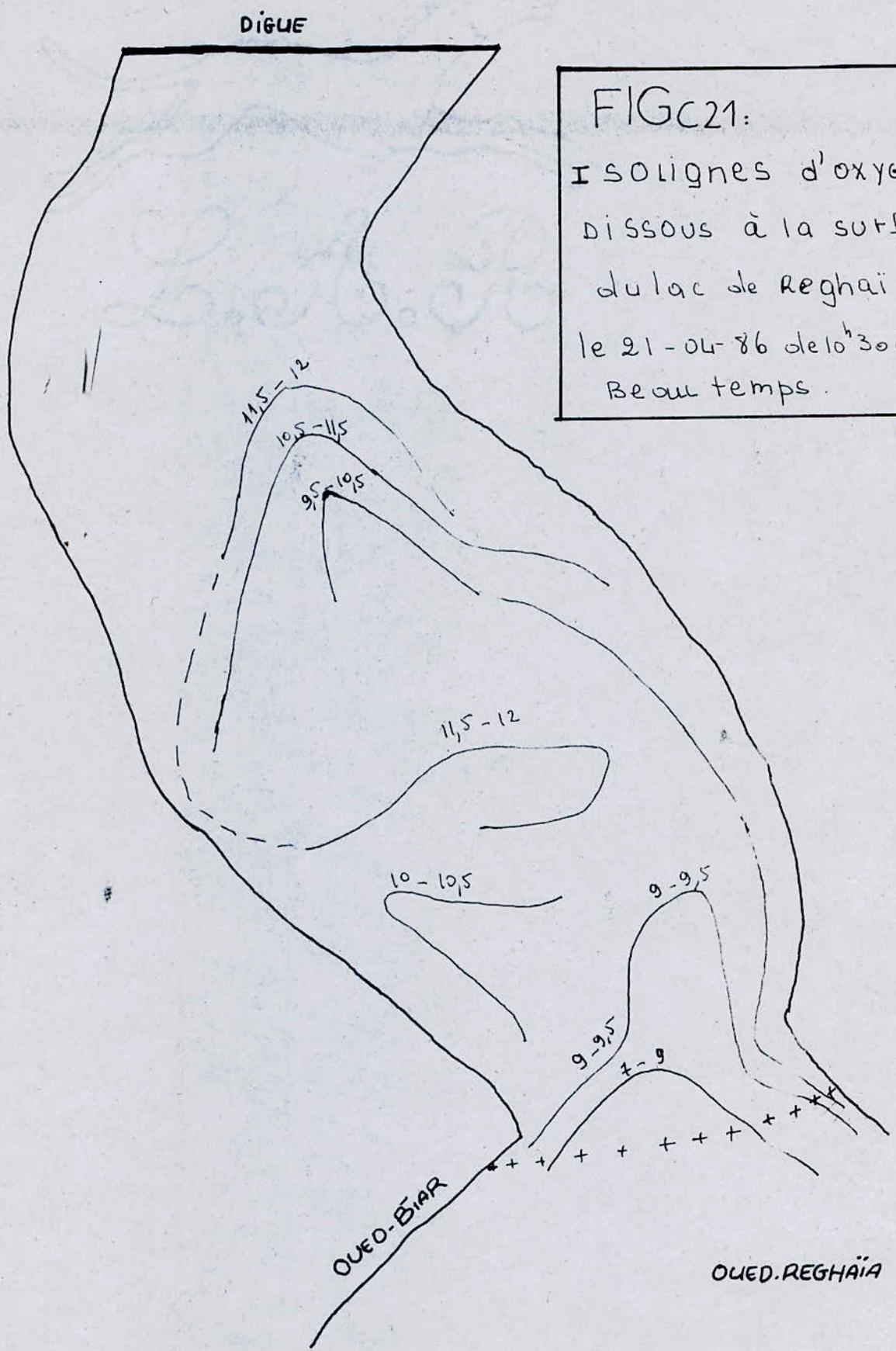
I.3.2. Résultats et interprétation pour le 16/04/86 :

Le tableau C2 et les figures C6 à C13 montrent que le lac est bien oxygéné et bien brassé. L'oxygène dissous diminue avec la profondeur et augmente par contre à l'approche de la digue ou sous l'influence de l'arrivée des sources souterraines.

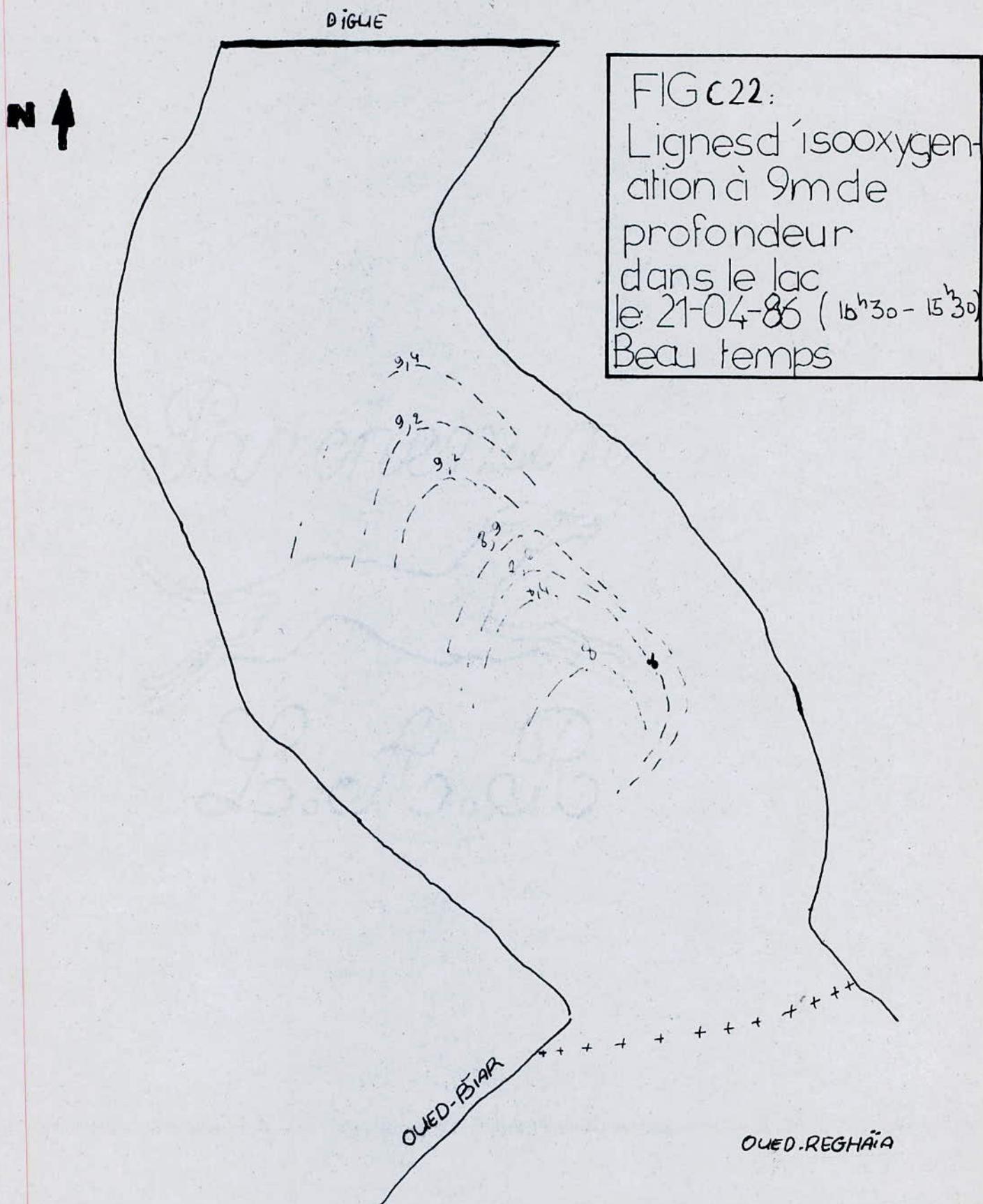
I.3.3. Résultats et interprétation pour le 21/04/86 :

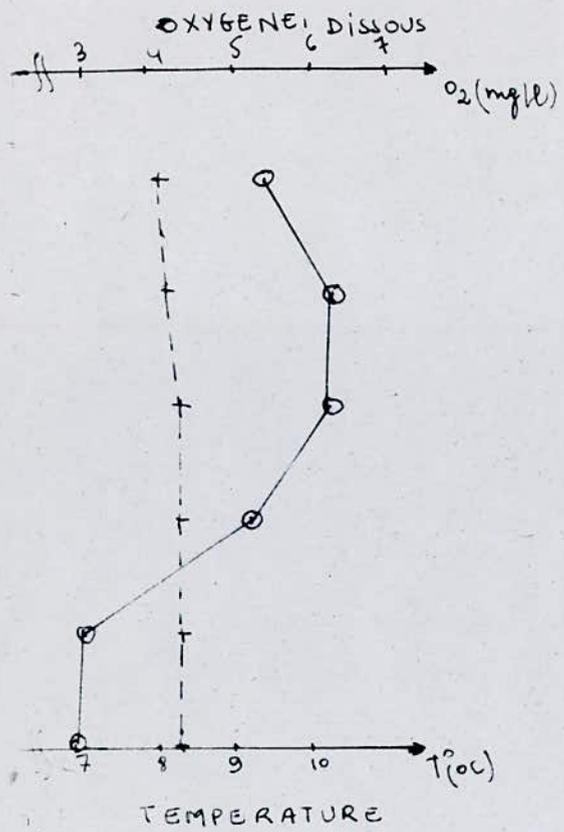
Les résultats sont reportés dans le tableau C3 et représentés dans les figures C14 à C19. Le point 13 démontre clairement une entrée d'eaux différentes de celles du lac, elles sont en même temps plus froides et moins oxygénées et se distinguent de la masse d'eau et se limitent à une certaine profondeur.



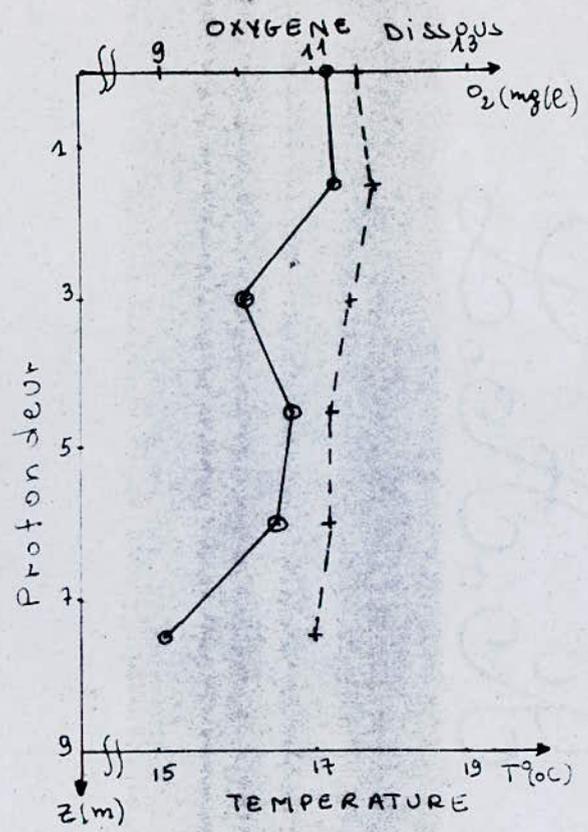


FIGC21:
ISOLIGNES d'oxygène
dissous à la surface
du lac de Reghaïa.
le 21-04-86 de 10^h30 à 15^h30
Beau temps.

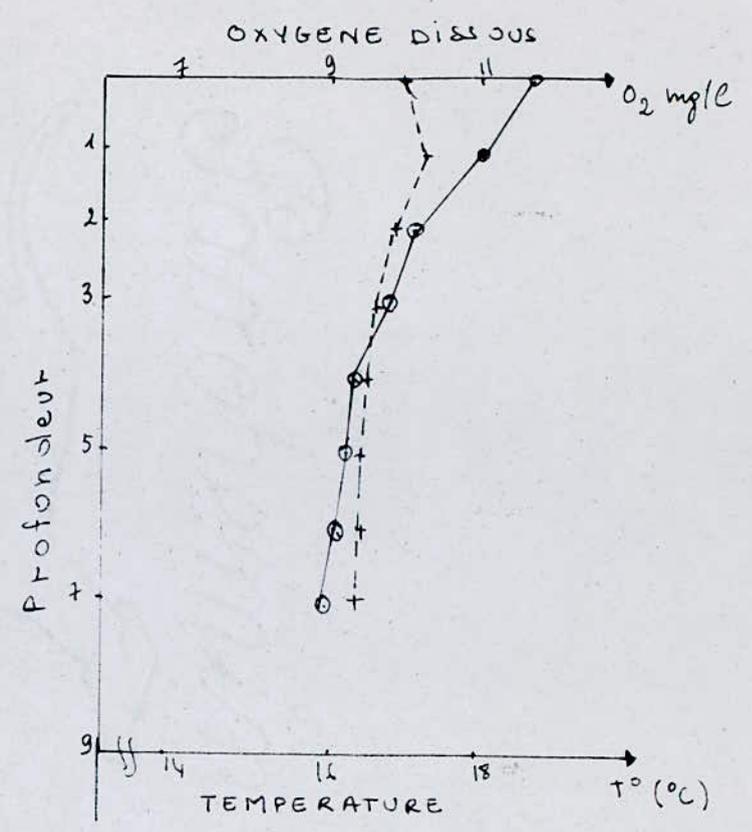




10-03-86



16-04-86



21-04-86

— Oxygène dissous
 - - - - - Température

FIGURE C23:

Evolution dans le temps des profils verticaux

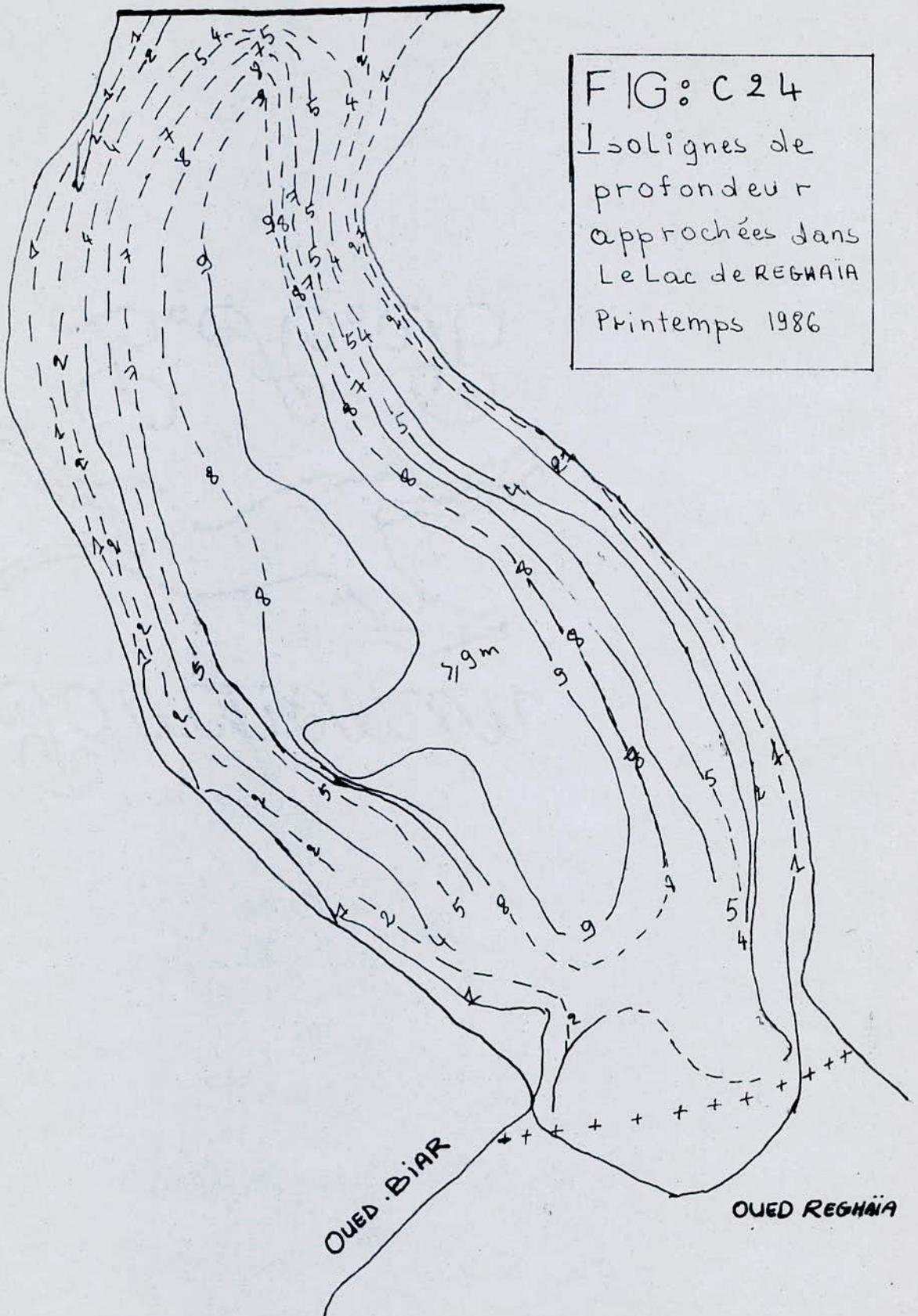
d'oxygène et de température dans le lac
hiver - printemps 86

Cas du point situé au centre du lac

DIGUE



FIG: C 24
Isolignes de
profondeur
approchées dans
Le Lac de REGHAÏA
Printemps 1986



Nous remarquons que le lac est bien brassé sauf sur les bords (Points 3,5,8, et 17) où se dessinent des gradients de température et d'oxygène. Ces points sont sous l'influence de la protection par les montagnes, influence qui diminue vers le centre et la sortie du lac. Cette protection est sans danger pour le lac car celui-ci est bien brassé par le vent.

I.3.4. Isolignes d'oxygène dissous :

I.3.4.1. Le 16/04/86 : les isolignes d'oxygène dissous à 1,5m de profondeur représentées dans la figure C20 montrent deux types de variation de l'oxygène avec la distance. Une désoxygénation due à l'influence des eaux de l'oued et une oxygénation due à l'arrivée des sources souterraines.

I.3.4.2. Le 21/04/86 : les isolignes d'oxygène dissous à la surface comme le montre la figure C20, concordent avec celles du 16/04/86 à 1,5m de profondeur. Il y a des couches d'oxygénation croissantes de l'amont vers l'aval et sensibles à la grande variabilité à la surface (vent, lumière et température) et à l'arrivée des eaux bien oxygénées des sources latérales.

À 9m de profondeur (figure C22), les isolignes d'oxygène dissous mettent bien en évidence la désoxygénation du fond, l'influence des boues et à la diminution de l'oxygène vers l'aval de la digue.

I.3.5. Evaluation dans le temps des profils verticaux d'oxygène et de température : (figure C23)

* Le 10/03/86 nous avons l'allure d'une oxycline.

* Le 16/04/86 nous avons un bon brassage et une augmentation de l'oxygène et de la température.

* Le 21/04/86 une nette augmentation de la photosynthèse est visible de même qu'une stabilisation de l'eau (brassage terminé, eaux calmes).

I.3.6. Commentaires sur les profils batimétriques :

D'après la figure C24, le lac garde la forme d'un bassin régulier longitudinal d'une profondeur moyenne de 7 à 9m, atteignant 14m au centre. Ce qui renforce l'efficacité du brassage par le vent traduite par les profils de température et d'oxygène dissous aux points 2,8,9,10 et 19.

I.3.7. Remarques :

Nous avons observé le 17/05/86 dans l'eau du lac, de petits granules verts dus aux algues coloniales (35). Nous citerons comme exemple les genres :

- Anasystis et Volvoceales (flagellées) ou Volvox :

Gomphosphaeria, Hydrodictyon et Pandorina

- Chlorococcum (chlorophycées) :

Pyroboris, Coccuchloris, Coelastrum, Docystis et Sphaerocystis.

I.3.8. Récapitulatif

Nous estimons que le lac de Réghaia est un lac artificiel de type monomictique chaud de second ordre. Pour pouvoir l'affirmer, il aurait fallu faire des mesures en saison chaude, mesures non effectuées dans la présente étude pour plusieurs raisons notamment les moyens limités mis à notre disposition, mais aussi le temps qui nous a été imparti.

I-4. CONCLUSION SUR LA PARTIE EXPERIMENTALE

D'après les résultats expérimentaux obtenus lors des différentes campagnes d'analyses, nous pouvons quelque peu conclure, que les fortes teneurs de polluant (phosphates notamment) ne peuvent être intégralement imputées à l'usine de détergents. En effet, les plus grandes parties de celles-ci sont dues aux rejets des eaux domestiques des agglomérations environnantes.

Les teneurs en phosphates mesurées dans le lac dépassent de beaucoup les normes usuellement prises comme références (tableau A1, A2) et de ce fait dénoncent une évolution rapide de cet écosystème vers une eutrophisation. Au rythme des différents rejets observés et malgré le récent dragage effectué, l'effet de dilution par les différentes sources signalées, ne pourra suffire pour le maintien du pseudo-équilibre physicochimique et biologique du lac. A cet effet, il est urgent de penser à des solutions visant à réduire cette pollution en amont de cet écosystème, et plus précisément au niveau des différentes sources de rejet de polluants.

Quant à l'oued de Réghaia, le seuil critique est de loin dépassé, il constitue un dépotoir d'immondices dans lequel aucune vie, végétale ou animale soit elle, ne pourrait se maintenir.

II-LUTTE ET PREVENTION

II-1.Introduction

Les dangers présentés par une pollution toxique ou eutrophisante du lac de Réghaia sont très clairs, surtout quand on sait que ce dernier a une vocation piscicole et prochainement touristique et récréative. De plus, la dégradation exagérée de l'oued Réghaia cause de nombreuses nuisances à la population avoisinante (mouches, moustiques, odeurs malsaines etc...).

Une action concrète visant à réduire puis à éliminer la pollution - à court, moyen et long terme - est indispensable. Dans ce cadre, nous faisons les quelques propositions suivantes.

II-2.Lutte contre la pollution au niveau de l'ENAD :

II-2.1.Dispositions prises par l'unité :

Le tensioactif utilisé depuis quinze ans est le dodécylbenzène-sulfonate à chaîne hydrocarbonée linéaire comportant douze atomes de carbone et biodégradable à plus de 85% après une semaine.

De plus, les eaux de lavage sont soit neutralisées, soit réutilisées dans le processus de fabrication.

L'unité récupère toutes les huiles usagées dans des fûts de 200l en vue d'un traitement futur. (14)

II-2.2.Dispositions à prendre dans l'immédiat et à l'avenir:

II-2.2.1.Prévention :

La prévention est la meilleure arme contre la pollution. Les fortes teneurs en détergents, phosphates et silicates des rejets provenant des pertes dues aux déchirures accidentelles de sacs de matières premières, ou à l'état défectueux des fûts d'acide sulfonique, et charriées par les eaux de nettoyage, pourraient être évitées par la sensibilisation et l'information du personnel et par une manipulation rigoureuse et rationnelle des matières premières.

Une maintenance rigoureusement suivie et plus efficace éviterait les nuisances et les pertes dues au matériel défectueux (usure, mauvaise étanchéité etc...).

II-2.2.2.Traitement des phosphates :

a) Le traitement des orthophosphates se fait par précipitation aux sels de fer ferrique en présence de chaud en excès en milieu alcalin.

Pour éliminer les polyphosphates, les eaux doivent être surchauffées pendant une heure environ en milieu très acidifié (acide chlorhydrique ou sulfurique en excès). Elles seront ensuite réalcalinisées puis traitées comme pour l'élimination des orthophosphates. Des installations de décantation et de traitement des boues seront envisagées (13).

Cette solution peu économique augmente la pollution en sels neutres (sulfate et chlorure de sodium ou de calcium).

b) Une étude sur les possibilités d'application d'une enzyme fixée sur un support synthétique reste à faire. Celui-ci développerait une activité de phosphatase alcaline favorisée par une mise en contact à une température optimale de l'eau usée avec

l'enzyme et qui serait suivie par un traitement comme pour les orthophosphates.

Cette solution paraît meilleure que celle citée ci-dessus. Cependant, nous gardons toute réserve quant à l'aspect économique que nous n'avons pas pu étudier.

Enfin, les deux solutions citées ne remplacent aucunement une prévention efficace à tous les niveaux.

II-3. Lutte contre la pollution au niveau du collecteur :

Un toxique ou un polluant, quel qu'il soit, doit être traité à la source de son rejet, et ce pour éviter les effets de synergisme favorisés par la multiplicité des composés indésirables présents dans l'eau.

Il est beaucoup plus sensé et économique de traiter un toxique au niveau de son rejet dans un collecteur commun et à faible débit, que d'être forcé de l'éliminer au niveau d'une station d'épuration (11). Toutes les unités industrielles sont donc tenues de contrôler rigoureusement et au mieux leurs rejets et de ne pas se suffire au pouvoir de dilution.

II-4. Régénération d'un cours d'eau :

Pour l'oued Réghaia dont le degré de pollution est très avancé, nous suggérons les propositions suivantes :

II-4.1. Le curage ou recalibrage :

Cette opération a pour but de retirer les racines végétales, les sédiments qui remontent le niveau du fond ainsi que les vases noires qui constituent un indice de mauvais état. On distingue :

- * l'autocurage : en réduisant la largeur d'un cours d'eau, il mène à l'arrachement de la couche médiane de la vase.
- * la digestion des vases par la chaux qui fait disparaître la partie organique de la vase.
- * l'aspirodragage ou un mélange d'eau et de vase est aspiré puis rejeté en dehors de l'oued.

II-4.2. Le faucardage :

Celui-ci a un double but (2) :

- * réduire la surface occupée par la végétation aquatique dans un plan d'eau pour permettre l'écoulement de celle-ci et créer de l'espace pour les poissons.
- * empêcher la diminution de la profondeur due à l'accumulation des racines.

Le faucardage prive la végétation de ses réserves élaborées par la photosynthèse. Un faucardage régulier empêche l'envasement d'un cours d'eau. On distingue :

- * le faucardage chimique : rapide et nécessitant une main d'oeuvre réduite, il peut se faire par le chlorate de soude, le sulfate de cuivre, les composés d'acides gras halogénés, les urées substituées ou les triasines. Ce moyen est à écarter car il peut engendrer une pollution du lac par les herbicides.
- * le faucardage biologique qui réutilise les carpes communes qui freinent le développement de la végétation en poussant la vase, les brèmes qui arrachent les plantes du fond, les canards qui contrôlent les lentilles d'eau et le ragondin qui consomme les végétaux(2).

Nous insistons toutefois sur le fait que les opérations de curage et de faucardage sont inefficaces tant que les eaux déversées dans l'oued ne sont pas épurées, ou du moins prétraitées.

II.5. Restauration des lacs

La restauration des lacs peut se faire par différents moyens :

II-5.1. Restauration par moyens écologiques :

Certaines plantes aquatiques vasculaires telles que les plantes flottantes non attachées, les plantes attachées ayant des feuilles flottantes, les plantes submergées et attachées au fond et les plantes émergentes, peuvent être contrôlées par l'introduction d'un consommateur primaire choisi en fonction de sa préférence particulière pour la plante à contrôler et qui peut être un poisson pathogène (19).

L'abondance de la biomasse phytoplanctonique peut être évitée ou éliminée par l'introduction de poissons phytoplanctophages. Avec une préférence thermique, la carpe par exemple peut se nourrir de phytoplancton de cellules supérieures à 20 microns, de rotifères, d'autre zooplancton, de larves d'insectes ou de détritus.

Un poisson de 1Kg consomme environ 60g d'algues par jour et a une croissance de 1kg/an (19).

Comme exemples, nous citerons le mulot qui est détritophage, la carpe herbivore qui est macrophytophage, la carpe argentée qui se nourrit de phytoplancton, la carpe à grande tête qui se nourrit de zooplancton et la carpe noire qui est benthophage (19).

II-5.2. Restauration par aération artificielle des couches profondes :

II-5.2.1. Destratification

La destratification peut se faire par des dispositifs mécaniques tels que les pompes ou les jets d'eau efficaces pour les lacs peu profonds ou par des diffuseurs d'air. Ceux-ci reposent sur le fond et sont constitués de tuyaux percés de trous dans lesquels de l'air comprimé est envoyé. Les bulles d'air entraînent l'eau hypolimnique créant un mélange turbulent. Ce procédé a pour avantage de retarder la désoxygénation en été des couches profondes et pour inconvénient de réchauffer les eaux hypolimniques (20).

II-5.2.2. L'aération hypolimnique :

Elle peut avoir lieu hors du lac, comme c'est le cas par exemple en France et en Suisse. Ainsi elle consiste en un pompage de l'eau puis une oxygénation de celle-ci par absorption d'air et enfin un retour au fond à quelques mètres du point de départ.

Elle peut aussi se faire in situ par l'une des techniques suivantes : (20)

- * injection de gaz comprimé dans l'hypolimnion qui fait disparaître la stratification par perte de chaleur.

- * injection de gaz forcé pour renvoyer le CO_2 et le H_2S en surface.

II-5.2.2.L'emploi d'oxydants :

L'oxydant peut être :

- * l'eau oxygénée dont l'effet très efficace ne dure que quelques jours.

* les combinés de produit chimiques : une injection de $FeCl_3$ complexe les phosphates du fond, baisse le PH et libère l'hydrogène sulfuré. Cette injection doit être suivie par une neutralisation avec de la chaux éteinte et une addition de nitrate de calcium, qui après dénitrification serviront comme source d'oxygène. Ceux-ci disparaissent au bout de quelques semaines (20). Ce moyen est efficace bien que coûteux.

II-5.3. Restauration des lacs par des mesures hydrologiques :

Elle se traduit par le mélange artificiel de l'épilimnion pour augmenter son volume et réduire le temps de résidence des algues dans la zone trophogène, soit par brassage total soit par brassage partiel (38).

Le brassage total peu coûteux permet d'éviter la formation d'hydrogène sulfuré mais présente le risque d'accroissement de la production primaire en fin de printemps, et l'échauffement des eaux l'été qui est propice au développement de bactéries pathogènes.

Le brassage partiel a pour but le brassage de l'épilimnion qui abaisse la thermocline et réduit potentiellement la production primaire par rétention des cellules hors de la couche trophogène. Ce mélange augmentant la minéralisation dans l'épilimnion et la abaissant dans l'hypolimnion, consiste en l'introduction prudente d'eau épilimnique dans l'hypolimnion.

II-5.4. Exemples de l'expérience internationale en restauration des lacs

Le lac Trummen qui se trouve en Suède était complètement eutrophe en 1958. Les opérations suivantes effectuées entre 1970 et 1971 ont permis de le "rajeunir". Ce sont principalement (27):

- * un dragage des sédiments
- * un traitement de ceux-ci au sulfate d'aluminium pour en éliminer le phosphore et les matières en suspension
- * un débarrassement des berges de leurs macrophytes
- * une introduction de poissons planctophages

Le lac Hornborge également en Suède a vu son état s'améliorer après une excavation (27).

Au Maroc, le lac Sidi Mohammed Ben Abdallah a été récemment restauré avec succès (38).

Enfin nous noterons que la Pologne est un pays très avancé en restauration des lacs.

III-RECOMMANDATIONS

Nous exposons dans ce chapitre nos recommandations pour une action efficace contre la pollution de l'oued et par suite contre la dégradation du lac.

III-1. Au niveau de l'ENAD :

Nous recommandons :

- a) d'engager une action de sensibilisation du personnel sur le problème de la pollution,
- b) d'exiger une meilleure manipulation de la matière première,
- c) d'opérer à un remplacement des pompes défectueuses,
- d) d'exiger des fournisseurs que les fûts d'acide sulfonique et les sacs de matières premières (phosphates, silicates, sulfates) soient solides et étanches,
- e) d'étudier la possibilité d'organiser des stages de formation et de perfectionnement des travailleurs pour la manipulation et la maintenance des appareils utilisés,
- g) de surveiller et de contrôler constamment les rejets par des séries d'analyses régulières des eaux,
- f) de respecter le code des eaux.

III-2. Au niveau de la zone industrielle :

Pour l'ensemble des unités industrielles nous suggérons :

- a) l'application et le respect du code des eaux, surtout des articles 84, 89, 99 et 102.
- b) de traiter tous les rejets toxiques avant leur arrivée au milieu récepteur,
- c) d'étudier la possibilité d'une action commune à toutes les unités industrielles pour limiter la pollution,
- d) de remplacer, à chaque fois qu'il est possible, les matières premières engendrant des nuisances ou une toxicité, par d'autres matières moins nocives,
- e) de ne plus compter systématiquement sur la dilution et l'autoépuration pour réduire la pollution,
- f) d'étudier la possibilité d'une récupération en vue d'une réutilisation des métaux et autres matières premières retrouvées dans les eaux,
- g) d'initier puis de former chaque personnel au fonctionnement et à la maîtrise de l'appareil qu'il manipule.

III-3. Au niveau de l'oued :

Pour protéger l'oued, nous recommandons :

- a) d'engager une campagne de sensibilisation des citoyens sur les effets de la pollution, ses graves conséquences et l'importance d'une lutte efficace surtout préventive dans les communes de Rouiba et Réghaia. Cette campagne devrait d'ailleurs s'étendre au plan national et même international,
- b) de faire respecter le code des eaux notamment dans ses articles 96, 99, 104, 105, 107 et 153,
- c) d'opérer à des actions visant à débarrasser l'oued de la vase qu'il contient (curage et dragage) et à éliminer la végétation qui y subsiste (faucardage),
- d) d'étudier la possibilité de créer des chicanes pour augmenter son oxygénation,
- e) d'étudier la faisabilité de la station d'épuration prévue en amont du lac,

- f) d'étudier puis de réaliser un traitement approprié des eaux de chaque collecteur se déversant dans l'oued pour éviter la pollution de celui-ci,
- g) de surveiller systématiquement tous les effluents rejetés dans l'oued.

III-4. Au niveau du lac :

- En premier lieu, en amont du lac, nous suggérons de transformer le marécage reliant l'oued avec celui-ci en une lagune aérobie dans laquelle les teneurs en azote et en phosphore subsistant après épuration seront éliminées par absorption dans la biomasse des plantes supérieures flottantes. Cette biomasse sera facilement éliminée par un système mécanique (330).

- Pour le lac nous préconisons :

- a) d'appliquer le code des eaux et surtout les articles 62,63,112,
- b) d'opérer régulièrement à la restauration du lac,
- c) de s'assurer qu'il n'y a pas de produits toxiques dans les eaux utilisées pour l'agriculture,
- d) d'exiger que les eaux du lac soient de qualité reconnue,
- e) de maintenir la ceinture de végétation naturelle agissant comme filtre des éléments nutritifs, ininterrompue autour du lac,
- f) et de surveiller le traitement des agricultures situées dans le bassin versant du lac, par les engrais phosphorés.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif essentiel de notre travail a consisté en la détermination de la contribution de l'unité 11 de l'ENAD, à la pollution de l'écosystème récepteur et du lac de Réghaia d'une façon particulière.

Pour ce faire, nous avons consacré une première partie à la compréhension des phénomènes liés à la vie dans les lacs, ainsi que ceux liés aux causes et aux conséquences de la pollution par les détergents et les phosphates sur les écosystèmes aquatiques.

Une seconde partie a été consacré à l'expérimentation dont nous présentons les résultats des analyses effectuées ainsi que leur interprétation.

En conclusion de ce modeste travail et à la lumière des résultats obtenus, nous dégageons les points suivants :

* Les rejets de l'ENAD concernant certains paramètres tels que les phosphates, le PH, les silicates, la DCO, les MES et le résidu sec ne répondent aucunement aux normes usuellement prises comme références. Cependant, de par la faiblesse des débits d'effluents rejetés, la contribution de cette unité à la pollution de l'écosystème récepteur reste négligeable.

* Concernant le collecteur et l'oued, il faut dire que ceux-ci ont de loin dépassé le seuil critique de pollution, vu la forte pression qu'engendre la zone industrielle et les agglomérations environnantes sur eux.

* Quant au lac de Réghaia, il y a lieu de préciser que des expériences supplémentaires notamment pendant la saison chaude, doivent être effectuées d'une part dans le but de confirmer et de renforcer les résultats que nous avons obtenus, et d'autre part de déterminer le moment de l'établissement de l'éventuelle stratification thermique.

Les valeurs expérimentales obtenues, en l'occurrence celles du phosphore et des silicates montrent le danger certain que court le lac. C'est en amont du lac, qui tient lieu plutôt de marécage, que la pollution est la plus importante. En effet, dans le reste du lac, le bon brassage et l'effet de dilution ont pu maintenir jusqu'à présent une situation peu alarmante traduite par l'inexistence d'oxyclines.

Ainsi il apparaît clairement que la charge polluante rejetée par les usines de la zone industrielle et les agglomérations environnantes constitue un danger pour l'écosystème aquatique récepteur dont les vocations actuelles et surtout futures sont à défendre et à promouvoir.

C'est dans ce sens que nous insistons encore une fois sur les recommandations formulées dans cet ouvrage et disons que :

TOUT RESTE A FAIRE

DIRECTIVES FUTURES

Comme nous l'avons déjà signalé, notre travail s'inscrit dans le cadre du plan d'action antipollution du lac de Réghaia.

Il est évident que ce modeste travail n'est qu'une infime partie des nombreuses études qu'il est souhaitable, voire impératif d'entreprendre. Parmi celles-ci nous citons :

- * L'étude plus approfondie des profils de température et d'oxygène dans chacune des saisons chaude et froide.
- * L'étude biologique du lac et de l'oued.
- * L'étude hydologique du lac et de ses affluents.
- * L'étude des sédiments de l'oued et du lac.
- * L'identification de toutes les sources d'éléments nutritifs arrivant dans le lac.
- * L'étude récapitulative de tous les travaux effectués jusqu'à présent concernant la pollution du lac.
- * L'inventaire de toutes les substances polluantes présentes dans l'oued.
- * La quantification de la pollution au niveau de chaque unité.
- * La quantification des métaux lourds au niveau du lac.
- * La révision et l'amélioration du fonctionnement des stations d'épuration existantes.
- * Les études d'impact sur la population avoisinante, sur la faune et sur la flore.
- * L'étude de la faisabilité des techniques de restauration du lac.
- * L'étude de la qualité des eaux rejetées à la mer.

B I B L I O G R A P H I E

- 1- A.N.R.T , La pollution des eaux, quelques problèmes d'actualité, PARIS, EYROLLES 1966.
- 2- ARRIGNON J., Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, PARIS, GAUTHIERS-VILLARS 1982.
- 3-BARROIN G., Eutrophisation pollution nutritionnelle et restauration des lacs. Formation permanente en écologie et biologie, PARIS, GAUTHIERS-VILLARS 1982.
- 4- BENETTON J.P., Eutrophisation des plans d'eau, inventaire des principales sources nutritives azotées et phosphorées. Etude bibliographique, Tribune de Cebedeau N°506, 39pp, 15-26, LIEGE, BELGIQUE, CEBEDOC 1986.
- 5- BORMANS J., Analyse des eaux résiduaires, CEBEDOC, PARIS, EYROLLES 1974.
- 6- BORNEFF J. ,KNERR R., ACHFUR,
Hygiène et bactériologie, 143, 390 ,404.
- 7- BOUTRIA S., Contribution à l'étude de la zone industrielle Rouiba-Réghaia, cas de la mégisserie de Rouiba, PFE, ENPA 1986.
- 8- CHIBANE A., Etude du pouvoir épurateur d'un modèle d'eaux usées au niveau du laboratoire, PFE, ENPA 1985
- 9- CHITOUR S.E., Chimie des surfaces, OPU, ALGER 1979.
- 10-PNUD-PNUE, Les cycles biogéochimiques, COURS DE L'OMS professé à l'ENPA 1982.
- 11-DAJOZ R., Précis d'écologie, PARIS, GAUTHIERS-VILLARS 1975.
- 12-DUSSART B., Limnologie, l'étude des eaux continentales, géobiologie, écologie, aménagement, PARIS, GAUTHIERS-VILLARS 1966.
- 13-ECKENFELDER W., Gestion des eaux usées, PARIS, TECHNIQUES ET DOCUMENTATION LAVOISIER 1982.
- 14-ENAD(REGHAIA), Fiches de renseignements 1986
- 15-GAID A., Epuration biologique des eaux résiduaires, tome I, ALGER, OPU 1984.
- 16-HUTCHINSON G.E A traitise on limnology, volume I, Geography, physics and chemistry, NEW YORK, WILEY & SONS 1957.

- 17-KETTAB A., Problématique de la lutte contre la pollution de la zone industrielle Rouiba-Réghaia, 1986.
- 18-KETTAB A., Législation et gestion des eaux, Cours Polycopié de l'ENPA ALGER.
- 19-LANDNER L., Restauration de la qualité de l'eau des lacs par des moyens écologiques. Séminaire sur la lutte contre l'eutrophisation des lacs réservoirs en climat chaud. PNUD OMS, RABAT 13 au 17 Septembre 1982.
- 20-LAURENT P.J., Restauration de la qualité des eaux des lacs par aération artificielle des couches profondes.
- 21-LEHNNINGER A.L Bioénergétique, PARIS, INTER-EDITION 1978.
- 22-LITERATI S.N. MOHAMMAD, Nutrient, accumulation and release on intertidal in the vicinity of sewage discharges ,publi n° Kis R 1381, KUWAIT INSTITUTE FOR SCIENTIFIC RES., KUWAIT in SYMPOSIUM OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT FOR DEVELOPPING COUNTRIES, ISTAMBOUL 1984.
- 23-MEINK F., STOOFF H., HOHLSHUTTER K., Les eaux résiduaires industrielles, PARIS, MASSON 1977.
- 24-MELLANBY K., VINCENT F., Biologie de la pollution, PARIS, VUIBERT 1976.
- 25- Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et des forêts, Marais de Réghaia, plan d'action antipollution, Mars 1985.
- 26-OLSENS, Phosphate equilibrium between reduced sediment and water. Laboratory experiment, radioactive phosphorus. VERHINT VERT LIMNOLOGY, 1964.
- 27-PESSON P., La pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatiques.
- 28-POURRIOT, Ecologie du plancton des eaux continentales, PARIS, MASSON 1982.
- 29-RAMADE F., Ecotoxicologie, PARIS, MASSON 1979.
- 30-RAMADE F., Précis d'écologie appliquée, PARIS McGRAW HILL 1982.
- 31-RHODE W., Environmental requirements of fresh water, plancton algal symbiosis, 1948.
- 32-RODIER J., L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer, PARIS, DUNOD 1978.
- 33-ROQUES H., Fondements théoriques du traitement biologique des eaux, PARIS, TECHNIQUES ET DOCUMENTATION 1979.

- 34-SEFOR, Dossier d'ouverture du centre cynégétique,
ALGER 1984.
- 35-STANDARTS METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER
APHA-AWWA-WPCF, NEW YORK 1965.
- 36-TARDAT-HENRY M., BEAUDRY J.P.,
Chimie des eaux.
- 37-VAILLANT J.R., Protection de la qualité des eaux et maîtrise
de la pollution, contrôle des déversements
d'eau polluée, COLLECTION BCEOM, PARIS,
EYROLLES 1973.
- 38-WAHLGREN U., Restauration de la qualité des eaux des lacs
par les techniques du génie hydraulique.
- 39-WHIPPLE G.C., The microscopy of drinking water, NEW YORK,
J.WILEY 1927.

ANNEXE 1

DETERGENTS ANIONIQUES

(DOSAGE PAR COLORIMETRIQUE), d'après (35)

PRINCIPE :

Les détergents forment avec le bleu de méthylène, un complexe bleu extracible au chloroforme et susceptible d'un dosage colorimétrique.

DOSAGE DES ORTHOPHOSPHATES, POLYPHOSPHATES

PAR COLORIMETRIE, d'après (35)

A-ORTHOPHOSPHATES :

Principe :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide et en présence de SnCl_2 , prend une couleur bleue susceptible d'un dosage colorimétrique.

B-POLYPHOSPHATES :

Principe :

Les polyphosphates tels que pyro, méta, et tripolyphosphates sont transformés par hydrolyse en milieu acide, en orthophosphates et dosés sous cette forme.

DOSAGE DES SULFATES PAR COLORIMETRIE, d'après (36)

Principe :

Ce dosage est basé sur la réaction, en milieu acide, entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum, qui conduit quantitativement à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble :



DOSAGE DE LA SILICE PAR COLORIMETRIE, d'après (36)

Principe :

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

DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE

EN OXYGENE "DCO", d'après (29)

Principe :

Dans des conditions 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 ammonium.

DETERMINATION DE LA DEMANDE BIOCHIMIQUE

EN OXYGENE DBO₅, d'après (29)

Principe :

Les bactéries contenues dans un échantillon d'eau consomment l'oxygène présent dans cet échantillon, en produisant du gaz carbonique. Cet excès de CO₂ entre en réaction avec de l'hydroxyde de potassium, et il se produit dans le flacon une variation négative de pression, mesurée par un manomètre intégré, directement gradué en mg/l de DBO. Un agitateur magnétique assure l'homogénéisation constante du milieu.

DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION

PERTES AU FEU ET RESIDU SEC, d'après (29)

La mesure de l'oxygène dissous et de la température dans le lac ont été faites par méthode instrumentale à l'aide d'un oxymètre.

thermo

