

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

3/86

1 EX

وزارة التعليم والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

«O»
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
«O»

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
البيئية
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET

**Contribution
A
l'Etude de Pollution
de
l'Oued Mazafran**

Proposé par :

A. N. P. E.

Etudié par :

NOUAR Z.

dirigé par :

MM KETTAB A.

NAKIB M.

PROMOTION JANVIER 1986

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

«O»

وزارة التعليم والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

«O»

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

«O»

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET

*Contribution
A
l'Etude de Pollution
de
l'Oued Mazafra*

Proposé par :

A. N. P. E.

Etudié par :

NOUAR Z.

dirigé par :

MM KETTAB A.

NAKIB M.

PROMOTION JANVIER 1986

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

A mon père
A ma mère
A tous ceux qui aspirent à un lendemain
meilleur

Je dédie ce modeste travail .

Remerciements

Seul, il m'aurait été impossible de mener à terme mon étude. C'est pourquoi, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé et encouragé, en particulier :

- Mr. KETTAB : chef du département de génie-hydraulique
- Mr. NAKIB : enseignant à l'ENP
- Mr. NAAMANE : chef du département de génie de l'environnement
- Les employés de la station piscicole notamment le directeur.
- Le chef de département génie-rural de l'INA ainsi que les agents du Laboratoire de traitement des eaux.
- Les employés de l'Agence Nationale de la Protection de l'Environnement et en particulier le directeur.

PLAN

1° PARTIE



I	INTRODUCTION	1
II	DONNEES DE BASE	2
II-1)	Bassin versant	2
II-2)	L' Oued Mazafran	2
II-3)	Importance de l'oued	4
II-4)	Climatologie	4
II-5)	Sources de pollution	6
II-6)	Nappes	7
III	SOURCES D'AZOTE ET DE PHOSPHORE	8
III-1)	Sources d'azote	8
III-2)	Sources de phosphore	9
IV	PROPRIETES PHYSICO-CHIMIOUES	10
IV-1)	Proprietes physico-chimiques de l'azote	10
IV-2)	Proprietes physico-chimiques du phosphore	12
IV-3)	Transport et transformation dans l'environnement	14
V	EFFETS DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE	19
V-1)	Effet de l'azote	19
V-2)	Effet du phosphore	20

VI L'AUTO-EPURATION	21
VI-1) Generalites	21
VI-2) Facteurs influencant l'auto-epuration	22
VI-3) Description du modele d'auto-epuration	23
2 PARTIE	
I PRELEVEMENTS	27
I-1) Echantillonnage	27
I-2) Lieu de prelevement	27
I-3) Mode de prelevement.	27
II PRINCIPES D'ANALYSE	29
II-1) Parametres physico-chimiques	29
II-2) Parametres biologiques	32
II-3) Mesures colorimetriques	36
II-4) Utilisation des methodes statistiques	38
II-5) Determination des caracteristiques hydrauliques	39
III RESULTATS D'ANALYSE	43
IV CALCUL ET DISCUSSION	65
IV-1) Discussion	65
IV-2) Calcul du modele	70
V CONCLUSIONS ET RECOMMENDATIONS	73

I INTRODUCTION

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

La pollution, sous toutes ses formes, est un phénomène très ressenti à l'heure actuelle. Cependant parmi toutes les pollutions qui nous agrossent dans ce monde moderne industrialisé, celle des eaux usées est peut-être la plus visible et la plus dangereuse. Pour préserver la salubrité des zones habitées, l'homme a depuis longtemps rejeté ses déchets dans les cours d'eau et la mer, convaincu que la nature restituera à l'eau ses qualités premières.

Or par suite de l'accroissement démographique, du développement industriel et de l'intensification de l'urbanisme, les dommages causés au milieu récepteur sont tels qu'ils mettent en péril, dans bon nombre de cas, la vie de la flore et de la faune aquatique et, qu'ils compromettent la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine.

Pour la sauvegarde du patrimoine naturel et de la santé publique il est devenu nécessaire de faire des études de pollution des cours d'eau.

Notre étude entre dans le cadre du vaste programme d'étude de pollution de l'oued Mazafran lancé par l'agence nationale de la protection de l'environnement (A.N.P.E). Elle consiste en l'étude de pollution de l'oued Mazafran ainsi que sa capacité d'auto-épuración.

II) DONNEES DE BASE

II-1) Bassin versant (*)

Le bassin versant du Mazafran occupe la partie centrale de la plaine de la mitidja. Il est limité au nord par le sahel, au sud par l'atlas BLIDEEN, à l'ouest par une ligne à Flux nul allant d'Ahmer-EL-ain vers Berard, et à l'est par une autre ligne à Flux nul passant par Bouinan, Chebli. Il couvre une superficie de 1900 km². Sa pente générale est inférieure à 0,5%.

II-2) L'oued Mazafran.

L'oued Mazafran est formé par la réunion, au bois de la DOUMEA de deux autres oueds: l'oued Djer et l'oued Chiffa.

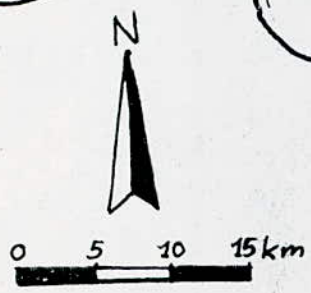
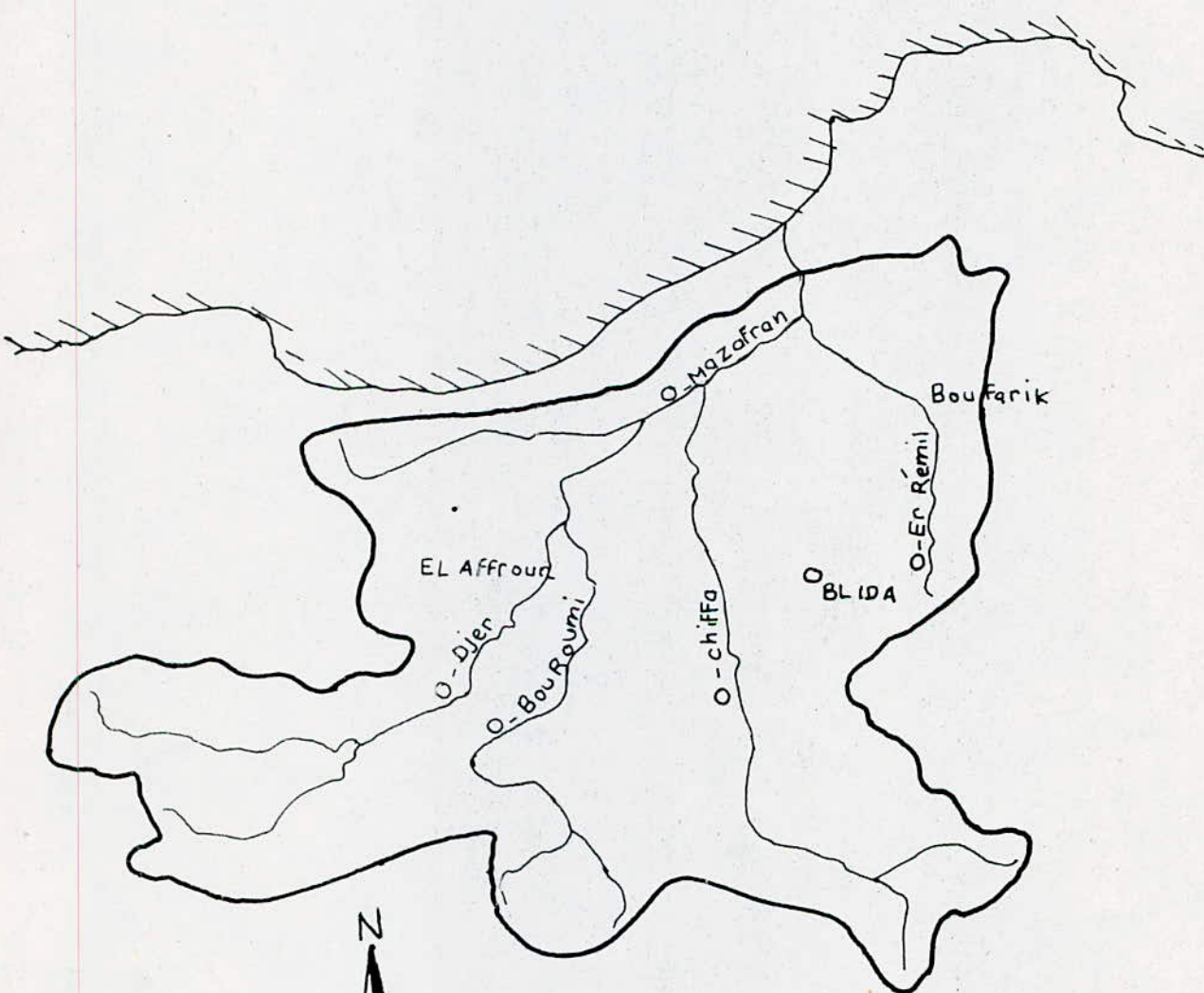
Mesurant quelques 23 km, il a d'abord comme tous les oueds Algériens un caractère conquérant.

Il ne viendra à bout de ses conquêtes que lorsqu'il reçoit l'oued Fatis comme affluent de droite. Il est grossi par ce dernier.

Le Mazafran prend soudainement l'aspect tranquille d'un oued aux eaux calmes, sauf durant les fortes crues. Son lit devient net et ses rives se bordent de végétations jusqu'à l'embouchure. A 2 km environ de la mer, le lit s'élargit considérablement pour atteindre 100 m d'envergure à l'embouchure.

On a pratiquement affaire à un lac d'une profondeur moyenne de 2 m en temps normal et de 3 m lors des crues

BASSIN DU MAZAFRAN



L'eau est presque stagnante de couleur jaune verdâtre.

II-3) Importance de l'oued.

L'oued Mazafran constitue la seule ressource en eau d'irrigation des terres agricoles de la mitidja, d'une part, d'autre part, il alimente la nappe d'eau qui à son tour sert à l'alimentation en eau potable des villes avoisinantes notamment Kolea et Alger.

En fin son importance est grande pour la station piscicole du Mazafran qui est chargée de produire des poissons de consommation et des alevins de repeuplement.

II-4) Climatologie

- climat.

Le bassin versant du Mazafran se caractérise par un climat chaud légèrement humide, et par une alternance de saison sèche et chaude aux mois de Juin - Septembre et une saison humide et fraîche aux mois de Septembre - Mai. La température moyenne du mois le plus froid (Janvier) étant de l'ordre de 10°C.

- Pluviométrie

Le bassin du Mazafran reçoit annuellement une moyenne de 700 mm de pluie répartie sur un total de 96 jours. Les précipitations mensuelles se caractérisent par un maximum aux mois de Novembre - décembre et un minimum en Juillet - Aout.

Moyennes Mensuelles Des Temperatures

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Staoueli	maxima 15	16,5	17,5	20,6	23,7	27	30,3	31,7	28,5	25,8	17,5	15,8
	minima 5,0	6,2	7,9	9,3	11,6	15,5	18,3	18,9	17	13,2	9,3	6,9
	moyenne 10,5	11,2	12,9	15	17,7	21,3	24,6	25,3	22,8	18,5	13,5	14,4
	amplitude 5,5	5,3	5,6	11	12,1	13,8	12,3	12,8	11,5	15,3	14,2	8,9
Dousmail	maxima 15,7	16,5	17,7	19,2	22,1	25,2	29	27,4	23,7	19,2	23,7	16,8
	minima 8,3	8,7	9,7	10,8	12,1	15,4	19,4	18,3	15,1	11,9	15,1	9,3
	moyenne 12	12,6	13,7	15,2	17,9	20,3	24,2	22,9	19,4	16,8	19,4	13,1
	amplitude 7,4	7,8	8,0	8,4	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Precipitations Mensuelles

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Staoueli	m/m 102	72	64	58	43	12	3	4	34	71	123	128
	nbre de jours 13	13	11	8	7	3	1	1	5	9	15	14
Dousmail	m/m 93	59	54	38	50	11	1	3	31	61	121	106
	nbre de jours 12	11	12	9	6	4	1	1	6	6	13	15

Frequences et directions des vents

les vents peuvent être un facteur très important dans le processus d'auto-epuration, par effet de brassage et la dissolution de l'oxygene dans l'eau. Par reference aux statistiques de Bou-Jsmail et Staoueli, l'illustration de la frequence des directions des vents degage quatre directions principales Est-Nord et Nord-Ouest. Pendant la periode seche la frequence est Est EST-NORD-EST, tandis que les vents dominants de la periode humide ont des directions preferentielles Ouest et nord occasionnant des tempetes.

II-5) Sources de pollution de l'oued

lors de cas de pollution evidente, il y a en general 3 accusations en hypothese:

- la pollution par l'agriculture
- la pollution par l'unites industrielles
- la pollution des eaux usees domestiques
- unites agricoles

Dans le perimetre du bassin hydrographique de l'oued, 99 unites agricoles sont recenees. les unites utilisent pour augmenter leur rendement des engrais artificiels (à base de nitrates, de phosphates ou de potassium)

Les eaux superficielles sont contaminees lors des chutes de pluies importantes par le phenomene de ruissellement et de lessivage des vers les oueds limitrophes.

Les engrais azotes peuvent, si leur concentration s'eleve, constituer un danger pour l'homme.

- Les unités industrielles

De par l'importance de leurs effluents, ce sont les bases centrale logistique, l'office national des aliments de bétail, et l'unité de la société algérienne des transformations industrielles de Kolea qui causent le plus d'inquiétude.

Toutefois, les unités textiles sont aussi à contrôler compte tenu de leur nombre élevé dans la zone; ces eaux usées industrielles sont déversées par le biais de canalisation indirectement dans l'oued recevant les eaux usées de la ville.

- Agglomérations urbaines

les eaux usées urbaines en période d'été sont très chargées car ces eaux ne sont pas déversées dans un récepteur aqueux susceptible de les diluer et ainsi enclencher un processus d'auto-épuration

BLIDA, BOUFARIK, BENI MERAD, ATTATBA, MOUZAIA et KOLEA sont les villes à haut risque pendant la période d'étiage.

II-6) Nappes

La présence de la nappe dans la basse plaine du Mazafran est due à plusieurs facteurs :

- débordement de l'oued Mazafran
- Ruissellement
- la pluviosité et la mauvaise infiltration

Source d'alimentation.

les jaugeages effectués indiquent que 40% du débit de base des montagnes s'infiltrer dans la plaine et contribue à la réalimentation de la nappe

III SOURCES D'AZOTE ET DE PHOSPHORE

III-1) Sources d'azote (10)

A l'état naturel, la majeure partie de l'azote se trouve à l'état libre, qui est le principal constituant de l'air.

L'azote fait partie des composés organiques complexes, les protéines qui existent dans tous les organismes vivants. Les transformations que subissent les protéines dans les cellules des végétaux et animaux constituent la base de leur activité vitale.

L'azote est un constituant des protéines et joue un rôle important dans la nature vivante.

Nous pouvons citer plusieurs sources d'azote dans les eaux

- la fixation par les algues de l'azote atmosphérique; Elle se produit surtout pendant la période estivale. la fixation peut donc avoir une contribution significative vis à vis du bilan global en azote d'une réserve.

- les eaux de pluie

les eaux de pluie véhiculent diverses formes de substances azotées

en zone rurale, l'ammoniac présent au dessus des sols fertilisés est dissous et entraîné dans les eaux de ruissellement et d'infiltration

en zone urbaine les oxydes d'azote sont entraînés dans les ruissellements

- les eaux usées urbaines

la concentration en azote des eaux urbaines varie entre 30 et 100 mg/lP, l'essentiel est constitué d'azote ammoniacal (60%)

d'azote organique (40%) et moins de 1% d'azote nitrique et nitreux

- les eaux résiduaires industrielles

les quantités de produits azotés rejetés par les eaux résiduaires industrielles varient d'une industrie à l'autre. les rejets les plus importants concernent les secteurs suivants : engrais, papier produits chimiques, textiles, fabrications agro-alimentaires.

exemple : l'industrie des engrais chimiques

les effluents de ces industries contiennent une gamme relativement peu étendue des produits azotés essentiellement sous forme de nitrate et d'ammoniac. Ces eaux usées ont des teneurs en azote très variable due quelque fois au recyclage de l'eau de lavage des condensats.

- les engrais chimiques et les fertilisants naturels :

la culture intensive nécessite des apports extérieurs des fertilisants à base d'azote. Une culture de blé, orge etc... donnant 50q/ha exporte 135 kg d'azote/ha.

III.2) Sources de phosphore : ⁽¹⁴⁾

Le phosphore apparaît dans la nature presque exclusivement sous forme de phosphates, c'est à dire à l'état complètement oxydé.

les phosphates à l'état oxydé dissous dans les eaux naturelles

proviennent de la désagrégation naturelle et de la dissolution des

minerais de phosphates, de l'érosion du sol de la fertilisation

et du transfert biologique (processus d'assimilation et de

déssimilation qui incluent le phosphore en agriculture etc...) et de

l'utilisation des composés de phosphates solubles dans la fabrication

IV PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES:

IV - 1) Proprietes physico-chimiques de l'azote. (6), (6), (7)

L'azote appartient à la colonne VA du tableau périodique

Sa structure électronique est $1s^2, 2s^2, 2p^3$.

L'azote peut se présenter sous diverses formes et a des degrés d'oxydation variable.

Forme de l'azote	Formule chimique	Degré d'oxydation	exemple
azote organique	$\begin{array}{c} \text{---} \text{N} \text{---} \\ \end{array}$	- III	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \text{---} \text{C} \text{---} \text{NH}_2 \\ \\ \text{O} \end{array}$ urée
azote ammoniacal	NH_3 NH_4	- III	$\text{NH}_4^+ \text{Cl}^-$ chlorure d'ammonium
azote moléculaire	N_2	0	
azote des nitrites	NO_2^-	+ III	$\text{Na}^+ \text{NO}_2^-$ nitrite de sodium
azote des nitrates	NO_3^-	+ V	$\text{K}^+ \text{NO}_3^-$ nitrate de potassium

L'azote est un gaz incolore, inodore, à peine moins lourd que l'air (masse volumique : 1,25 g/l), très peu soluble dans l'eau.

Les procédés de modifications physico-chimiques ou biochimiques naturels, les produits azotés, sont régis spécialement par l'oxydation et la réduction; chimiquement les formes de l'azote tendent toutes à se transformer plus ou moins rapidement en nitrates, puisque ceux-ci correspondent au degré d'oxydation et donc à la grande stabilité.

Azote organique

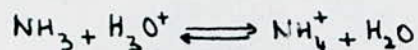
Il provient d'une part, de la décomposition des végétaux, des animaux

ou de leurs métabolismes (acides aminés, protéines, urée etc...) et d'autre part d'une foule de produits organiques azotés synthétiques. Ces dérivés organiques azotés naturels sont dégradés par les microorganismes et transformés en azote ammoniacal avant d'être oxydé.

Azote ammoniacal

Avec l'hydrogène l'azote forme plusieurs composés, le plus important est l'ammoniac qui est un composé gazeux incolore à odeur caractéristique très piquante.

La molécule d'ammoniac possède un doublet électronique libre; avec l'ion H^+ , elle forme l'ion ammonium



NH_3 donne des complexes avec divers ions, spécialement, avec Cu^{2+} , CO^{2-} , Ni^{2+} , Fe^{3+} ...

Nitrites

Ils résultent, soit de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses, soit de la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes.

Les nitrites forment des cristaux facilement solubles dans l'eau.

Le degré d'oxydation de l'azote dans l'acide nitreux est égal à +3. C'est donc une valeur intermédiaire, et par suite il doit présenter des propriétés aussi bien oxydantes que réductrices.

L'ion nitrite NO_2^- peut être représenté par une combinaison de deux structures de résonance, courbées dont l'angle au sommet est égal à 132° ; ce cation extrêmement réactif est très instable.

C'est une forme très fugace de l'azote

Nitrates

les nitrates jouent un rôle important dans le cycle de l'azote. Ils sont le produit final de l'oxydation des dérivés azotés.



L'ion nitrate, NO_3^- , est extrêmement stable, et très légèrement oxydant. Dans l'organisme, il ne peut être transformé en nitrites que par une enzyme, la nitrate réductase, qui est présente dans certaines bactéries de la flore buccale.

Les nitrates constituent une source d'oxygène pour les bactéries dénitrifiantes quand le milieu est pauvre en oxygène.

IV - 2) Propriétés physico-chimiques du phosphore. (7), (14)

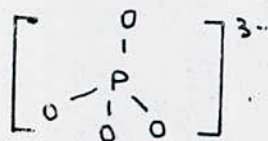
Le phosphore est un élément assez réparti dans la nature; sa teneur dans l'écorce terrestre est d'environ 0,1% en masse. Le phosphore a 5 électrons périphériques.

C'est au degré d'oxydation $+\text{V}$ qu'il se trouve à l'état naturel surtout sous forme de phosphates.

Phosphates inorganiques

Les orthophosphates sont les sels de l'acide phosphorique H_3PO_4 .

Le radical orthophosphate, PO_4^{3-} est tétraédrique.



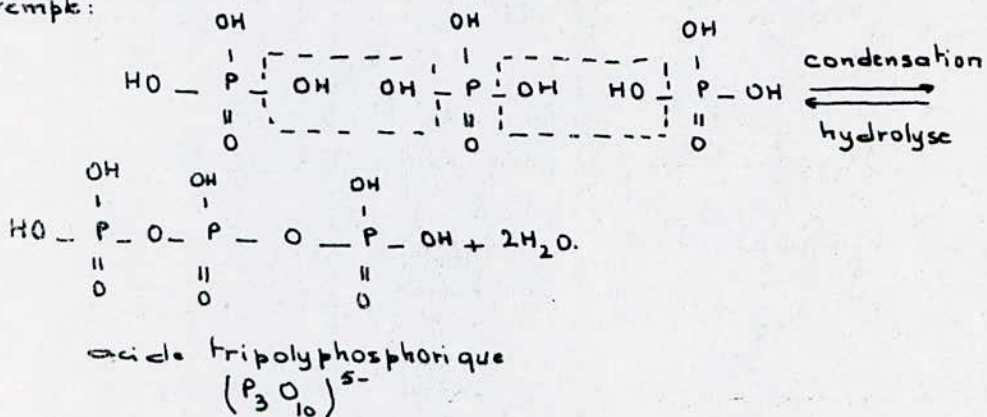
Les orthophosphates sont bien solubles, en particulier les orthophosphates acides (ou hydrogènes) comme Na_2HPO_4 .

Par contre les orthophosphates alcalino-terreux sont peu solubles, comme $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Cette structure ortho-tend à se polymeriser avec formation de polyphosphates. lineaires ou cycliques.

Ces polymeres sont obtenus par condensation, c'est à dire élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'acides phosphoriques.

Exempt:



Cependant, en solution les phosphates condensés se rehydratent et se convertissent en orthophosphates. Cette hydrolyse est la réaction inverse de la condensation. Elle est accélérée par l'augmentation de température, la présence d'acide et par les bactéries. Ainsi, les polyphosphates qui avaient sequestré des ions Ca ou Mg précipitent alors sous forme d'orthophosphates

Phosphates organiques

Ils proviennent des debris vegetaux, animaux microbiens. Non assimilable sous cette forme, il est mineralisé par la microflore et rendu alors assimilable.

les phosphates forment des complexes avec un certain nombre d'ions métalliques. Le degré de complexation entre divers phosphates et d'ions métalliques dans les eaux naturelles dependra des

concentrations relatives de phosphates et d'ions métalliques, du pH et de la présence d'autres coördinats (sulfites, carbonates...)

IV-3) Transport et transformation dans l'environnement. (13); (11)

Cycle de l'azote

les plantes vertes exigent de l'azote pour satisfaire à leurs synthèses protéiques. Les composés azotés organiques, animaux ou végétaux libérés à la mort de ces organismes subissent une décomposition microbienne avec formation d'ammoniac. c'est l'ammonification.

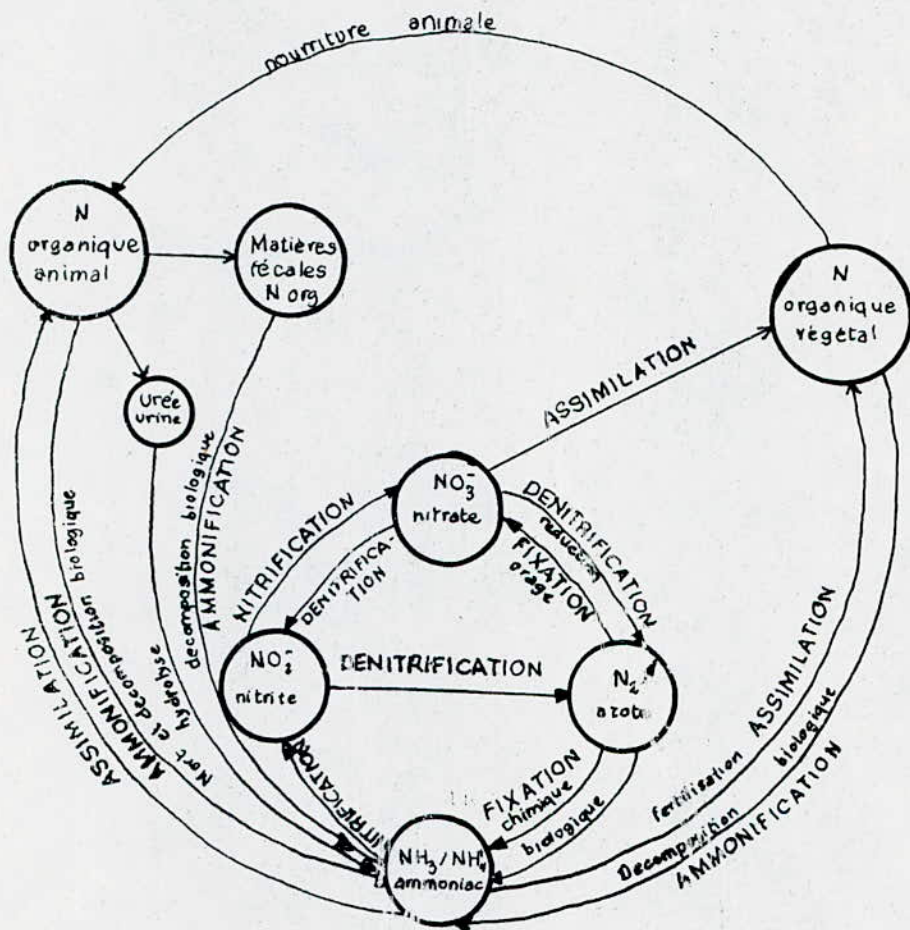
l'ammoniac est lui même converti en nitrites grâce à l'action de nouveaux microorganismes ; cette nouvelle phase est la nitrification

a) Assimilation de l'azote

L'azote assimilé par les plantes vertes a pour origine principale, l'activité microbienne; il provient accessoirement des engrais chimiques. Dans les deux cas, il est apporté sous forme de nitrates et d'azote moléculaire

b) Ammonification.

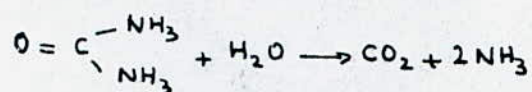
Le processus d'ammonification est double ; D'une part, les composés azotés organiques d'origine végétale ou animale libérés à la mort de ces organismes sont immédiatement décomposés, en ammoniac par les microorganismes ; D'autre part les animaux excrètent au cours de leur vie une quantité non négligeable de composés azotés : ammoniaque chez les vertébrés acide urique et urée chez les invertébrés ; La encore, de nombreux groupes de microorganismes sont capables de dégrader totalement ces constituants



CYCLE DE L'AZOTE

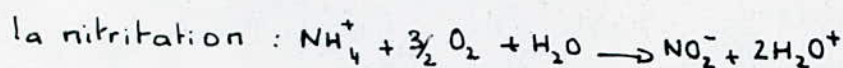
Exemple.

L'urée est hydrolysée en ammoniac et en anhydride carbonique selon la réaction



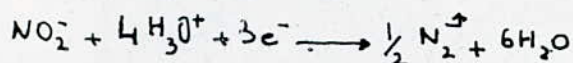
c) Nitrification

C'est la conversion de l'ammoniac en nitrates. Elle restitue aux plantes cet élément azoté minéral directement assimilable. La transformation s'effectue en deux étapes grâce aux bactéries nitrifiantes; les nitrosomonas qui oxydent l'ammoniac en nitrites puis les nitrobacter qui oxydent les nitrites en nitrates.



d) Denitrification

Le cycle de l'azote connaît enfin une autre étape importante secondaire; les agents dénitrification, c'est à dire la réduction des nitrates en azote gazeux. Les agents directement impliqués dans cette transformation sont, soit des microorganismes spécialisés comme Thiobacillus denitrificans ou micrococcus denitrificans, soit des bactéries appartenant à des genres communs, Pseudomonas, Acromobacter et certaines enterobacteries. Elle se produit en deux grandes étapes, le composé intermédiaire stable étant l'azote nitreux



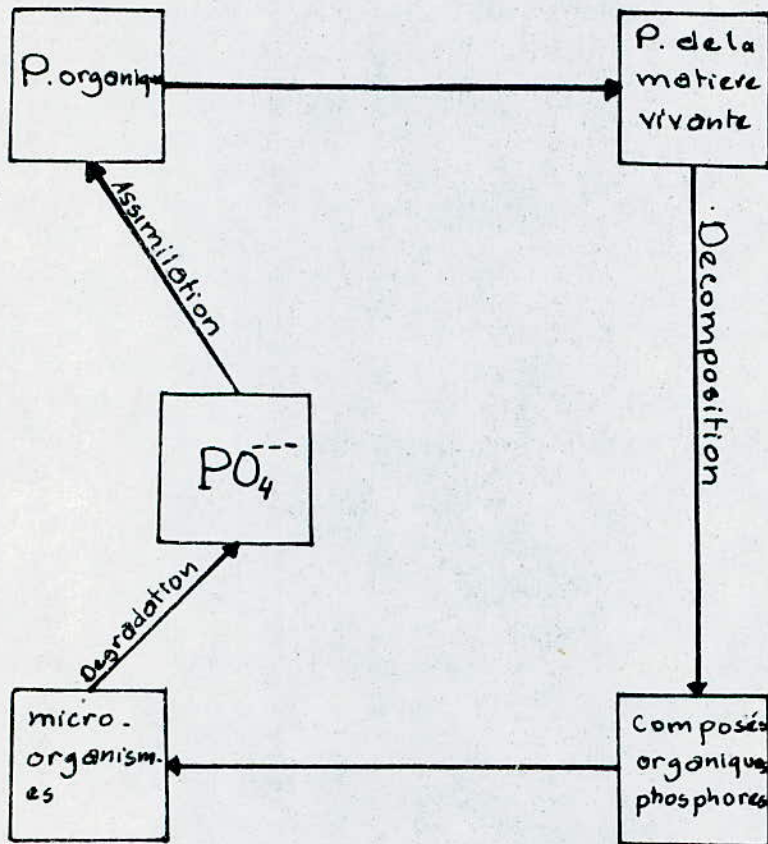
Cycle du phosphore

Très répandu dans la matière organique, le phosphore est le constituant essentiel du protoplasme entrant dans la composition des molécules phosphorylées (acides nucléiques, nucléotides, ATP...); un phénomène bien connu du phosphore est sa fixation dans le sol sous une forme non assimilable par les plantes. Cette fixation se fait sous forme de dérivés insolubles. En milieu acide, il se forme de phosphate de fer, d'aluminium et manganèse insolubles; Cependant l'humus forme des complexes avec l'aluminium et le fer et les rend inoffensifs.

Le phosphore minéral est un élément relativement rare dans la biosphère; les plus grands réservoirs de phosphore sont les roches de type apatite (phosphate tricalcique)

Dans un écosystème terrestre, un cycle s'établit entre le phosphore organique et le phosphore minéral qui fonctionne d'une manière satisfaisante. Une partie du phosphore est introduite dans les écosystèmes aquatiques par les eaux de ruissellement et se trouve à l'origine du cycle du phosphore dans les océans.

Une fraction importante du phosphore de la biosphère est perdue à ce niveau, la sédimentation des organismes marins en décomposition dans les grands fonds empêche le recyclage du phosphore qu'elles renferment. Les apports à partir des roches sédimentaires ne peuvent pas compenser ces pertes. De ce fait, le phosphore est le principal facteur limitant pour les organismes autotrophes



CYCLE DU PHOSPHORE

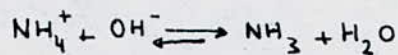
V EFFETS DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE

V-1) Effets de l'azote : (5); (7); (15)

En présence de phosphates, les nitrates induisent une croissance exagérée de la végétation, la décomposition de cette végétation surabondante entraîne la formation d'ammoniac. La faune et la flore ne résistent pas longtemps dans ces conditions. Ce phénomène est appelé Eutrophisation.

- Toxicité pour les poissons

Sous l'effet de l'élévation du pH, causée par l'eutrophisation du milieu, l'équilibre



se déplace vers la forme NH_3 (ammoniac) particulièrement toxique; D'autre part la chloration d'un effluent chargé en NH_4^+ (ion ammonium) engendre des chloramines (NH_2Cl , NHCl_2 , NCl_3) qui sont difficilement éliminés et toxiques à des concentrations très faibles. Enfin les nitrites et l'azote gazeux ont également un effet toxique pour les poissons.

- Toxicité pour l'homme

Les nitrates suscitent une inquiétude croissante du fait de leur accumulation dans l'environnement et de plus ils constituent le premier maillon d'une chaîne de transformations biologiques et chimiques qui aboutissent à la formation de composés toxiques pour notre organisme.

Notre alimentation quotidienne contient effectivement des quantités croissantes de nitrates et des microorganismes présents

(nitrites) dans notre salive transformant ces nitrates en composés toxiques et même tels à haute dose, pour le sang. Ces mêmes nitrites peuvent réagir avec divers composés présents dans notre organisme ou dans notre alimentation et former des nitrosamines dont le pouvoir cancérogène est très connu.

V.2) Effets du phosphore sur la Faune et la Flore (14), (15)

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs les grosses canalisations et les eaux des lacs et les cours d'eau lents, où ils contribuent à l'eutrophisation, phénomène évolutif au cours duquel le milieu s'enrichit en matières nutritives d'une manière excessive, et par voie de conséquence, en organismes vivants et en matières organiques diverses. Il en résulte une véritable dégradation, qui peut devenir irréversible.

- l'accroissement de la biomasse, notamment du plancton, accompagné d'une modification profonde de la faune, tant en qualité qu'en quantité, cela peut aller jusqu'à l'élimination de certaines espèces, les espèces nobles disparaissent alors, au profit d'autres, indésirables.

- la modification des caractéristiques, physico-chimiques du milieu.

VI AUTO-EPURATION

V-1) Generalités. (13); (7); (12), (11)

Le deversement d'eaux résiduaires dans une rivière, provoque des réactions qu'on réunit sous l'appellation d'auto épuration. Il s'agit essentiellement de nature biologique dans lesquels les matières organiques déversées sont dégradées et rendues inoffensives avec la participation d'organismes animaux et végétaux et notamment de microorganismes. La vitesse avec laquelle s'effectuent ces processus dépend d'un grand nombre de facteurs et varie d'un cours à l'autre.

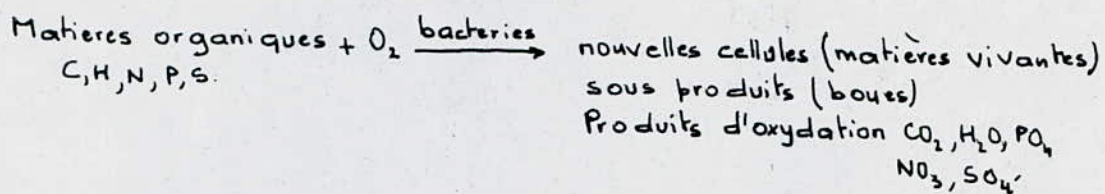
La dégradation biologique des matières organiques est réalisée principalement par des bactéries hétérotrophes qui à leur tour forment la nourriture d'animaux supérieurs, en particulier des protozoaires. Dans la chaîne des organismes qui réalisent l'auto-épuration de l'eau, les protozoaires (ainsi que les microorganismes végétaux) sont absorbés par de nombreux autres organismes aquatiques (petits crustacés, vers, larves d'insectes etc...) qui à leur tour servent de nourritures aux poissons.

Les processus de dégradation peuvent s'effectuer en milieu aérobie c'est à dire en présence et avec la participation de l'oxygène dissous celui-ci est prélevé dans l'atmosphère par échange gazeux, mais il est produit généralement, sous l'action de la lumière, par les algues et les végétaux aquatiques supérieurs.

L'effet final de la décomposition aérobie consiste donc essentiellement en une oxydation des matières organiques. Les principaux produits

Finiaux du métabolisme sont l'acide carbonique et l'eau.

Il y a donc consommation d'oxygène et minéralisation des substances organiques sans nuisances.



Si par contre, il n'y a pas d'oxygène en quantité suffisante, il peut se produire une putréfaction ou une fermentation. Dans ce cas, la dégradation se fait en milieu anaérobie avec accompagnement de phénomènes secondaires non admissibles dans les cours d'eau

Formation de CH_4 , CO_2 , H_2S etc..

VI.2) - Facteurs influençant le phénomène d'auto-épuration

L'auto-épuration est un phénomène limité par plusieurs facteurs

a) pH

La catalyse enzymatique ne se fait que dans d'étroites limites de pH généralement neutre 6,5 et 8,5

b) Teneur en oxygène dissous

Elle conditionne le mécanisme et la vitesse de l'épuration. Les eaux turbulentes ont des facultés d'auto-épuration supérieures à celles des eaux stagnantes car ils ont une plus forte capacité d'oxygénation

c) Température

Une élévation de température diminue la solubilité de l'oxygène, mais accélère les réactions d'oxydation, les rend plus complètes et, enfin de compte est plutôt favorable à l'auto-épuration (jusqu'à une certaine limite...)

d) Microorganismes

Le pouvoir d'épuration s'accroît rapidement dans les eaux polluées, grâce à la prolifération d'organismes variés et accoutumés à cette pollution

Il y a auto-sélection par adaptation au milieu.

e) Biodegradabilité.

les microorganismes ne s'attaquent qu'aux matières biodegradables. Lorsque les substances sont peu biodegradables, les bactéries doivent s'y acclimater et la dégradation ne commence qu'au bout de plusieurs jours.

f) Elements nutritifs et substances toxiques

les bactéries doivent trouver dans le milieu suffisamment de matières alimentaires

De sels nutritifs (azote, phosphore), la présence d'acide, les substances toxiques minérales ou organiques peut inhiber totalement leur action

VI - 3) Description du modèle d'auto-épuration⁽¹⁰⁾

le but des modèles est de mettre en évidence les rôles respectifs de la dégradation des matières organiques et de la nitrification en tant que consommateur d'oxygène en rivière, ce qui peut aider à l'interprétation des résultats de mesure en rivière

Il a pour but également de déterminer les valeurs limites de Flux Polluants, à ne pas excéder, pour respecter les concentrations limites en oxygène et ammonium

le modèle décrit ici est dérivé du modèle de STREETER-PHELPS

Auquel a été ajouté un terme de consommation d'oxygène dû à la nitrification.

la consommation d'oxygène par oxydation des matières organiques la cinétique d'oxydation des matières organiques en rivière, par voie biologique, suit une cinétique d'ordre 1, c'est à dire:

$$\frac{dS}{dt} = -K_B \cdot S \quad (1)$$

ou

S : concentration des matières organiques biodégradables mesurée par la DBO ultime carbonée, en mg/l au temps t.

K_B : constante de vitesse de biodégradation des matières organiques en y^{-1} ; Il existe aussi d'autres causes des disparitions des matières organiques (Sédimentation par exemple) d'où on définit la cinétique de disparition globale

$$\frac{dS}{dt} = -K_R \cdot S \quad (2)$$

K_R : constante de vitesse de disparition globale des matières organiques en y^{-1}

soit par intégration

$$S = S_0 \cdot e^{-K_R \cdot t} \quad (3)$$

S_0 : concentration initiale des matières organiques biodégradables mesurée par la D.B.O ultime carbonée, en mg/l à $t=0$

le déficit en oxygène

$$\frac{dD}{dt} = K_B \cdot S \quad (4)$$

D : déficit en oxygène (différence entre concentration en oxygène à la saturation, à la température de l'eau considérée

Et la concentration présente au temps t)

La consommation d'oxygène due à la nitrification s'écrit donc

$$\frac{dD}{dt} = 3,37 \cdot K_N [NH_4^+] \quad (5)$$

K_N : constante de vitesse de la nitrification en y^{-1}

Le coefficient 3,37 mg d'oxygène (1 mg NH_4 nécessite 4,3 mg de O_2)

la disparition de NH_4^+ s'exprime quant à elle par

$$\frac{d[NH_4^+]}{dt} = -K_{NR} [NH_4^+] \quad (6)$$

K_{NR} : constante de disparition de l'ammonium en y^{-1}

ce qui donne après intégration

$$[NH_4^+] = [NH_4^+]_0 \cdot e^{-K_{NR}t} \quad (7)$$

$$\text{ou } N = N_0 e^{-K_{NR}t} \quad (8)$$

Reaération

On admet que le transfert d'oxygène entre l'air suit la loi de Fick, c'est à dire que la vitesse de transfert d'oxygène de l'air dans l'eau est proportionnelle au déficit par rapport à la saturation

$$\frac{dD}{dt} = -k_0 D \quad (9)$$

k_0 : constante de vitesse de reaération en y^{-1}

Equation générale

la variation du déficit en oxygène en fonction du temps, à l'intérieur de la masse d'eau considérée, qui s'écoule d'amont en aval s'écrit

$$\frac{dD}{dt} = k_0 \cdot S + 4,3 K_N \cdot N_1 - k_0 D \quad (10)$$

En remplaçant S et NH_4^+ d'après les (3) et (8), on obtient

$$\frac{dD}{dt} = K_B \cdot S_0 e^{-K_R t} + 4,3 K_N N_0 e^{-K_{NR} t} - K_0 D$$

d'où le deficit apres integration

$$D = \frac{K_B \cdot S_0}{K_0 - K_R} (e^{-K_R t} - e^{-K_0 t}) + \frac{4,3 K_N N_0}{K_0 - K_{NR}} (e^{-K_{NR} t} - e^{-K_0 t}) + D_0 e^{-K_0 t} \quad (11)$$

D_0 est le deficit initial en oxygène en mg/lP

Temps critique

le temps critique, c'est le temps de sejour auquel la concentration en oxygene est la plus basse

Il est determine en posant

$$\frac{dD}{dt} = 0 \text{ c'est à dire qu'il correspond}$$

au deficit maximum.

I PRELEVEMENT

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

I-1) Echantillonnage. (3), (4), (8)

Pour la détermination des paramètres de pollution, nous avons jugé utile d'effectuer un échantillonnage intégré:

Pour chaque station, on a mélangé les échantillons périodiques (toutes les deux heures), pour former un échantillon moyen.

I-2) Lieu de prélèvement.

On a choisi six (06) stations réparties le long de la partie aval de l'oued dans le sens normal d'écoulement en respectant pour chaque station la condition du bon mélange des pollutions.

S_1 : est située à environ 4400m de l'embouchure

S_2 : est située à environ 3500m de l'embouchure

S_3 est située à environ 2630m de l'embouchure

S_4 est située à environ 1780m de l'embouchure

S_5 est située à environ 1060m de l'embouchure

S_6 est située à environ 200m de l'embouchure

I-3) Mode de prélèvement

On a procédé à un prélèvement manuel à cause du manque des moyens adéquats.

Les prélèvements ont été faits dans des bouteilles en P.V.C, de capacité 0,75 à 1 litre, après rinçage répété

Les échantillons ont été réfrigérés dans une glacière à 4°C durant le transport, l'évolution des paramètres de pollution durant le transport (2 à 3 heures) n'est pas très significative. Nous n'avons pas utilisé également le conditionnement chimique suite des difficultés de transport. Cependant, pour éviter l'évolution importante des caractères chimiques ou biologiques de l'échantillon nous avons effectué immédiatement dès l'arrivée au laboratoire, l'analyse de certains paramètres évolutifs dans le temps: Ph, D.C.O, D.B.O, O.D.

PRINCIPES D'ANALYSE

II - 1) Paramètres physico-chimiques (7); (1); (2); (15), (10); (5)

- pH

Les variations de pH permettent de traduire les résultats des phénomènes chimiques qui ont lieu dans le cours d'eau

Le pH optimal pour l'activité bactérienne se situe entre 6,5 et 8,5. " Par exemple pour les bactéries nitrifiantes, le pH optimal se situe entre 7,8 et 8,9 "

Les variations du pH de cet intervalle peuvent avoir des effets très néfastes sur les bactéries et par suite sur le rendement d'auto-épuration

Les mesures ont été faites au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre

- Temperature

C'est une caractéristique physique importante qui a une influence sur l'activité biologique

Les variations importantes de température affectent tous les processus biologiques où la température optimale pour l'activité se situe entre 25 et 30°C.

Les mesures ont été faites sur le terrain.

Conductivité

La conductivité électrique de l'eau est la conductance d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une

d'une eau et sa conductivité, la mesure de conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. La mesure de la conductivité a été faite à l'aide d'un conductimètre.

Alcalinité

Bien que n'affectant pas directement le taux de croissance des bactéries nitrifiantes, l'alcalinité est étroitement liée à la nitrification autotrophe.

En effet, les ions bicarbonates sont consommés de deux manières :

- Tout d'abord, pour la synthèse des bactéries nitrifiantes
- par neutralisation des protons produits pendant la nitrification; Elle est exprimée en mg/l de CaCO_3 .

Orthophosphates

En milieu acide et en présence du molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue, susceptible d'un dosage colorimétrique.

L'absorption de la couleur s'effectue à la longueur d'onde $\lambda = 608 \text{ nm}$.

Nitrites

La méthode de dosage repose sur la propriété qu'a l'acide nitreux de fournir avec une amine aromatique une réaction de diazotation.

La diazotation réagit avec une dérivée aromatique conduit à un colorant susceptible d'un dosage colorimétrique.

la méthode au réactif de Zambelli, adopté dans notre cas, suit le principe suivant.

L'acide sulfanilique " $\text{NH}_2 - \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle - \text{SO}_3\text{H}$ " en milieu chlorhydrique

En présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe

" $\text{SO}_3\text{H} - \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle - \text{N}=\text{N} - \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle - \text{OH}$ " de couleur jaune, dont l'absorption s'effectue à la longueur d'onde $\lambda = 435 \text{ nm}$

Nitrates

La nitration d'un composé phénolé en milieu anhydre donne des produits nitreux qui sont, en milieu alcalin, de coloration jaune. La méthode au salicylate de sodium adoptée lors de notre étude suit le principe suivant.

En présence de salicylate de sodium, les ions NO_3^- donnent du paranitrosalicylate coloré en jaune dont l'absorption s'effectue à la longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$

Azote total selon Kjeldhal ou N.T.K

Pour la détermination de l'azote réduit la méthode Kjeldhal est utilisée, elle permet de ne doser que les composés non oxydés de l'azote.

La méthode de Kjeldhal consiste en une minéralisation de matière, en milieu acide sulfurique concentré à chaud en présence d'un catalyseur, suivi, en milieu alcalin d'une distillation de l'azote ammoniacal obtenu.

L'azote organique est égale à l'azote déterminé par la

La méthode Kjeldhal mesure l'azote ammoniacal

Azote ammoniacal

Les eaux naturelles ou usées contiennent toujours de l'azote ammoniacal produit normal de la biodegradation de l'azote organique.

Pour la détermination de l'ion NH_4^+ , on a utilisé une méthode volumétrique

Elle consiste à distiller l'échantillon, en présence de carbonates de sodium, dans une solution d'acide borique avec comme indicateur le réactif de Tashiro.

II. 2) Paramètres biologiques.

Oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable; l'oxygène permet de maintenir plusieurs des qualités de l'eau, il est essentiel pour la survie de nombreux organismes aquatiques

La teneur en oxygène dissous décide du mécanisme et donc de la vitesse de l'épuration.

Si l'on enregistre le profil en oxygène d'un cours d'eau à l'aval d'un point de pollution on obtient généralement une courbe prenant une allure caractéristique dite "courbe en sac"

La courbe de la teneur en oxygène dissous résulte de l'action antagoniste de deux phénomènes principaux: la décomposition de la matière organique, et la

recrétation par échange eau-atmosphère.

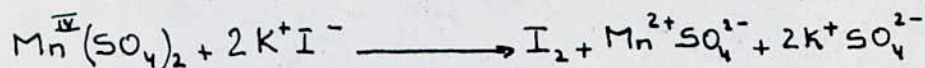
Mesure de l'oxygène dissous

Le dosage de l'oxygène dissous a été fait suivant la méthode de WINKLER; cette méthode d'oxydo-réduction comporte trois étapes:

- oxydation de l'hydroxyde manganéux, en milieu basique par l'oxygène dissous



- Réduction de l'hydroxyde de Mn^{IV} formé par l'iodure de Potassium KI, en milieu acide et libération d'iode



- Dosage de l'iode libéré par le thiosulfate de sodium, de normalité connue, en présence d'amidon



Demande chimique en oxygène (D.C.O).

Certaines eaux usées ont un effet dépressif sur le bilan en oxygène des cours d'eau récepteurs, indépendamment de tout processus biologique, en raison de la présence de substances chimiques, réductrices telles que sulfites, sel ferreux

La consommation d'oxygène due à ces substances peut être rapide et on définit ainsi la demande chimique en oxygène

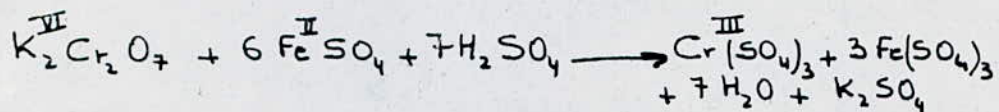
qui est une mesure de toutes les matières organiques contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non biodégradables.

Mesure de la D.C.O

La D.C.O est obtenue après oxydation dans des conditions énergiques par voie chimique

L'échantillon est porté à reflux pendant deux heures, en milieu sulfurique concentré et en présence de bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ (l'oxydant); une fois la réaction terminée, on dose le bichromate de potassium résiduel par addition du sulfate ferreux, sous forme de sulfate de fer et d'ammonium de normalité connue.

Voici la réaction d'oxydo-réduction.



L'indicateur utilisé est la Ferroïne. Elle vire du bleu vert au brun rouge en présence du Fer Ferreux, c'est à dire à la fin du dosage.

la D.C.O est exprimée en mg/L d'oxygène.

Oxydabilité au permanganate de Potassium.

Avant de déterminer la D.B.O₅, il est souhaitable de faire une analyse de l'oxydabilité au permanganate, cette mesure nous permet dans la plupart des cas une estimation de la D.B.O₅ et nous permet ainsi de réduire considérablement la dépense analytique; de plus cette mesure nous renseigne

sur la teneur en matières organiques qui sont à l'origine de la couleur et de mauvais goûts. Le principe de l'oxydabilité au permanganate est le suivant:

- l'oxydation est effectuée par le permanganate de potassium.

L'eau est portée à ébullition en présence d'une solution diluée de permanganate de potassium dont l'excès est dosé après 10 minutes exactement d'ébullition

les résultats sont exprimés en mg/PO_2 , soit en mg/PKMnO_4

$$(1 \text{ mg}/\text{PO}_2 = 3,05 \text{ mg}/\text{PKMnO}_4).$$

Demande biochimique en oxygène (D.B.O).

Les eaux usées peuvent être d'origine domestique, constituées essentiellement des excréments humains et des eaux de lavage (vaisselle - toilette...)

Elles peuvent aussi être d'origine industrielles et leur composition est alors plus diverse.

leur charge organique peut être mesurée à l'aide d'un test.

la demande biochimique d'oxygène en cinq jours ou D.B.O₅

Test D.B.O₅

La décomposition en aérobiose, par les microorganismes, des substances organiques contenues dans les eaux usées, est en quelque sorte une oxydation. Les microorganismes aérobies exigent pour cela une quantité d'oxygène proportionnelle à la charge organique. Tant qu'il y aura d'oxygène consommable, les microorganismes l'utiliseront

pour leur travail. de

degradation, la quantité d'oxygène exigée par eux est la D.B.O

Mesure de la D.B.O₅

Dans le cadre de nos analyses, on a utilisé la méthode de dilution. Elle consiste à diluer l'échantillon soumis à l'analyse avec une eau n'exerçant aucune demande d'oxygène et dont la concentration en oxygène est connue (eau de dilution), puis à le stocker durant cinq (05) jours dans un bain-marie à 20°C à l'obscurité. La teneur en oxygène est mesurée avant puis après stockage, la différence de ces deux mesures est la demande biochimique en oxygène.

la D.B.O est exprimée en mg/l d'oxygène

II-3) Mesures colorimétriques.

Pour une détermination colorimétrique, on dose l'élément à l'aide d'un de ses composés solubles et colorés, cette coloration est proportionnelle à la concentration de l'élément, ainsi que l'absorption d'une radiation monochromatique d'une longueur d'onde adéquate les phénomènes d'absorption obéissent à la loi de Lambert-Beer

$$E = \log \frac{I_0}{I} = K_{\lambda} \cdot c \cdot L$$

E: extinction.

I₀: Intensité de la radiation incidente

I: Intensité de la radiation après passage de la solution

k_{λ} : Coefficient d'extinction, dépendant de la solution colorée.

C : Concentration de la matière à déterminer.

L : longueur du chemin optique

Selon la loi, les extinctions sont proportionnelles à la concentration de la matière à déterminer.

la détermination du composé coloré inconnu se fait à l'aide d'une courbe d'étalonnage, c'est à dire une courbe qui donne les extinctions ou les transmissions ($T = \frac{I}{I_0}$) d'une série de solutions étalons en fonction de leurs concentrations. En mesurant l'extinction d'une solution inconnue (avec laquelle, on a fait les mêmes manipulations que pour les solutions étalons), on détermine sa concentration en employant cette courbe.

Construction de la courbe d'étalonnage.

Une courbe d'étalonnage permet d'établir une relation entre les indications lues sur un appareil de mesure et la valeur des quantités mesurées correspondantes.

Pour construire cette courbe d'étalonnage, on prépare un certain nombre d'échantillons pour lesquels, la quantité à mesurer, a des valeurs connues et à l'aide de l'appareil envisagé, on effectue des mesures, dans les mêmes conditions que celles à venir.

On porte alors sur un graphique des points, dont l'abscisse correspond à la valeur réelle de la quantité mesurée, et l'ordonnée à l'indication de l'appareil. L'ensemble de ces points

definit la courbe d'étalonnage.

II-4) Utilisation des méthodes statistiques.

Pour tracer les droites de corrélations des analyses colorimétriques ainsi que les droites de régression de certains paramètres tels que NO_3^- , NH_4^+ , DBO_5 en fonction du temps de séjour et profondeur, vitesse en fonction du débit le recours à la méthode des moindres carrés, s'avère nécessaire.

La méthode des moindres carrés consiste à déterminer les paramètres de la droite qui décrit le mieux la relation x et y , dont les valeurs sont déjà connues avec une certaine corrélation

$$y = ax + b.$$

avec

$$a = \frac{n \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot y \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$
$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \cdot y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

le coefficient de corrélation ρ est donné par

$$\rho = \sqrt{a_x \cdot a_y}$$

ou

$$a_x = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sum x_i^2}$$
$$a_y = \frac{\sum x_i \cdot y_i}{\sum y_i^2}$$

II-5) Determinations des caracteristiques hydrauliques: (5)

La connaissance des caracteristiques est très importante pour toute étude de pollution, car elles influencent tout processus biologique dans le cours d'eau.

Par faute de moyens (manque de moulinets), nous avons été contraint d'exploiter, les mesures de la station de jaugeage implantée au Mazafran par l'institut national des ressources en hydrauliques.

Pour cela, on a utilisé une méthode proposée par le Professeur ECKENFELDER dans "Gestion des eaux usées"

Elle consiste à établir les droites de corrélation. (fig: a)

$$\text{Log } H = f(\text{log } \Phi), \text{ et } \text{log } V = f(\text{log } \Phi).$$

H: profondeur en mètres

Φ : débit en mètres cube par seconde

V: vitesse en mètres par secondes.

Jaugeage du MAZAFRAN : source INRI

Date	H moy cm	Q moy m ³ /s	U moy m/s	Date	H moy cm	Q moy m ³ /cm	U moy m/s
28-08-85	12	0,098	0,171	03-10-84			
20-08-85	17	0,133	0,276	25-08-84			
13-08-85	14	0,242	0,339	10-09-84			
6-08-85	8	0,065	1,69	02-09-84			
23-07-85	8	0,131	0,406	28-08-84			
10-07-85	8	0,152	0,377				
02-07-85	10	0,238	0,355				
25-06-85	12	0,495	0,428				
11-06-85	23	1,096	0,471				
19-03-85	79	16,980	1,163				
12-03-85	262	84,750	1,331				
10-03-85	244	73,250	1,305				
12-02-85	195	47,750	1,073				
30-12-84	226	54,600	1,177				
18-12-84	24	0,650	0,585				
27-11-84	23	0,619	0,544				
06-11-84	22	0,624	0,607				
24-10-84	20	1,005	0,704				
16-10-84							

Caracteristiques hydrauliques

Station	Date	Profondeur m	Debit m ³ /s	Vitesse m/s
I	29.10.85	1,20	15,25	0,98
	01.12.85	1,50	21,50	1,02
II	29.10.85	1,80	28,46	1,07
	01.12.85	2,00	33,47	1,10
III	29.10.85	1,50	21,50	1,02
	01.12.85	1,80	28,46	1,07
IV	29.10.85	2,00	33,47	1,10
	01.12.85	2,10	36,08	1,11
V	29.10.85	1,90	30,93	1,08
	01.12.85	2,15	37,41	1,12
VI	29.10.85	2,10	36,08	1,11
	01.12.85	2,30	41,50	1,14

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

Fig : a

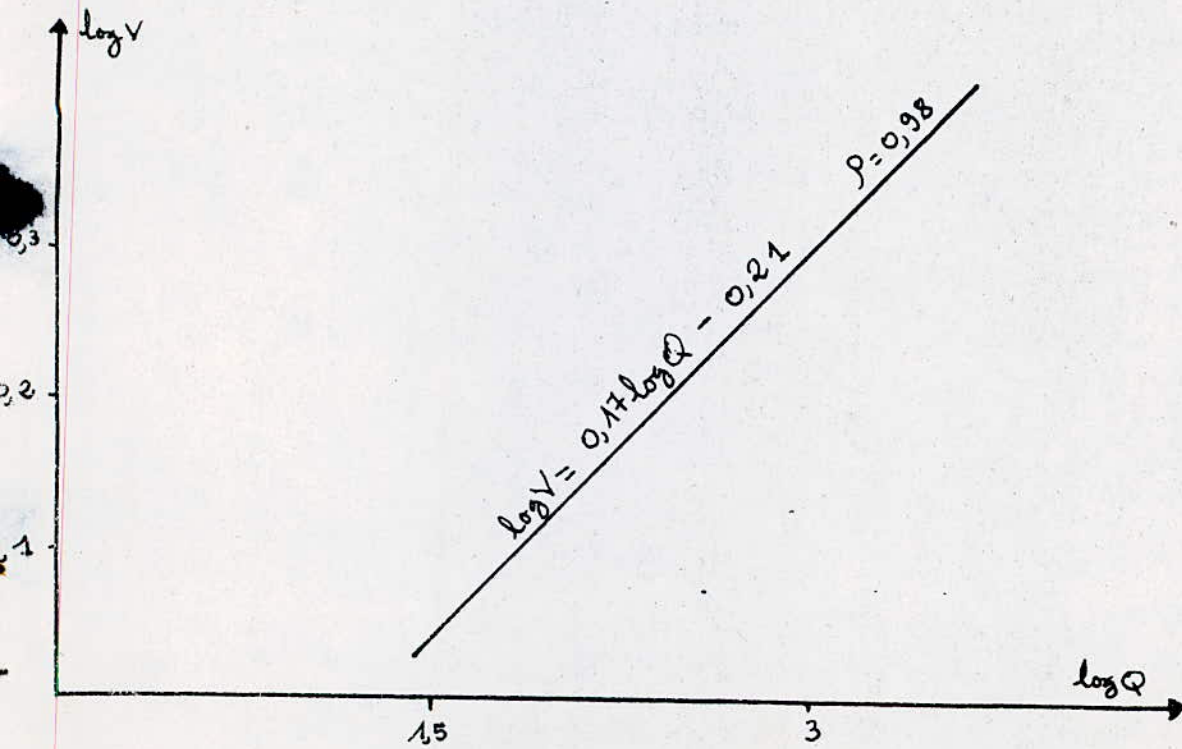
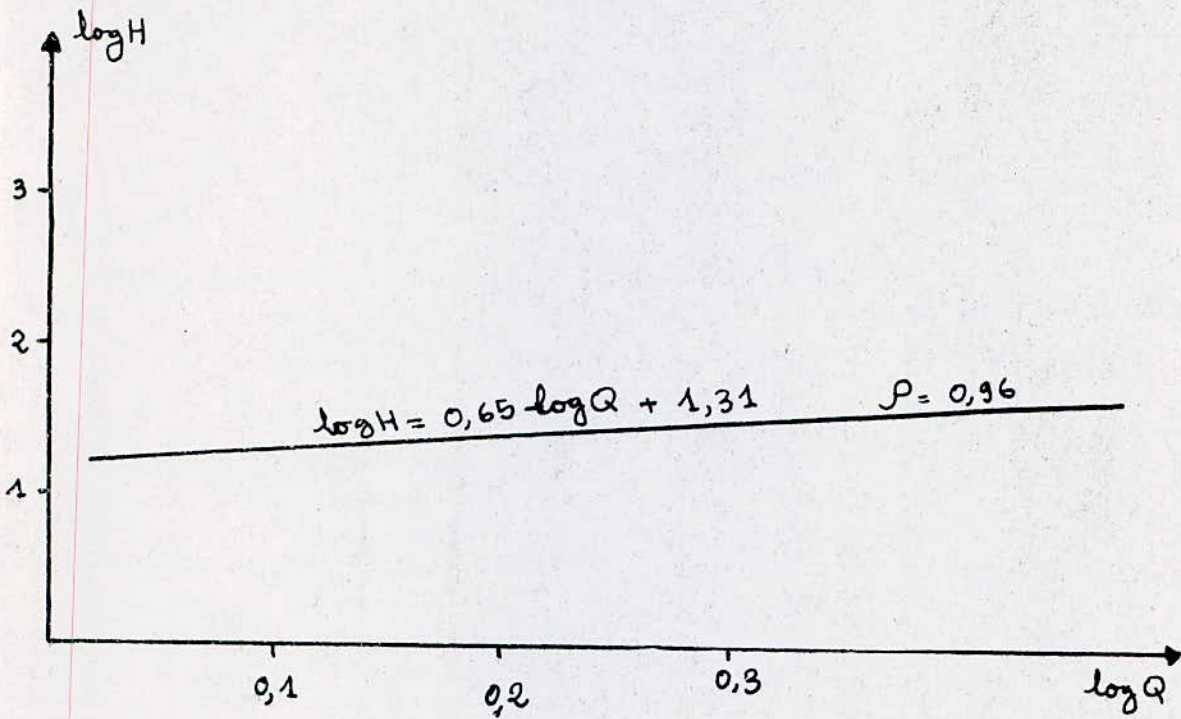


TABLEAU:1 Resultat d'analyse

Date de prelevement : 29 - 10 - 85						
Date d'analyse : 30 - 10 - 85						
stations parametres	I	II	III	IV	V	VI
Temperature °C	17,0	17,0	17,5	16,8	17,2	18,0
pH	7,95	7,80	7,85	8,20	8,45	8,55
Oxygene dissous mg/l	5,0	4,5	5,5	6,0	8,5	8,5
% de saturation	53,8	48,5	59,2	64,6	91,5	91,5
DCO mg/l	150	-	146	149	18	8,5
KMnO ₄ mg/l (a)	16,0	14,0	12,5	17,8	13	15
DBO ₅ mg/l	27	-	26	27	5	4
N.T.K mg/l	4	10	18	8	6	20
NH ₄ ⁺ mg/l	-	9,00	4,68	9,32	9,24	-
N. organique mg/l	-	1,00	13,32	4,68	2,76	-
NO ₂ ⁻ mg/l	0,17	0,48	2,55	4,29	4,00	4,50
NO ₃ ⁻ mg/l	5,11	9,00	8,38	12,44	16,25	25,16
PO ₄ ⁻ mg/l	21,00	16,60	10,83	4,93	2,93	9,23
Conductivite μ S/cm	-	2110	2310	2800	3800	9800
Alcalinite mg/l (CaCO ₃)	24	12	13	5	9	-

TABLEAU:2 Resultat d'analyse

Date de prelevement: 05 - 11 - 85						
Date d'analyse : 06 - 11 - 85						
Stations parametres	I	II	III	IV	V	VI
Temperature °C	19,5	19,2	19,0	17,5	18,0	17,0
PH	8,52	8,15	7,95	7,80	7,70	7,80
Oxygene dissous mg/l	9,6	6,1	6,3	3,6	3,3	1,5
% de saturation	92,1	58,5	60,4	34,5	33,6	25,3
DCC mg/l	460	496	-	428	504	176
KMnO ₄ mg/l	-	-	-	-	-	-
DBO ₅ mg/l	84	91	-	79	92	33
N.T.K mg/l	24	18	10	14	12	8
NH ₄ ⁺ mg/l	2,24	2,24	1,68	0,56	4,20	0,84
N. organique mg/l	21,76	15,76	8,32	13,44	7,60	7,26
NO ₂ ⁻ mg/l	0,20	0,06	0,29	0,24	0,20	0,10
PO ₄ ⁻ mg/l	5,11	1,90	2,17	2,27	2,10	2,13
NO ₃ ⁻ mg/l	-	-	-	-	-	-
Conductivite ysl/cm	1138	1185	1217	1343	1359	1414
Alcalinite mg/l (CaCO ₃)	19	16	15	18	-	12

TABLEAU:3 Resultat d'analyse

Date de prelevement: 10.11.85						
Date d'analyse : 11.11.85						
Stations parametre	I	II	III	IV	V	VI
Temperature °C	20,5	20,0	20,0	20,0	19,5	19,5
pH	8,45	8,40	8,45	8,25	8,25	8,30
Oxygene dissous mg/l	8,8	7,6	7,6	6,0	7,4	7,7
% de saturation	83,5	71,2	71,2	56,2	69,3	72,2
DCO mg/l	62	42	195	190	-	68
KMnO ₄ mg/l	12,5	14,4	16,0	13,7	19,2	-
DBO ₅ mg/l	13	9	37	36	-	14
N.T.K mg/l	24	22	12	16	14	10
NH ₄ ⁺ mg/l	5,04	11,76	5,04	-	5,60	7,84
NO ₂ ⁻ mg/l	0,21	0,17	0,86	0,78	0,54	0,95
NO ₃ ⁻ mg/l	10,2	13,0	11,5	17,0	18,0	23,5
PO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l	10,34	9,40	8,80	5,23	4,80	4,57
N. organique mg/l	18,96	10,24	6,96	-	8,40	2,16
Conductivite µS/cm	1217	1359	1470	1565	1707	1707
Alcalinite mg/l (CaCO ₃)	20	6	6	2	4	-

TABLEAU:4 Resultat d'analyse

Date de prelevement: 01 - 12 - 85						
Date d'analyse : 02 - 12 - 85						
Stations	I	II	III	IV	V	VI
Parametres						
Temperature °C	14,5	14,5	14,5	15,0	15,5	15,5
pH	8,4	8,3	7,9	8,0	8,2	8,5
Oxygene dissous mg/l	3,70	3,01	2,77	2,62	2,39	2,69
% de saturation	37,9	30,5	28,7	26,5	27,0	27,2
Dco mg/l	150	260	370	90	40	81
KMnO ₄ mg/l	29,0	24,3	26,5	-	22,2	20
DBO ₅ mg/l	29	48	68	18	-	16
N.T.K mg/l	22	14	18	11	14	14
NH ₄ ⁺ mg/l	15,36	10,44	-	10,00	12,50	12,50
N. organique mg/l	6,64	3,56	-	1,00	2,00	1,50
NO ₂ ⁻ mg/l	0,25	0,25	0,28	0,27	0,24	0,25
NO ₃ ⁻ mg/l	6,11	9,59	7,35	15,42	17,23	24,18
PO ₄ ⁻ mg/l	2,20	2,13	0,97	0,90	0,88	0,80
Conductivite µs/cm	1043	1027	1035	1177	1351	1375
Alcalinite mg/l (CaCO ₃)	-	-	-	-	-	-

TABLEAU:5 Resultat d'analyse

Date de prelevement: 17 - 12 - 85

Date d'analyse: 18 - 12 - 85

Stations parametres	I	II	III	IV	V	VI
Temperature	11,5	11,2	11	11	10	10
pH	8	7,95	7,88	7,80	7,85	7,40
Oxygene dissous mg/l	2,13	0,72	0,85	1,07	1,28	1,14
% de saturation	25,3	21,4	22,7	24,3	24,7	24,4
DCO mg/l	200	170	200	175	150	140
KMnO ₄ mg/l	-	-	-	-	-	-
DBO ₅ mg/l	38	32	38	33	29	27
N.T.K mg/l	-	-	-	-	-	-
NH ₄ ⁺ mg/l	14,50	9,80	-	11,20	8,60	7,00
N organique mg/l	-	-	-	-	-	-
NO ₂ mg/l	-	-	-	-	-	-
NO ₃ mg/l	12,40	13,50	12,00	14,70	15,30	19,40
PO ₄ ⁻ mg	8,70	8,10	7,00	6,80	5,30	3,20
Conductivite μ S/cm	1100	1190	1120	1300	1360	1390
Alcalinite mg/l (CaCO ₃)	-	-	-	-	-	-

FIG:1

COURBE DETALONNAGE DES
ORTHOPHOSPHATES
 $\lambda = 608 \text{ nm}$
 $\rho = 0,99$

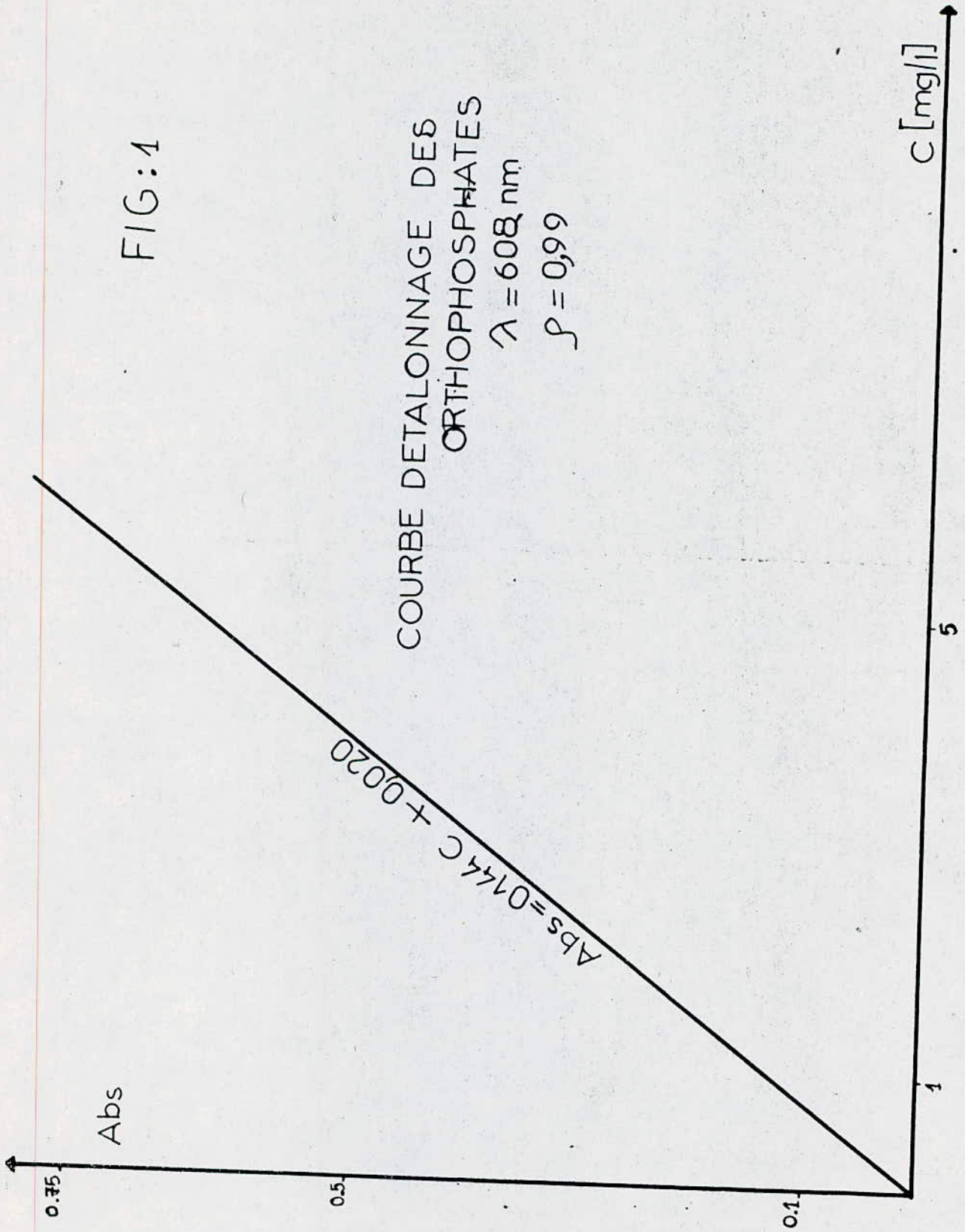


FIG:2

COURBE D'ÉTALONNAGE DES NITRATES

$\lambda = 420 \text{ nm}$

$\rho = 0,99$

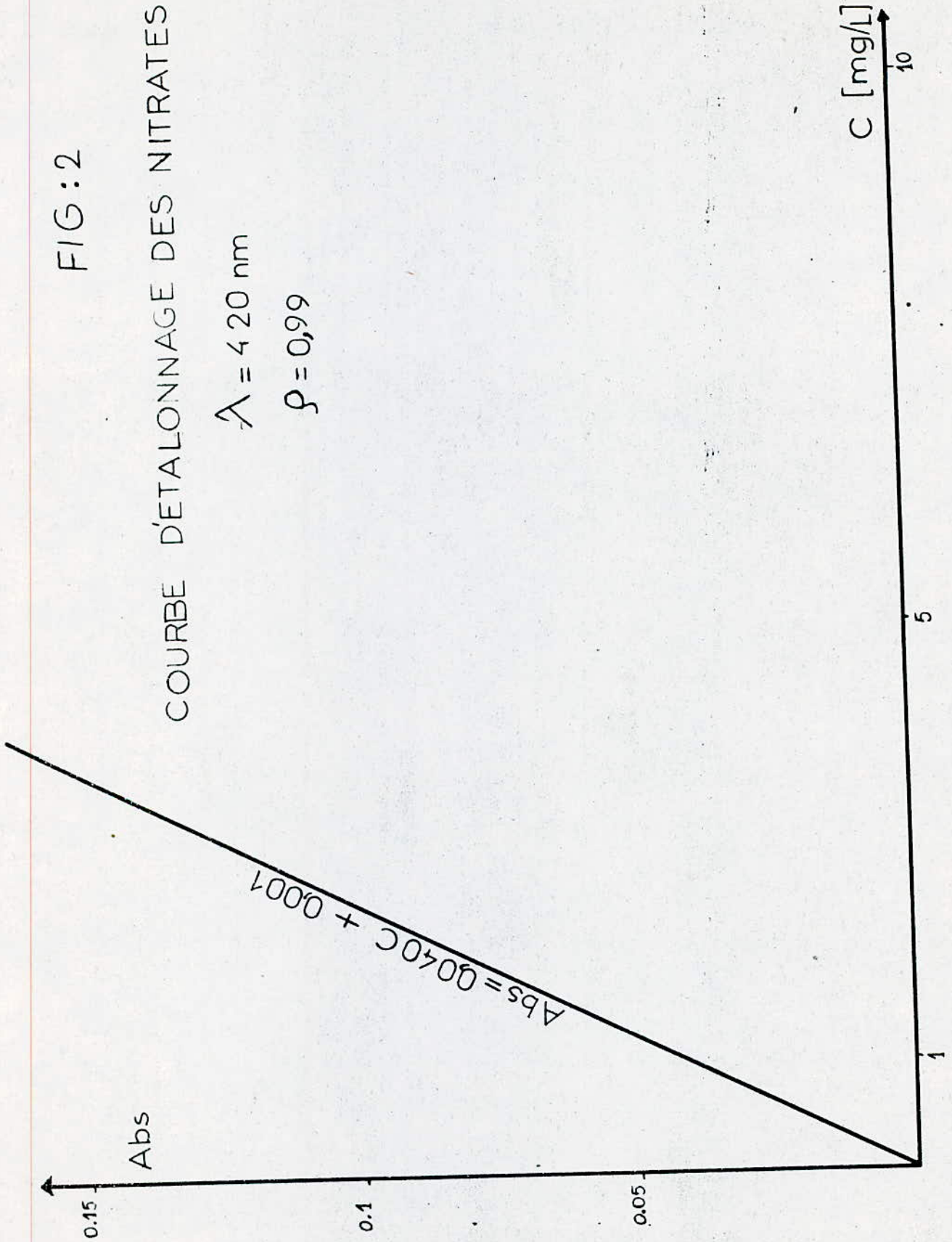


Fig:3

COURBE D'ÉTALONNAGE DES NITRITES

$\lambda = 435 \text{ nm}$

$\rho = 0,999$

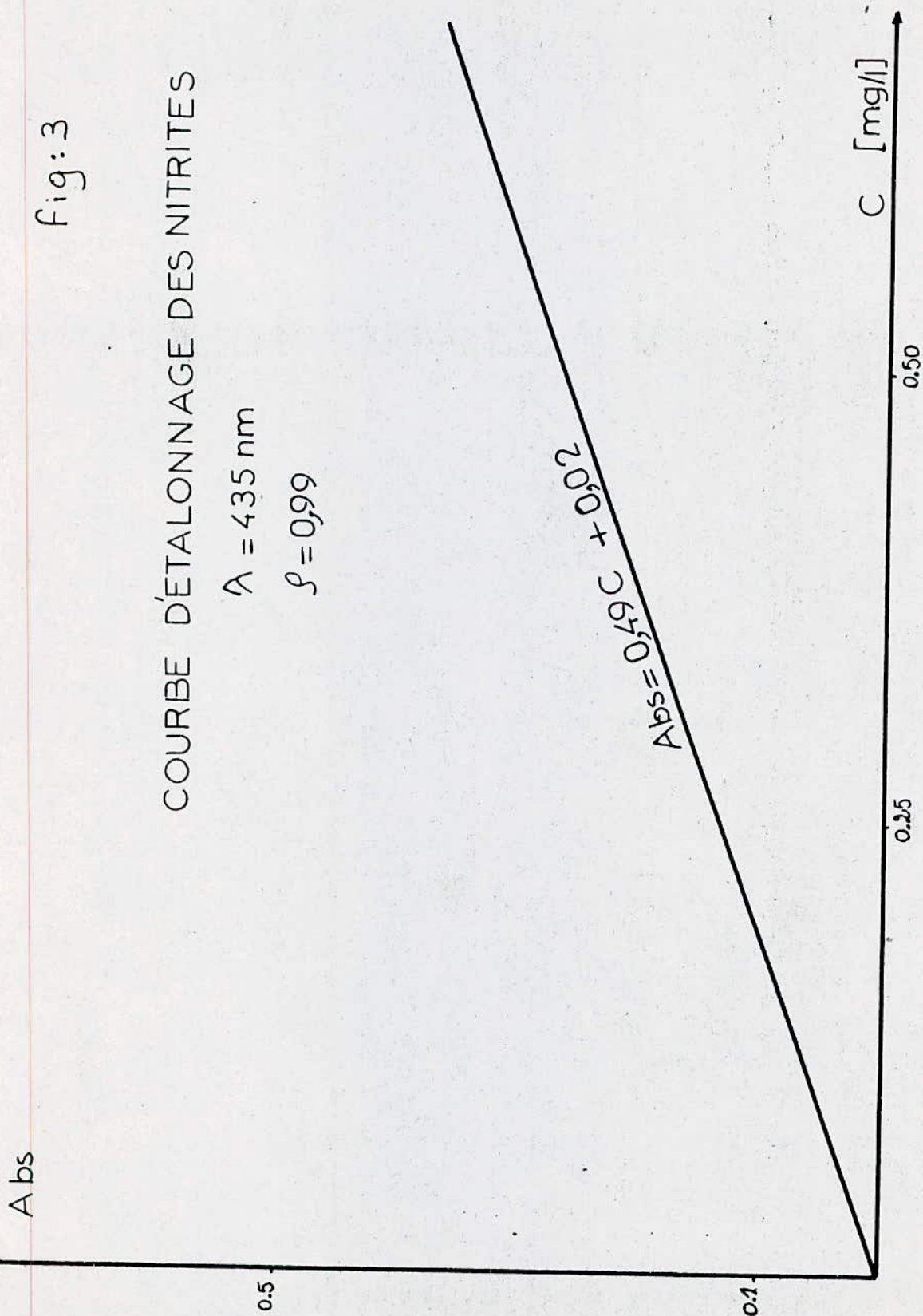


FIG: 4

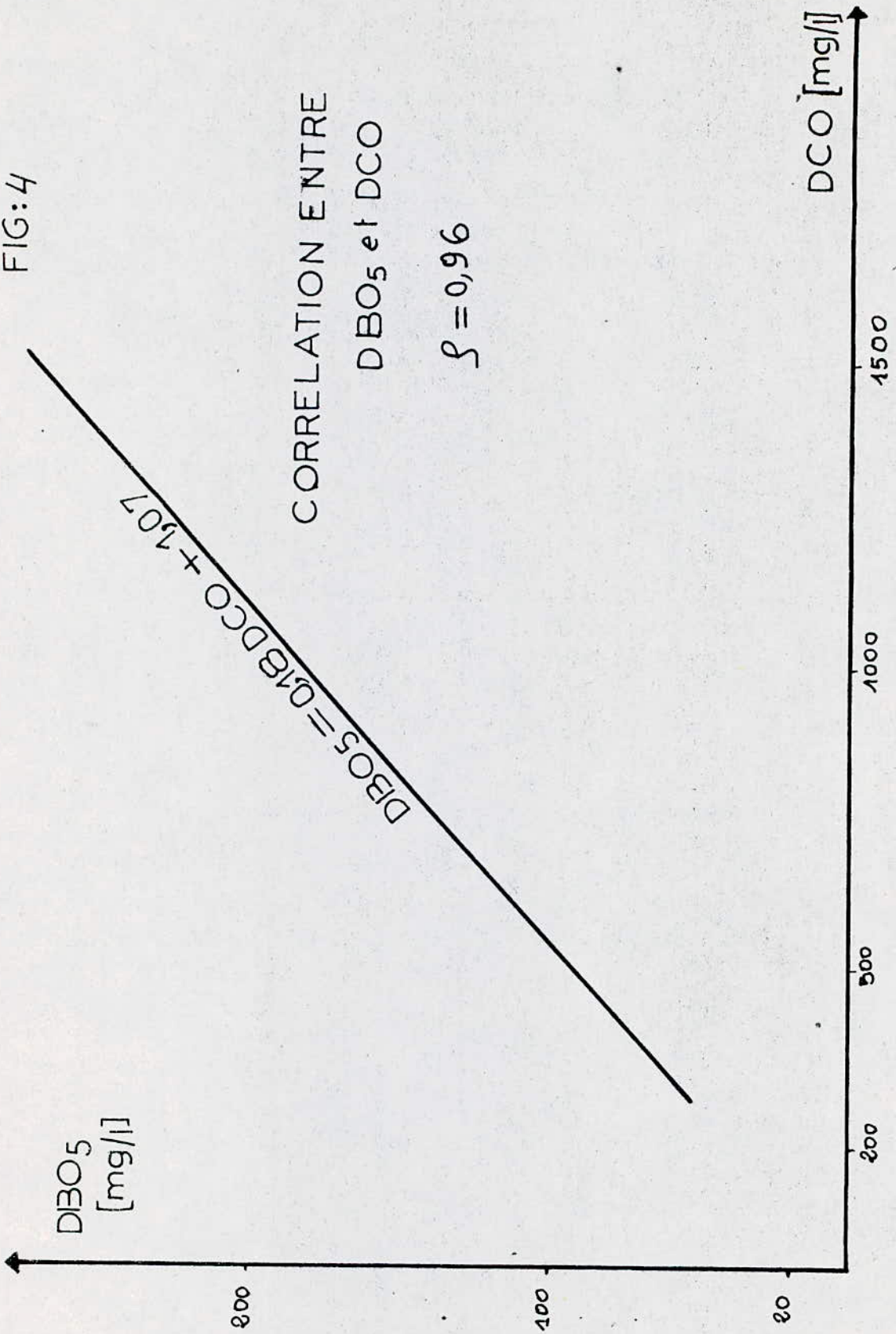


FIG: 5

PROFIL DU PH

Date : 10-11 - 85

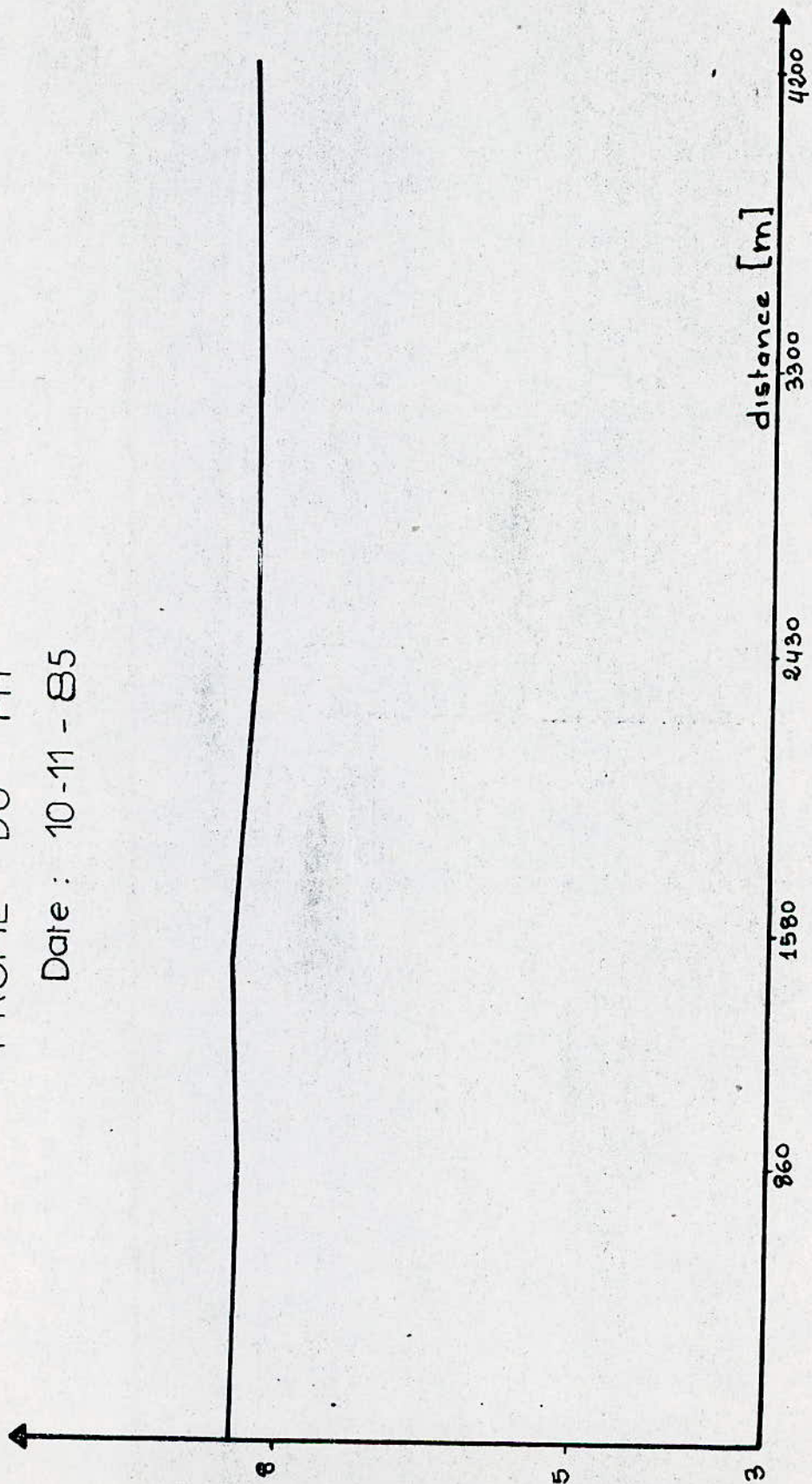


FIG: 6

CONDUCTIVITE

Date : 10-11-85

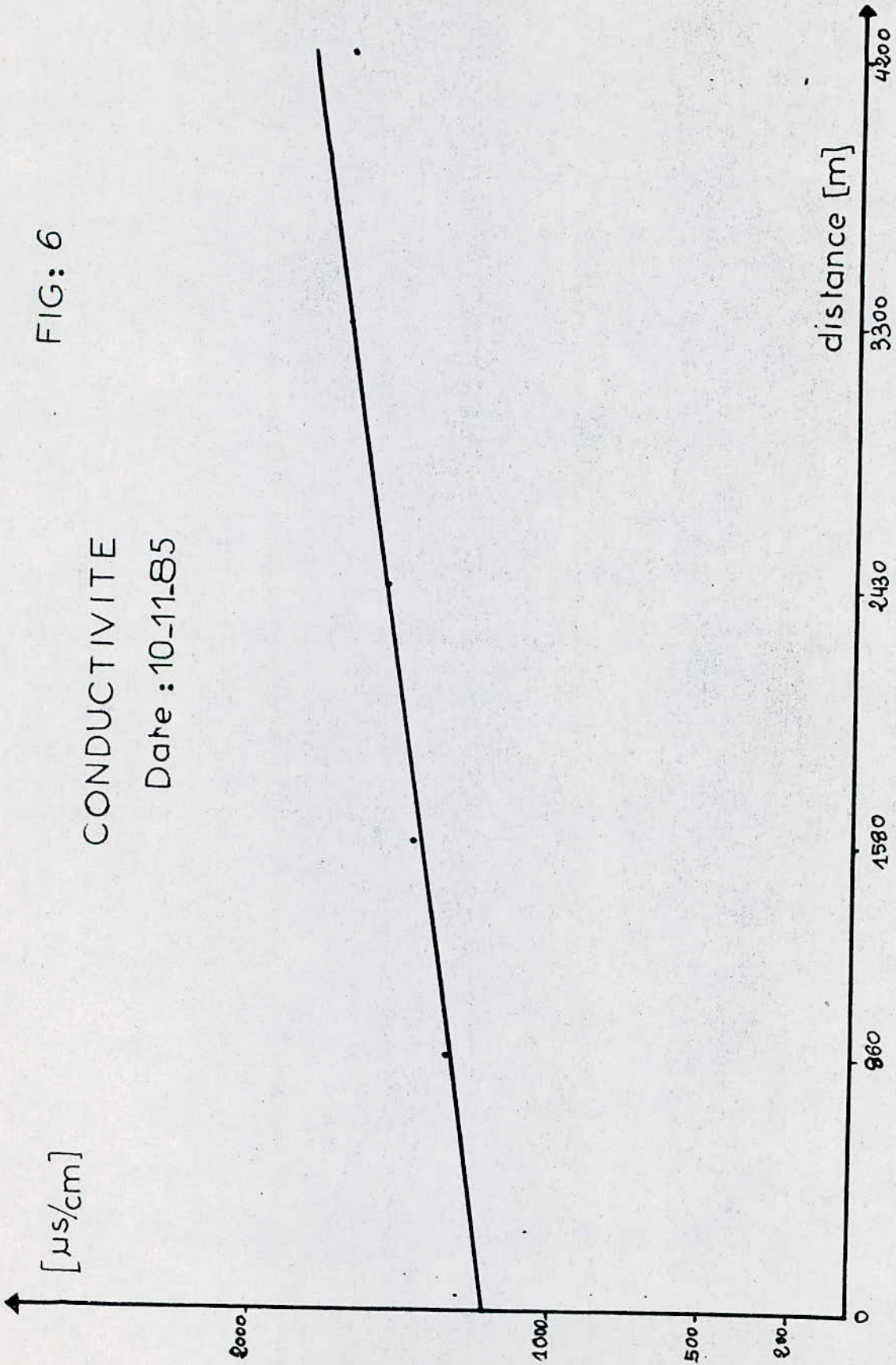


FIG : 7

ALCALINITE

Date : 10-11-85

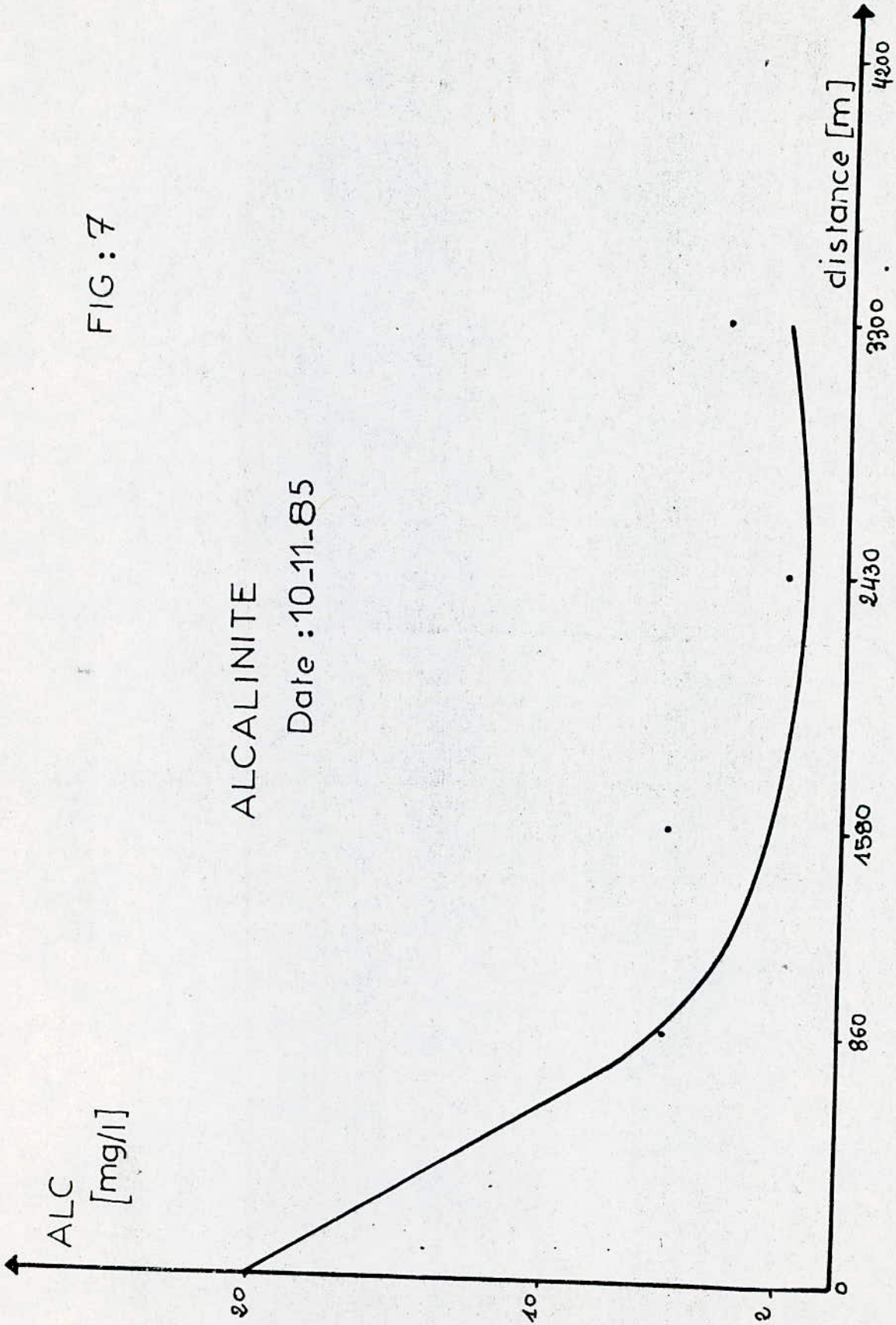


FIG: 8

PROFIL DE LA DCO
DATE: 29-10-85

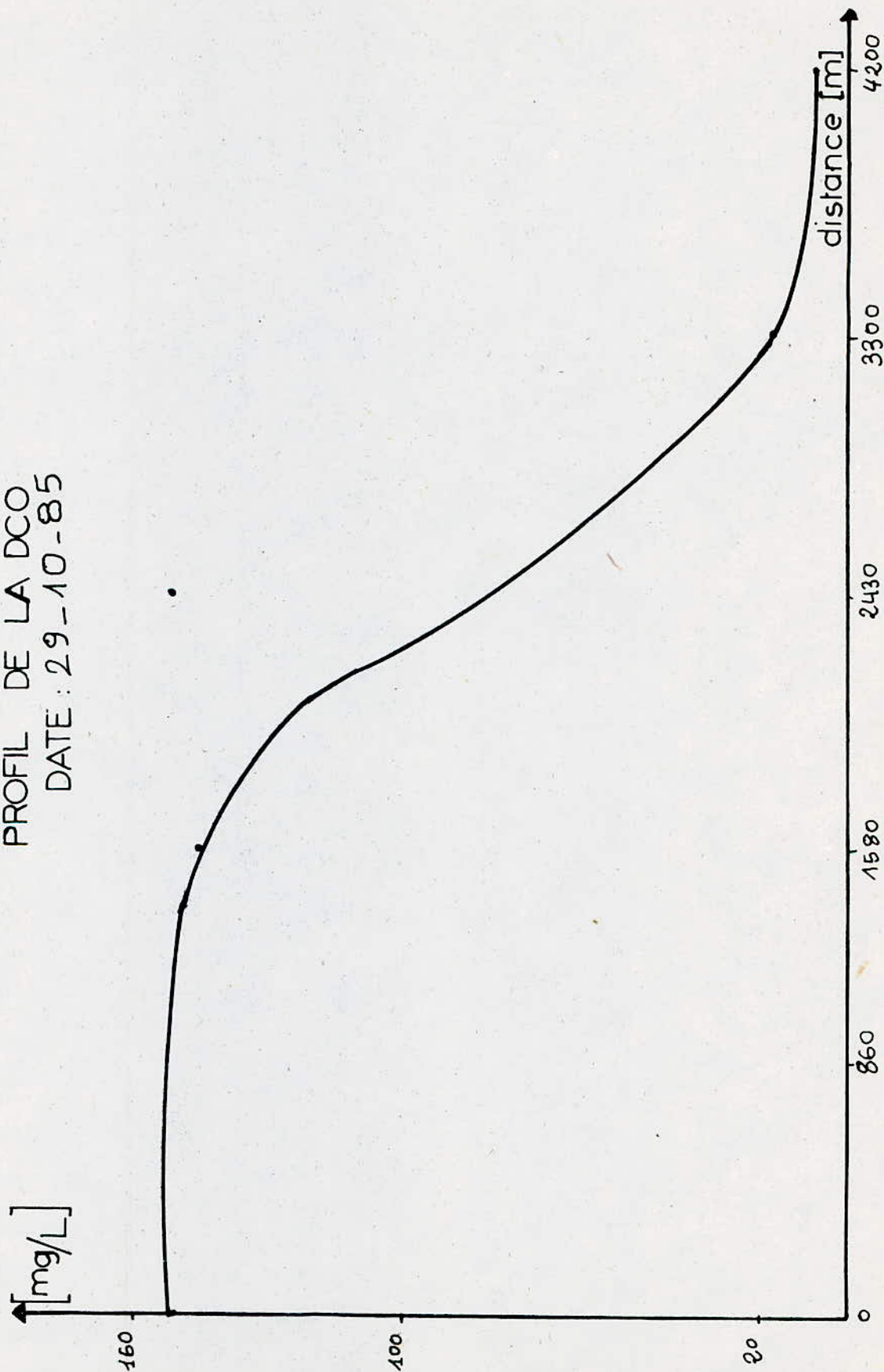


FIG: 9

PROFIL DE LA DBO5

Date : 29-10-85

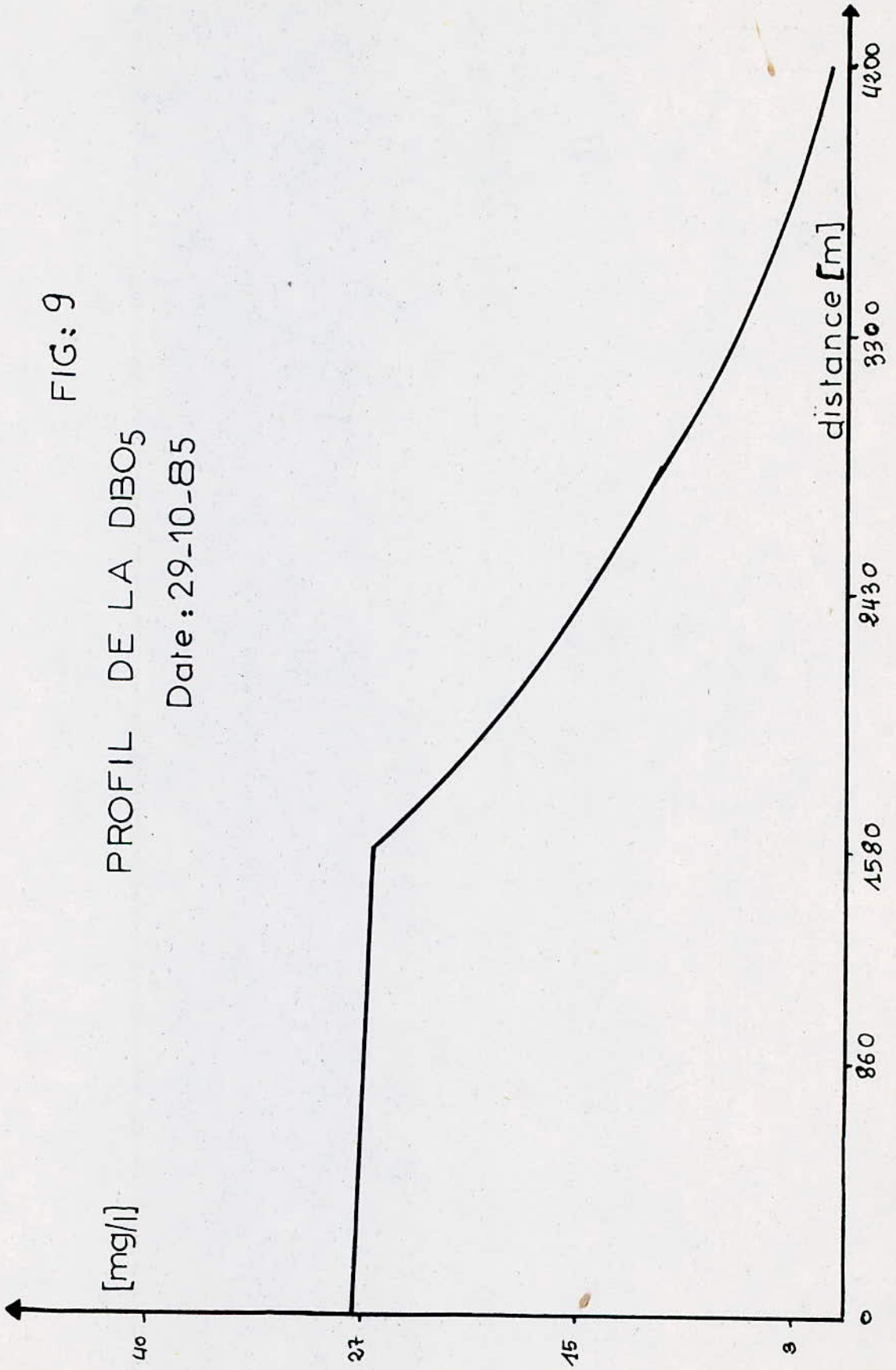


FIG: 10

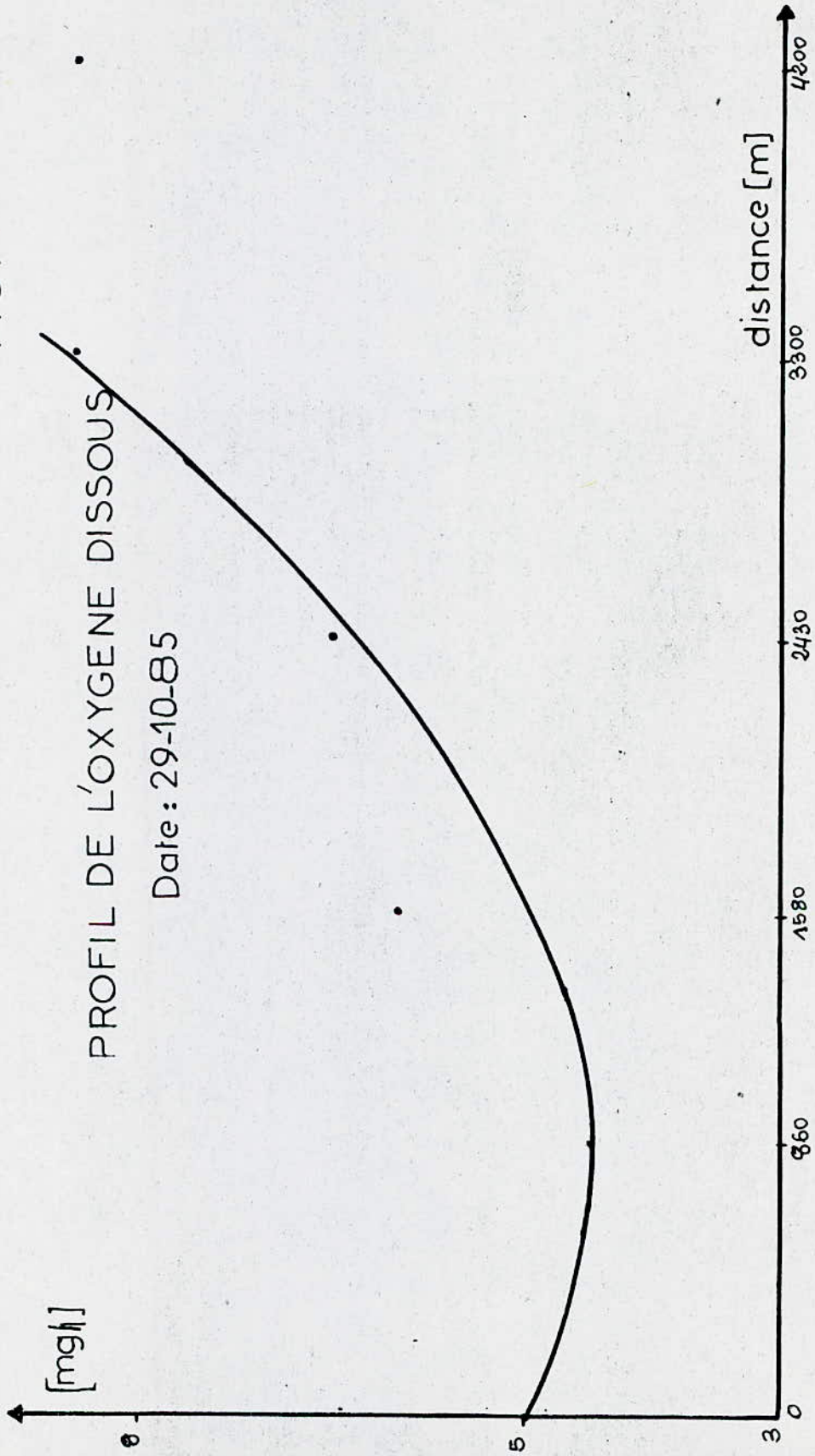


FIG: 11

PROFIL DE L'OXYGENE DISSOUS

Date : 17.12.85

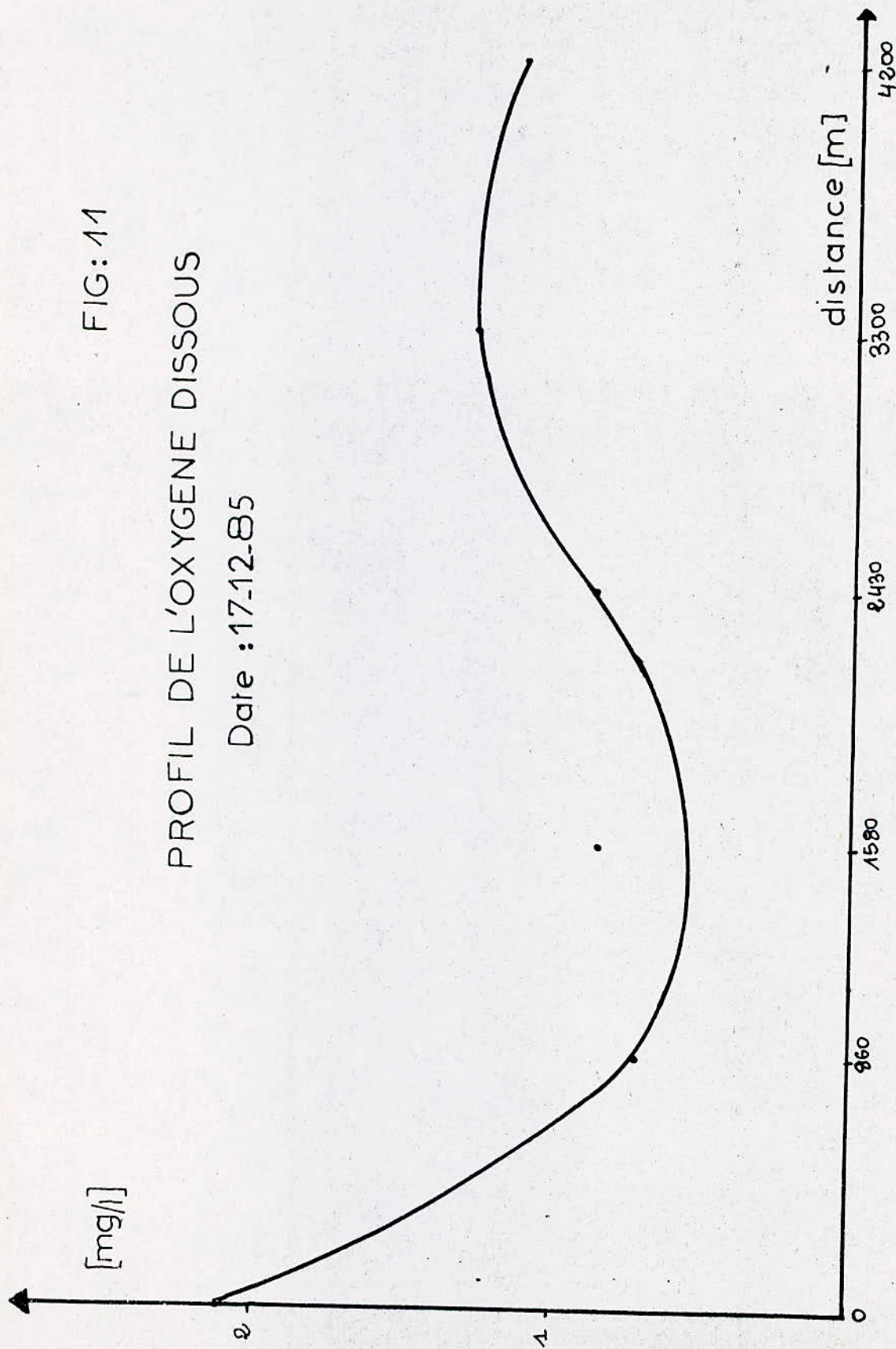


FIG : 12

PROFIL DES ORTHOPHOSPHATES

Date : 29_10_85

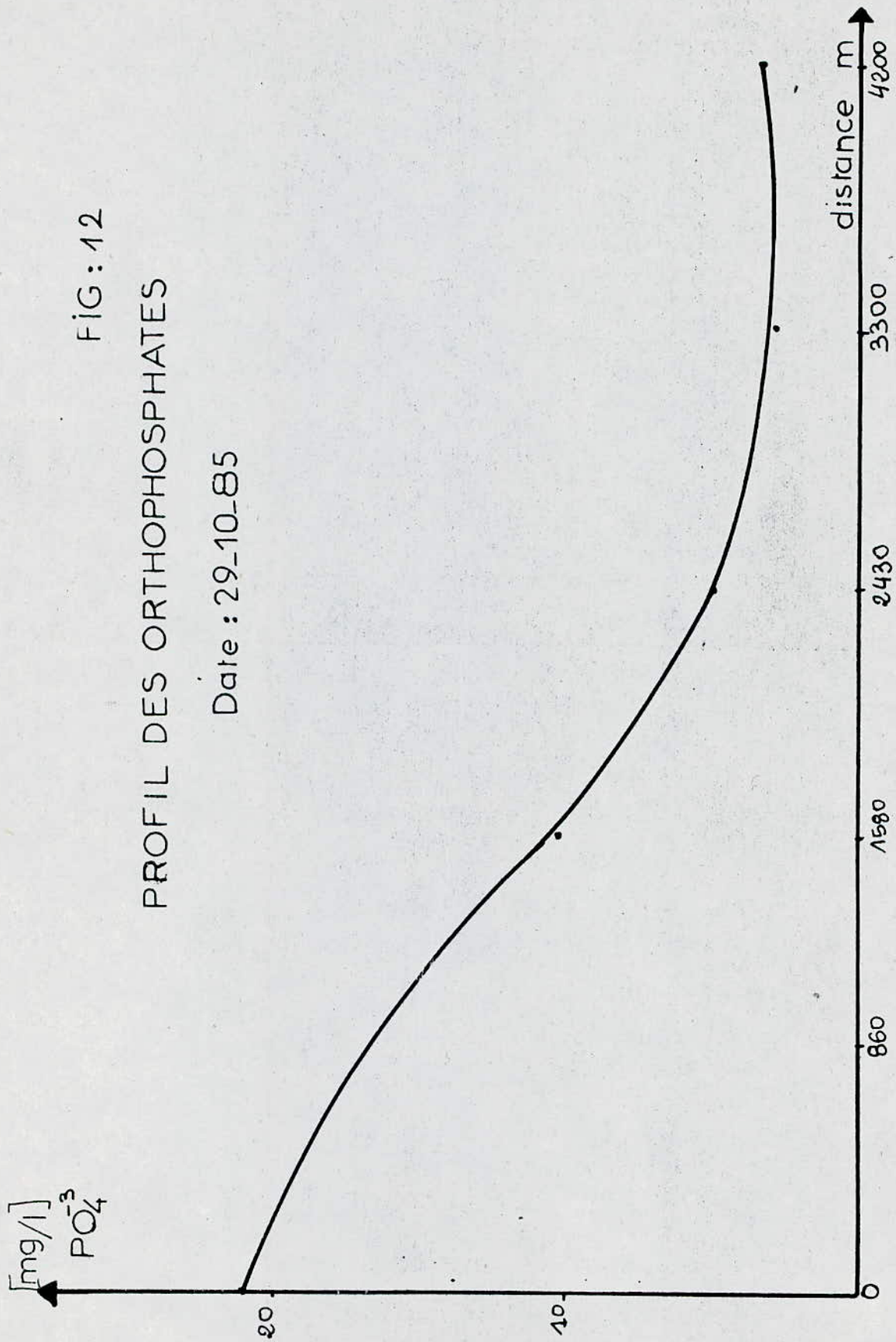


FIG: 13

PROFIL EN AZOTE AMMONIACAL

DATE : 29.10.85

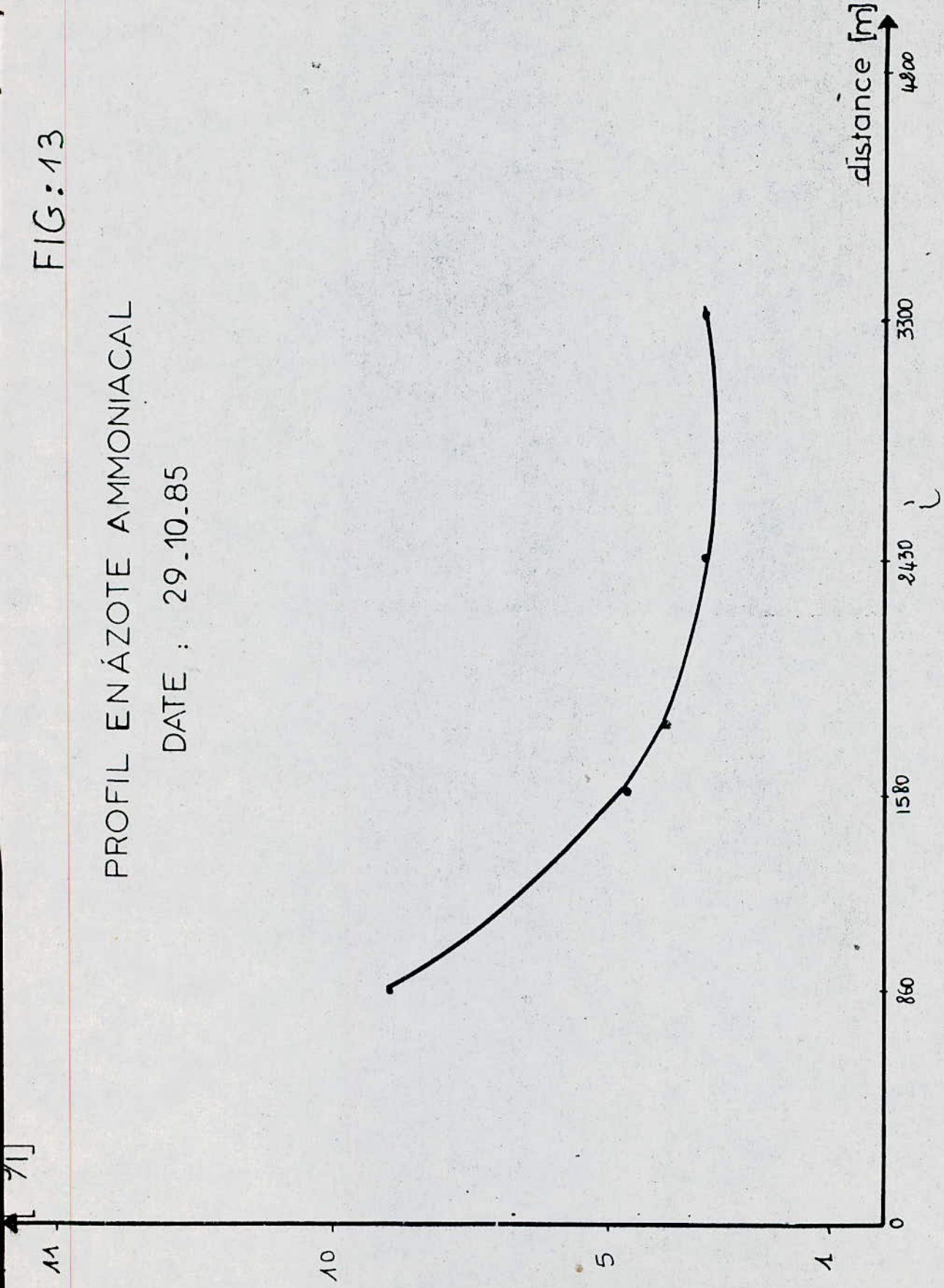


FIG: 14

PROFIL : N.T.K.et. N-ORGANIQUE

Date:

● N.T.K

▲ N-ORG

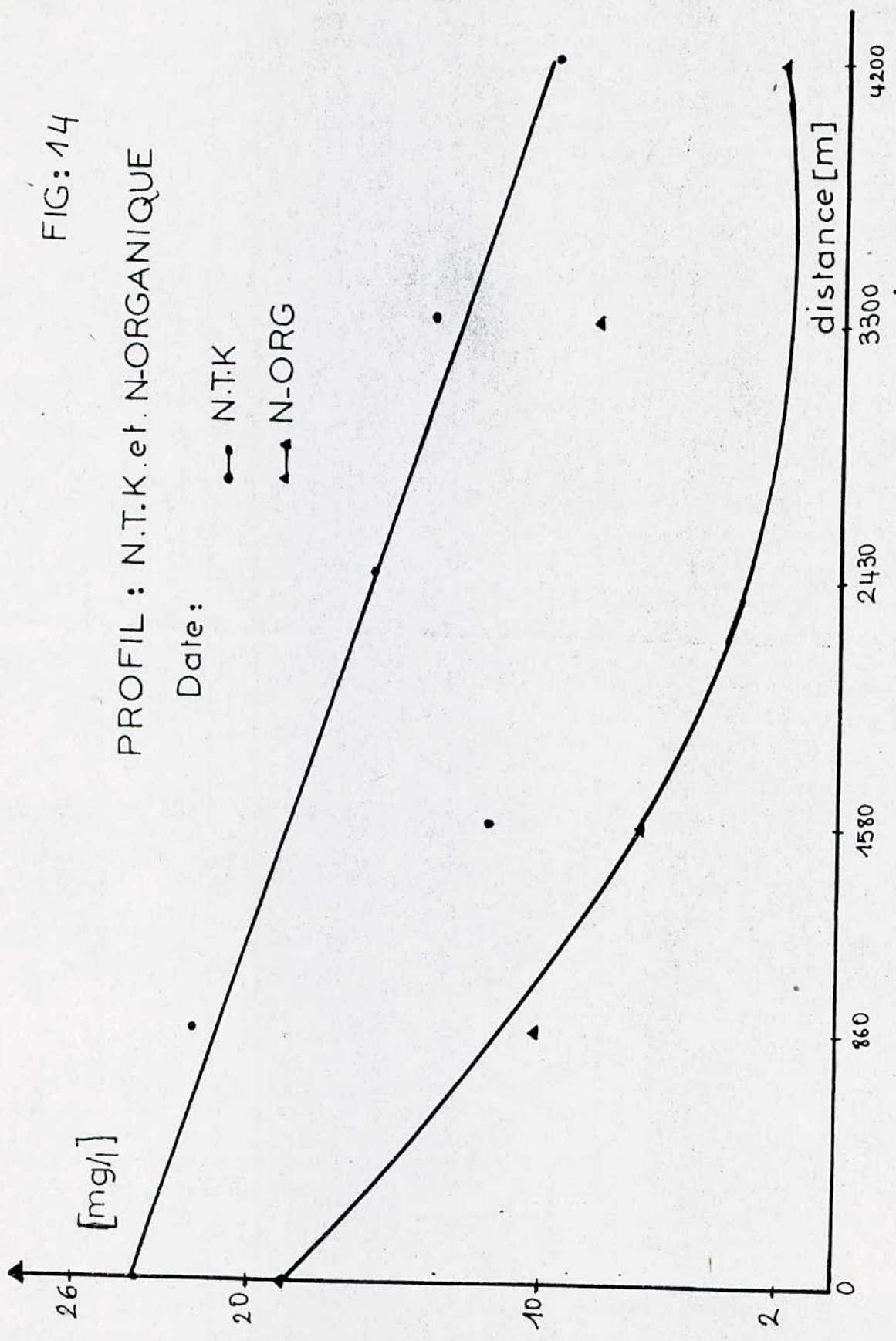


FIG: 15

PROFIL DES NITRATES

Date : 01-12-85

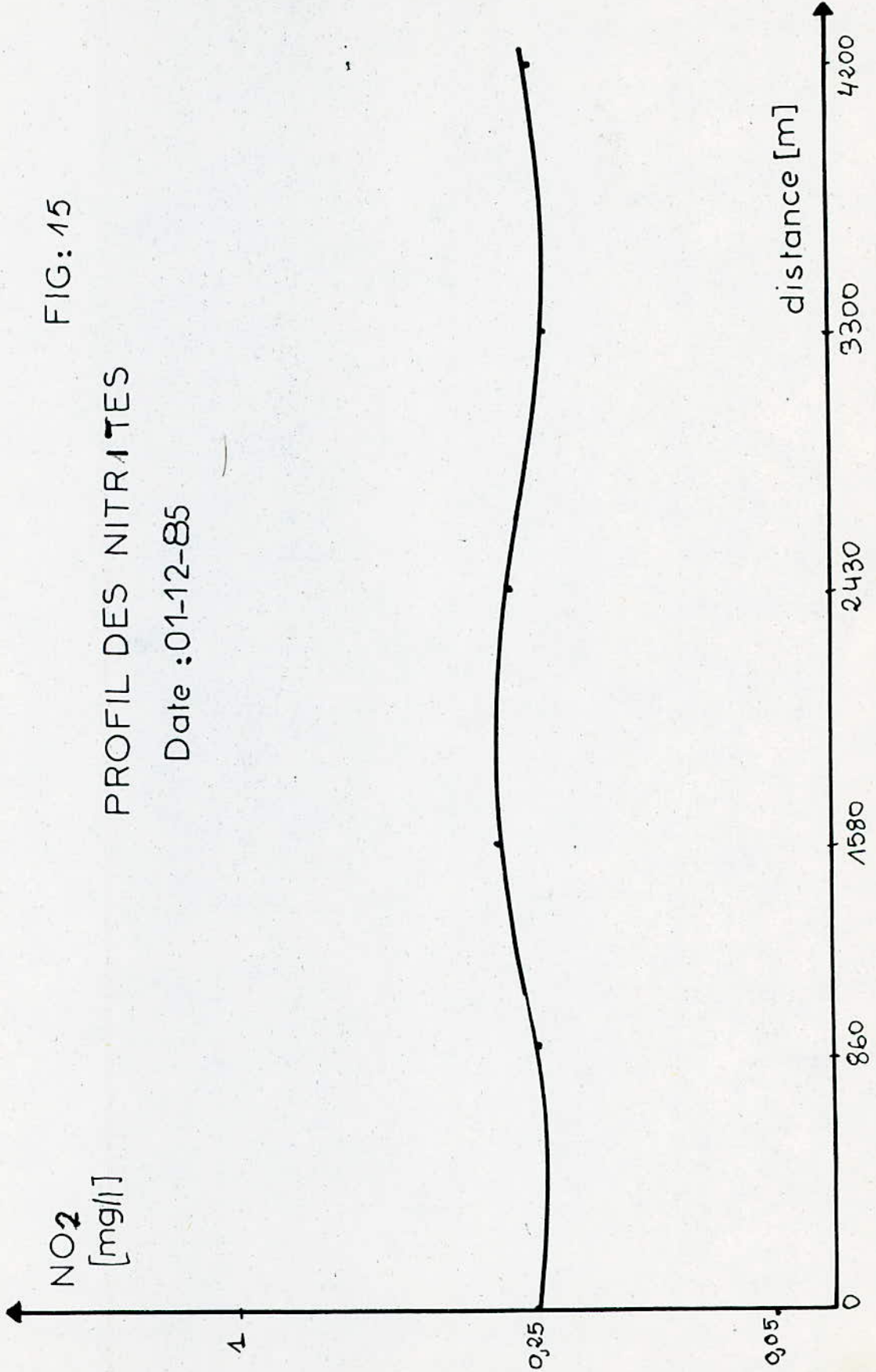


FIG: 16

PROFIL. DES. NITRATES

Date : 29_10_85

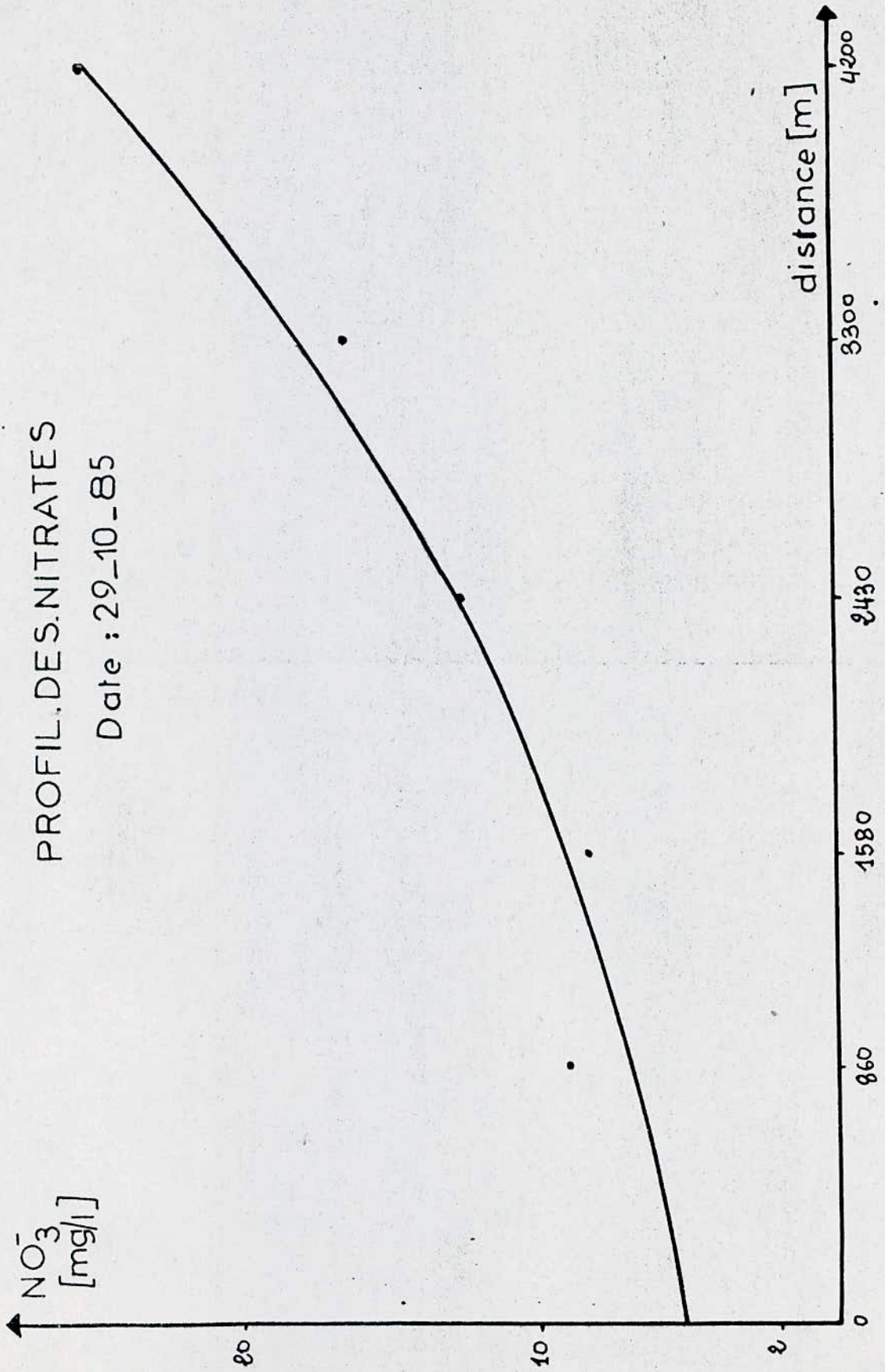
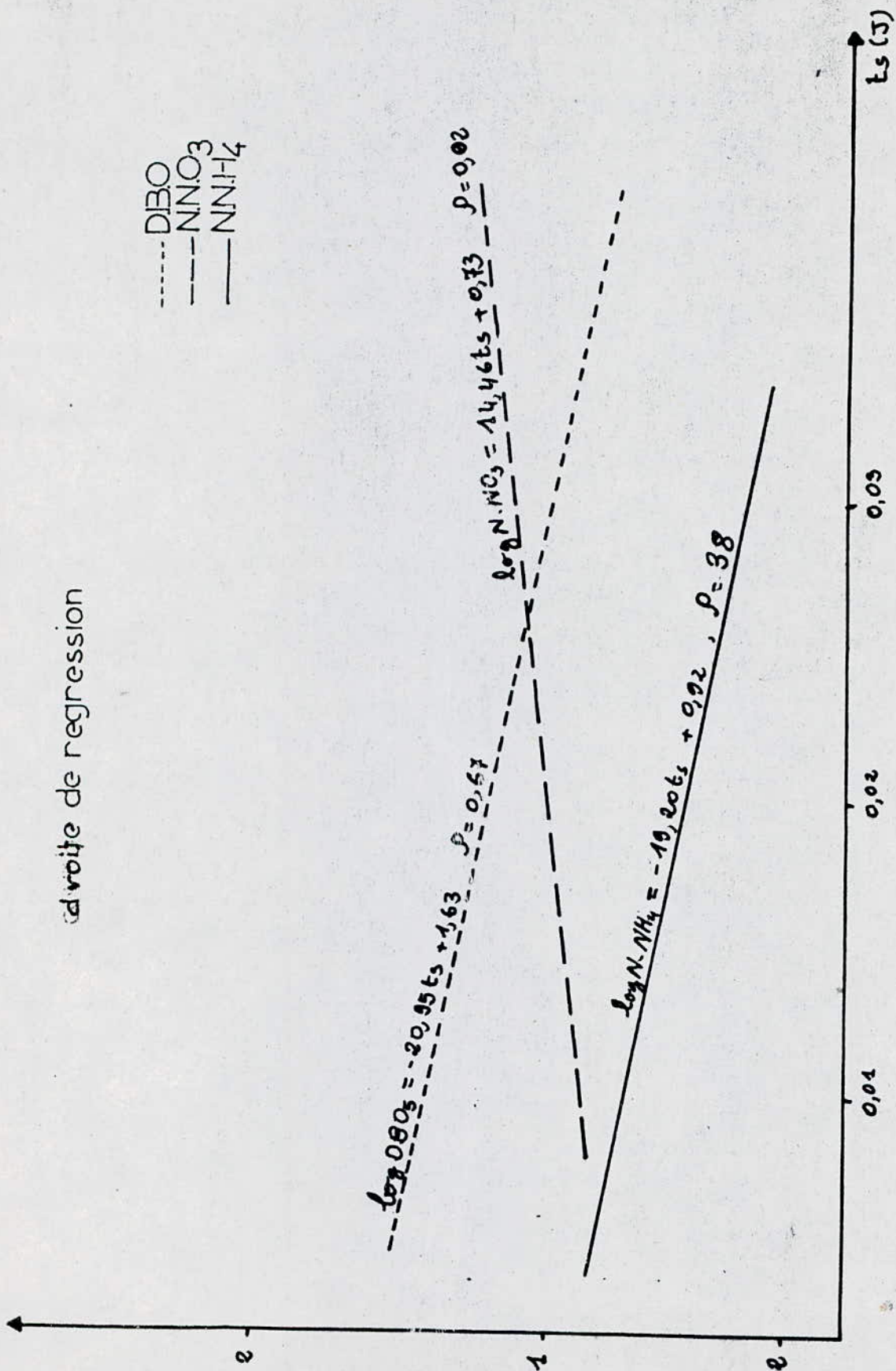


FIG. 17

droite de regression

- DBO
- - - NNiO_3
- NNiH_4



DISCUSSION DES RESULTATS

Le manque de temps et de moyens nous a contraint à opérer dans des conditions très limitées. En effet un prélèvement manuel et un conditionnement peu fiable et une analyse unique pour chaque paramètre entraînent inévitablement certaines erreurs

V.1) Analyse des paramètres

- Température

La température du cours d'eau est directement liée à celle de l'air. Elle se situe entre 10° et 21°C, ce qui est optimal pour l'activité biologique. La température est donc favorable pour l'auto-épuración

- pH

Le pH est relativement alcalin, il varie de 7,35 à 8,35; c'est un intervalle très favorable aux bactéries auto-épuratrices

- Conductivité

Elle accuse une nette augmentation de l'amont vers l'aval (1138 ÷ 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$); Ce qui pourrait expliquer la formation d'éléments très polluants tels que la formation de complexes de phosphates.

Le danger est alors évident surtout que ces eaux sont utilisées pour l'irrigation des cultures maraichères.

- Demande Biochimique en oxygène.

Les valeurs de la D.B.O₅ sont très élevées, elles dépassent généralement la teneur de 20 mg/l, ce qui nous permet de classer notre cours d'eau dans la zone polysaprobie qui est caractérisée par des processus de putréfaction de réduction et dissociation

En plus de la présence de sulfure dans les sédiments du fond.

Nos constatations sur le terrain confirment ces hypothèses.

Toutefois l'allure de la courbe de DBO₅ présente une diminution avec un palier à l'amont de notre tronçon dont l'explication pourrait être l'inadaptation des microorganismes à la dégradation des matières organiques.

Demande chimique en oxygène.

la D.C.O est un paramètre très important pour l'appréciation du caractère biodégradable.

les analyses donnent de fortes valeurs de D.C.O; elles dépassent parfois 300 mg/l PO₂. Ces valeurs élevées ont probablement pour origine les rejets industriels à l'amont (base centrale logistique société Algérienne de transformation industrielles).

L'allure de la courbe accuse une certaine diminution avec une présence de paliers

- le premier palier se situe entre la station n°1 et 3;

l'explication pourrait être l'inadaptation des microorganismes à la dégradation des matières organiques

- le deuxième palier se situe entre la station n°5 et 6

l'explication peut être probablement l'apport en matières organiques pour la couverture végétale.

Oxygène dissous

le profil de l'oxygène dissous suit approximativement une allure caractéristique dite "courbe en sac"

En effet, cette courbe résulte de l'action antagoniste de deux

phenomenes principaux

La de composition de la matiere organique, et la reoeration par echange eau-atmosphere

Ce profil donne une concentration minimale de 4 mg/l d'oxygene et un deficit maximal de 6,75 mg/l ce qui peut être une des causes à l'origine de la mort des poissons de la station piscicole.

Azote total selon Kjeldhal

le profil en long indique une diminution modérée de l'azote de l'amont vers l'aval, c'est probablement la nitrification de l'azote ammoniacal par les bacteries nitrosomonas, ainsi que le phenomene de dilution qui pourraient être responsables.

Azote ammoniacal.

Nous constatons une diminution le long de l'oued de l'azote ammoniacal, quoique sa quantite reste élevée ; la teneur est de l'ordre de 5 mg/l. On pourrait expliquer ceci par l'apport exterieur, en matieres organiques ; Il est à craindre une contamination bacteriologique pour les cultures maraicheres irriguées par ces eaux.

Nitrites

la formation des nitrites est un stade intermediaire dans le phenomene de nitrification ; Ces nitrites ont un caractère instable pur par consequent ils se trouvent à de faibles teneurs dans les milieux recepteurs
Les resultats confirment ces hypotheses.

Nitrates

les concentrations en nitrates augmentent de l'amont vers l'aval où elles atteignent une concentration de l'ordre de 25 mg/l.

En effet, ils sont le produit final de l'auto-épuration des matières azotées. Cependant leur teneur reste relativement faible ceci est dû principalement à l'absence d'oxygène dissous qui a pour conséquence des phénomènes de dénitrification.

Enfin nous avons une vitesse d'apparition des nitrates $K_N = 13,30_j$, très élevée, ceci est peut-être le résultat des engrais azotés apportés par les eaux de ruissellement des terres agricoles.

Orthophosphates

les orthophosphates présentent une nette diminution le long du tronçon; Cette diminution s'explique par deux phénomènes essentiels, la minéralisation excessive due à la conductivité élevée et la sédimentation dans le fond du lit.

Alcalinité

l'alcalinité diminue aussi, ce qui est normal du fait de la consommation des ions bicarbonates. La présence du palier (situé entre la station 3 et 6) peut-être expliqué par l'arrêt de la synthèse des bactéries nitrifiantes.

Bio dégradabilité

Enfin l'oued Mazafra présente une faible biodégradabilité le rapport $\frac{D.C.O}{DBO_5}$ est relativement élevé, les rejets industriels

être à l'origine de cette situation, de plus n'écartons pas les erreurs dues aux manipulations. Cette faible biodégradabilité a pour effet le retardement, voire l'inhibition de l'activité des microorganismes auto-épuratoires.

V-2) Calcul d'auto-épuración.

l'expression du déficit en oxygène est donnée par

$$D = \frac{K_B \cdot S_0}{K_0 - K_R} (e^{-K_R t} - e^{-K_0 t}) + \frac{4,3 K_N N_0}{K_0 - K_{NR}} (e^{-K_{NR} t} - e^{-K_0 t}) + D_0 e^{-K_0 t}$$

les constantes sont obtenues à partir des mesures expérimentales

- la constante de vitesse de biodégradation des matières organiques K_B exprimée en j^{-1}

Nous avons utilisé la méthode de BOSKO qui relie K_B à la vitesse d'oxydation des matières organiques K par l'intermédiaire des caractéristiques de la rivière

$$K_B = K + \gamma \cdot \frac{(S_c)^{3/4}}{H^{3/4}}$$

ou

H : profondeur en mètres

S_c : pente en mètres/1000 mètres

γ : coefficient

$\gamma = 0,04 \dots$ rivière à fond mobile (sable, boue)

$\gamma = 1,2$ rivière à fond rocheux

$K = 0,10 \div 0,12$ rivière à faible pollution

$K = 0,12 \div 0,35$ rivière polluée.

$K = 0,35 \div 0,60$ effluent à forte charge.

D'après le profil en long de l'oued Magafran on a:

$$S_c = 6,42 \text{ m}/1000 \text{ m}$$

La profondeur moyenne est:

$$H = 1,75 \text{ m}$$

On prend: $k = 0,30 \text{ y}^{-1}$... rivière polluée

$$\gamma = 0,04 \quad \text{Fond mobile}$$

d'où

$$k_B = 0,30 + 0,04 \cdot \frac{(6,24)^{1/4}}{(1,74)^{3/4}} = 0,34 \text{ y}^{-1}$$

$$k_B = 0,34 \text{ y}^{-1}$$

la constante de vitesse de disparition globale des matières organiques k_R . C'est la pente de la droite de $\log \text{DBO}_5$ en fonction du temps séjour.

$$\log(\text{DBO}_5) = -20,95 t_s + 1,63 \quad \beta = 0,67$$

$$k_R = 14,04 \text{ y}^{-1} \text{ à } 20^\circ\text{C}$$

Correction de k_R pour $17,25^\circ\text{C}$

$$k_R(17,25^\circ) = k_R(20^\circ) \times \theta^{17,25-20}$$

$$k_R = 9,91 \text{ y}^{-1}$$

la constante de vitesse de nitrification k_N .

Elle est donnée par la pente de la droite $\log \text{N.NO}_3$ en fonction du temps de séjour

$$\log \text{N.NO}_3 = 14,46 t_s + 0,73 \quad \beta = 0,92$$

$$k_N = 13,30 \text{ y}^{-1}$$

Concentration initiale en NH_4^+

D'après la courbe on a $N_0 = 9 \text{ mg/l}$

Déficit initial en oxygène D_0 .

Il est déterminé à partir du profil en long de l'oxygène

$$D_0 = C_s - C(t_s = 0) = 11,20 - 5 = 6,20 \text{ mg/l O}_2$$

Constante de disparition de l'ammonium K_{NR}

Elle est donnée par la pente de la droite $\log N.NH_4$ en fonction du temps de séjour

$$\log N.NH_4 = -19,20t_s - 0,92$$

$$\beta = 0,38 \quad K_{NR} = 7,30 \text{ j}^{-1}$$

Constante de vitesse de reoxygenation K_0

Nous avons utilisé la formule préconisée par O'Connor parce qu'elle semble s'ajuster assez bien avec les expérimentations en rivière

$$K_0 = 3,932 \cdot \frac{U^{0,5}}{H^{1,5}}$$

U : vitesse moyenne en m/s

H : profondeur moyenne en m

K_0 : en jour^{-1} à 20°C

nous avons : $U = 1,06 \text{ m/s}$

$$H = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{d'où } K_0 = 3,932 \cdot \frac{(1,06)^{0,5}}{(1,75)^{1,5}} = 1,75 \text{ à } 20^\circ\text{C}$$

Correction pour $T^\circ = 17,25^\circ\text{C}$

$$K_0(17,25^\circ) = 1,75 \cdot (1,077)^{17,25-20} = 1,64 \text{ j}^{-1}$$

$$K_0 = 1,64 \text{ j}^{-1} \text{ à } 17,25^\circ\text{C}$$

d'où le déficit en oxygène

$$D = \frac{0,3450}{1,64 - 9,91} \left(e^{-9,91t} - e^{-1,64t} \right) + \frac{43 \cdot 13,30 \cdot 9}{1,64 - 7,30} \left(e^{-7,20t} - e^{-1,64t} \right) + 6,20 e^{-1,64t}$$

Exploitation du modèle

Ce modèle présente un grand intérêt, car il pourrait de prévoir l'état de pollution d'un cours d'eau en fonction des charges polluantes et de décider du niveau d'épuration à imposer pour maintenir la teneur en oxygène à un niveau donné; pour cela nous demandons qu'un modèle d'auto-épuration soit établi pour tout l'oued.

Détermination expérimentale du déficit maximum et du temps critique

Le temps critique et le déficit sont directement lus sur la courbe du profil en long de l'oxygène dissous

$$D_{\max} = C_s (9^{\circ}\text{C}) - C_{\min} = 11,20 - 4,45 = 6,75 \text{ mg/l } \text{O}_2$$

$$\text{d'où } t_c = 0,01 \text{ j}^{-1}$$

la distance critique D_c est

$$D_c = t_c \cdot V$$

V : vitesse moyenne du cours d'eau mètres par jour.

$$D_c = 0,01 \times 1,06 \times 3600 \times 24$$

$$D_c = 916 \text{ m.}$$

D'après les valeurs obtenues pour les distances critiques, on peut affirmer que notre cours d'eau réagit faiblement à la pollution.

L'accumulation de la charge organique commence à être évident à partir de la distance $d_c = 916 \text{ m.}$

V CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VI - 1) Conclusion.

Nous pouvons affirmer, d'après les résultats trouvés, que l'oued Magafran présente une pollution. En effet, il présente une dégradation des matières organiques relativement faible, ainsi qu'une faible disparition de l'azote ammoniacal. De plus l'auto-épuración est perturbée par les effets de plusieurs facteurs.

Pour améliorer l'auto-épuración plus efficace, il faut préconiser certaines mesures.

En fin, nous avons établi un modèle d'auto-épuración pour notre bief. Le modèle nous renseigne sur la concentration maximale en matières organiques admissibles pour le tronçon

VI - 2) Recommandations

Les eaux usées des grands centres urbains se trouvant dans le périmètre du bassin versant du Magafran, la capacité d'auto-épuración insuffisante ainsi que le lessivage des terres agricoles, sont les principales causes de la pollution du cours d'eau considéré.

Pour remédier à la situation actuelle, des actions s'avèrent nécessaires. Elles doivent être menées à différents niveaux.

a) Actions au niveau de l'oued.

Le principal phénomène qu'il faut prendre en considération est l'auto-épuración. Cette dernière est directement liée à la présence d'oxygène.

De ce fait pour augmenter le taux d'oxygène dans le cours d'eau les mesures curatives suivantes sont très utiles

- Installations de banquettes le long de l'oued pour augmenter la vitesse du cours d'eau (Profil d'étiage)

- Réaération artificielle de l'eau, surtout au niveau de la station piscicole, par barbotage d'air ou par aération mécanique et cela pour préserver la vie aquatique

- Enlèvement périodique des boues de fond de l'oued pour éviter l'auto-oxydation.

De plus des actions de nettoyage périodique des bords de l'oued

Enfin nous recommandons la mise en place d'un vaste

programme d'étude en vue de réaliser un inventaire de l'état

de pollution de l'oued comme le stipule le code des eaux (Article 106)

(b) Actions au niveau des sources

Il faut veiller à l'application efficace et effective du code des eaux notamment son chapitre relatif à la lutte contre la pollution et cela par la mise en place d'un organisme, doté de tous les pouvoirs, qui aura pour mission de fixer des normes limitant les rejets dans les cours recepteurs

Il sera aussi chargé du contrôle d'application des textes.

./ BIBLIOGRAPHIE ./

- (1) - V. ALEXEEV (1980) "Analyse qualitative"
Ed: de Moscou
- (2) - V. ALEXEEV (1980) "Analyse quantitative"
Ed: Moscou
- (3) - T. BENKHELIF (1979) "Contribution à l'étude
de la pollution de l'oued Mellah"
These d'ingenieur I.N.A
- (4) - DEGREMENT (1978) "Memento de l'eau"
Ed: Degrement.
- (5) - W. ENCKENFELDER (1981) "Gestion des eaux usées
urbaines et industrielles"
Ed: Technique et documentation
- (6) - N. GLINKA (1981) "Chimie generale"
Ed: Moscou.
- (7) - M.T. HENRY (1984) "Chimie des eaux"
Ed: Le griffon d'argile

(8) - A. HADDOUM (1978) " Etude de pollution du
Lac et de L'oued de Reghaia "

These d'ingenieur I.N.A

(9) - I. N. R. H (1970) " Annuaire hydrologique "

Ed: I.N.R.H

(10) - G. MARTIN (1979) " Probleme de L'azote
dans Les eaux "

Ed: Technique et documentation

(11) - P. PESSON (1978) " Pollution des eaux
Continentalles "

Ed: Gauthier-Villars

(12) - A. OURABAH (1985) " Etude preliminaire du
pouvoir auto-epurateur de L'oued Sebaou "

These d'ingenieur ENP

(13) - H. STEIN (1977) " Les eaux Residuaire
industrielles "

Ed: Masson

(14) - J. STEVAN (1974) " Chimie de L'environnement "

Ed: OMS

(15) - J. RODIER (1977) " Analyse de l'eau "

