

1E\*

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
BIBLIOTHEQUE - المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

**PROJET DE FIN D'ETUDES**  
(en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état)  
**S U J E T**

Contribution à l'analyse quantitative de certains  
métaux lourds contenus dans les vases et les  
eaux de l'oued et du lac de Reghaia

Proposé par :

Mr. R. Belabbes.

Melle. J. Arrar.

Etudié par :

Mr. T. Lounes.

Dirigé par :

Mr. R. Belabbes.

Melle. J. Arrar.

PROMOTION : **FEVRIER 1988**

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

à

mes chers parents ,

mes frères ,

mes soeurs ,

ma grande famille LOUNES et HACHEMI ,

mes amis et

à tous les enseignants ayant contribué à ma formation .

REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

Je transmets mes remerciements à mes promoteurs pour leur aide  
et les précieux conseils qu'ils m'ont apporté lors de cette étude :

à monsieur R.BELABBES , professeur de chimie au département  
du génie chimique ,

à mademoiselle J.ARRAR , enseignante au département du génie  
de l'environnement .

J'adresse mes remerciements à madame K.MOUSSAOUI , maître  
de conférences, pour avoir accepté d'assurer la présidence du jury .

Et à monsieur R.KERBACHI , maître de conférences ,

mademoiselle J.ARRAR , maître assistante et

monsieur R.BELABBES professeur , pour avoir accepté de juger  
ce travail .

J'exprime ma gratitude à tous les enseignants ayant contribué  
à ma formation .

Enfin , je remercie tous mes amis pour l'amitié et le soutien  
qu'ils m'ont témoigné .

Que chacun trouve ici le témoignage de mon estime et ma gratitude .

TAMAR

. <u>Introduction</u> .....	1
. <u>Situation géographique des eaux et caractères morphologiques de l'oued et du lac de Réghaïa</u> .....	3
-I- <u>Pollution de l'oued et du lac de Réghaïa</u> .....	4
-I-1- <u>Pollution due aux rejets urbains</u> .....	4
-I-2- <u>Pollution due aux unités industrielles de la région de Rouiba-Réghaïa</u> .....	4
-II- <u>Les vases</u> .....	6
. <u>Dépôt et décomposition des vases</u> .....	8
-III- <u>Paramètres de pollution des eaux</u> .....	10
-III-1- <u>Pollution des eaux par les métaux lourds</u> .....	10
-III-2- <u>Autres paramètres caractéristiques de la pollution des eaux</u> .....	17
-III-2-1- <u>Les matières en suspension (M.E.S)</u> .....	17
-III-2-2- <u>La demande chimique en oxygène (D.C.O)</u> .....	17
-III-2-3- <u>Le phosphore</u> .....	18
-IV- <u>Méthode de détection des métaux lourds à l'état de traces par absorption atomique (A.A)</u> .....	19
-IV-1- <u>Principe de la méthode</u> .....	19
-IV-1-1- <u>Appareillage</u> .....	19
-IV-1-2- <u>Produits chimiques utilisés et méthode de préparation des étalons des métaux lourds</u> .....	22
-IV-1-3- <u>Méthode de préparation des échantillons</u> .....	23

-V- <u>Analyse expérimentale</u> .....	24
-V-1- <u>Echantillonnage</u> .....	24
-V-2- <u>Mode opératoire de la technique de l'absorption atomique</u> .....	27
-V-3- <u>Résultats d'analyse</u> .....	28
-V-3-1- <u>Courbes d'étalonnage</u> .....	28
-V-3-2- <u>Calcul d'erreurs</u> .....	28
-V-3-3- <u>Tableaux des résultats</u> .....	28
-V-3-4- <u>Interprétation</u> .....	33
-VI- <u>Conclusion générale et recommandations</u> .....	35
. <u>Annexes</u> .	
. <u>Bibliographie</u> .	

Introduction :

La pollution des eaux courantes et des lacs ne se traduit pas toujours par des effets toxiques ou léthaux entraînant la mortalité brutale et spectaculaire des poissons. Elle aboutit très souvent et de façon insidieuse, à une transformation lente de ces milieux qui n'héberge plus alors la même flore ou la même faune. Cette flore et cette faune peuvent dans ce cas s'appauvrir de façon considérable, non seulement quantitativement mais aussi qualitativement.

Le déversement en excès dans les eaux, de substances par elles-mêmes non toxiques, comme les matières organiques ou les nitrates et les phosphates qui sont nécessaires à la vie, aboutit à créer des déséquilibres fonctionnels dans les écosystèmes aquatiques. De tels déséquilibres sont à l'origine de la détérioration de ces milieux. (1)

Les grands lacs, en particulier ceux de l'Erié et de l'Ontario sont de nos jours dans un état de pollution irréversible à l'échelle humaine. Il faudrait un demi-millénaire pour qu'ils retrouvent un état satisfaisant si l'on cessait immédiatement tout rejet d'effluent!

Le rapport de la commission internationale d'étude des grands lacs publié en 1971, a révélé que la rivière Niagara et quelques cours d'eaux de moindre importance, rejettent dans le lac Ontario quelques  $47 \times 10^6$  tonnes par an de matières solides, 6 millions de tonnes de chlorures, 12 millions de tonnes de phosphore et 146000 Tonnes de produits nitrés!

En U.R.S.S., on estime que 360 000 Km de cours d'eau sont pollués.

La forte contamination de la Volga par les agglomérations et les industries riveraines s'est traduite par une considérable diminution de stock d'esturgeons, donc de la production de Caviar. (2)

On estime aussi que le Rhin, sans doute le plus pollué des fleuves de l'Europe a charrié en 1972, 2000 tonnes de Cadmium, 30 000 tonnes de Chrome, 1000 tonnes d'Arsenic et 2000 tonnes de Plomb. (3)

Le cas du lac de Réghaia est un de ces innombrables écosystèmes aquatiques pollués et contaminés par l'homme

L'oued de Réghaia est devenu un véritable égout industriel à ciel ouvert, charriant ainsi des quantités énormes de matières solides, minérales et organiques.

Aussi la présente étude consiste à évaluer le degré de pollution au niveau des rivages de l'oued et du lac de Réghaia.

Pour cela nous nous sommes proposé d'analyser quantitativement quelques paramètres de pollution des eaux et des vases de ces rivages en nous intéressant plus particulièrement aux métaux lourds pour leur grande toxicité.

Situation géographique des eaux et caractères morphologiques de l'oued et du lac de Réghaia :

Le bassin de Réghaia d'une superficie de  $75 \text{ Km}^2$  est situé dans le Sahel Algérois.

L'oued de Réghaia est un petit cours d'eau qui traverse le petit lac de Réghaia d'origine naturelle.

Ce petit lac est fermé par une digue de retenue des eaux et est situé dans la commune de Aïn Taya. Quant à l'oued de Réghaia, il se situe à l'est de cette commune.

Le profil du lit de l'oued représenté sur la figure 1 a été tracé à l'aide d'une carte établie en 1981 par photogrammétrie. Nous remarquons que le lit de l'oued est complètement engorgé de vase noire. L'écoulement lent et la stagnation des eaux ont pour cause la faiblesse ou l'absence de pentes. En effet, en certains points et notamment dans la zone du marécage la pente n'est que de  $1 \text{ mm/m}$ ; aussi l'oued ralentit et dépose une partie de sa charge solide.

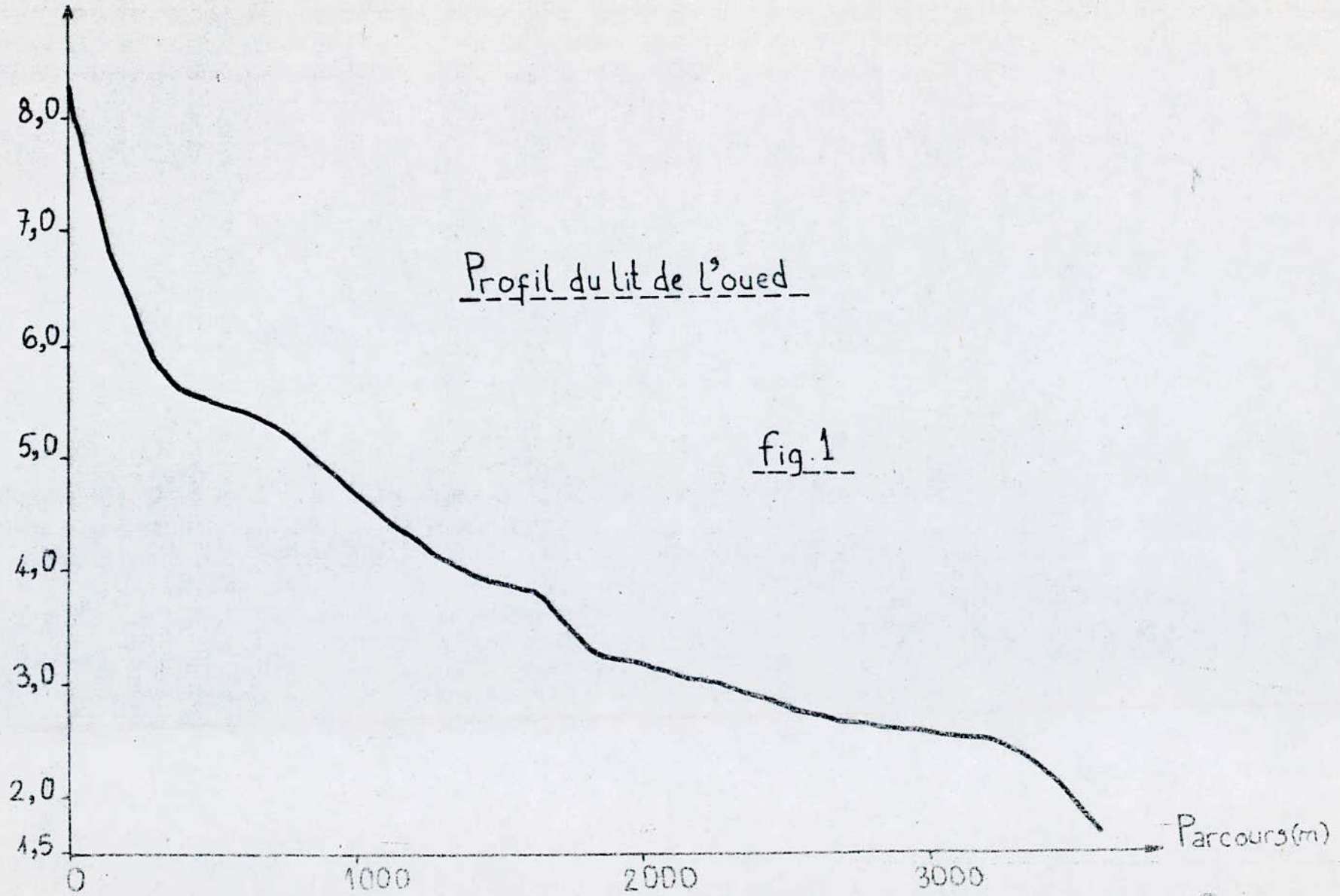
L'oued long de 6400 mètres entre le pont de la nationale 5 et la digue a une largeur variant entre 0,5 et 2,5m et une profondeur oscillant entre 0,4 et 2,5m.

Le lac que traverse l'oued couvre environ 90 hectares, sa largeur moyenne est de 500 METRES, sa longueur d'environ 2500mètres et sa profondeur de 0,7m en amont et au niveau de la digue, peut atteindre jusqu'à 12m au milieu du lac. (4)

La carte de situation du marais et de la zone industrielle de Réghaia est représentée sur les figures 2, 3, 4 et 5.








Côte (m) par rapport au niveau de la mer





CARTE DE SITUATION  
DU MARAIS ET DE LA ZONE  
INDUSTRIELLE.

-  LAC
-  ZONE MARÉCAGEUSE
-  AGGLOMÉRATION
-  CHEMIN DE FER
-  ROUTES

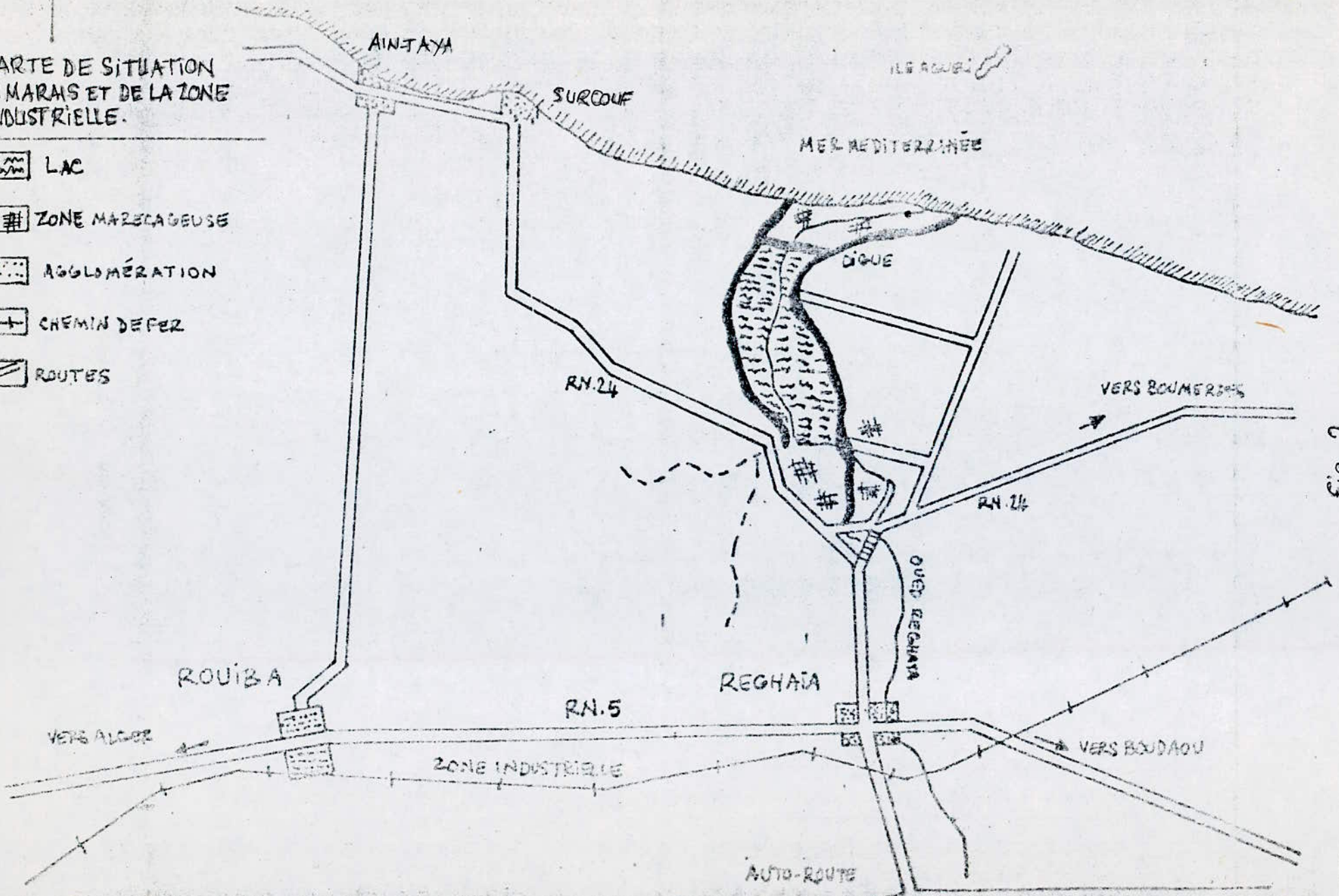


fig. 2

SITUATION DU BASSIN-VERSANT DE LOUED REGHAIA

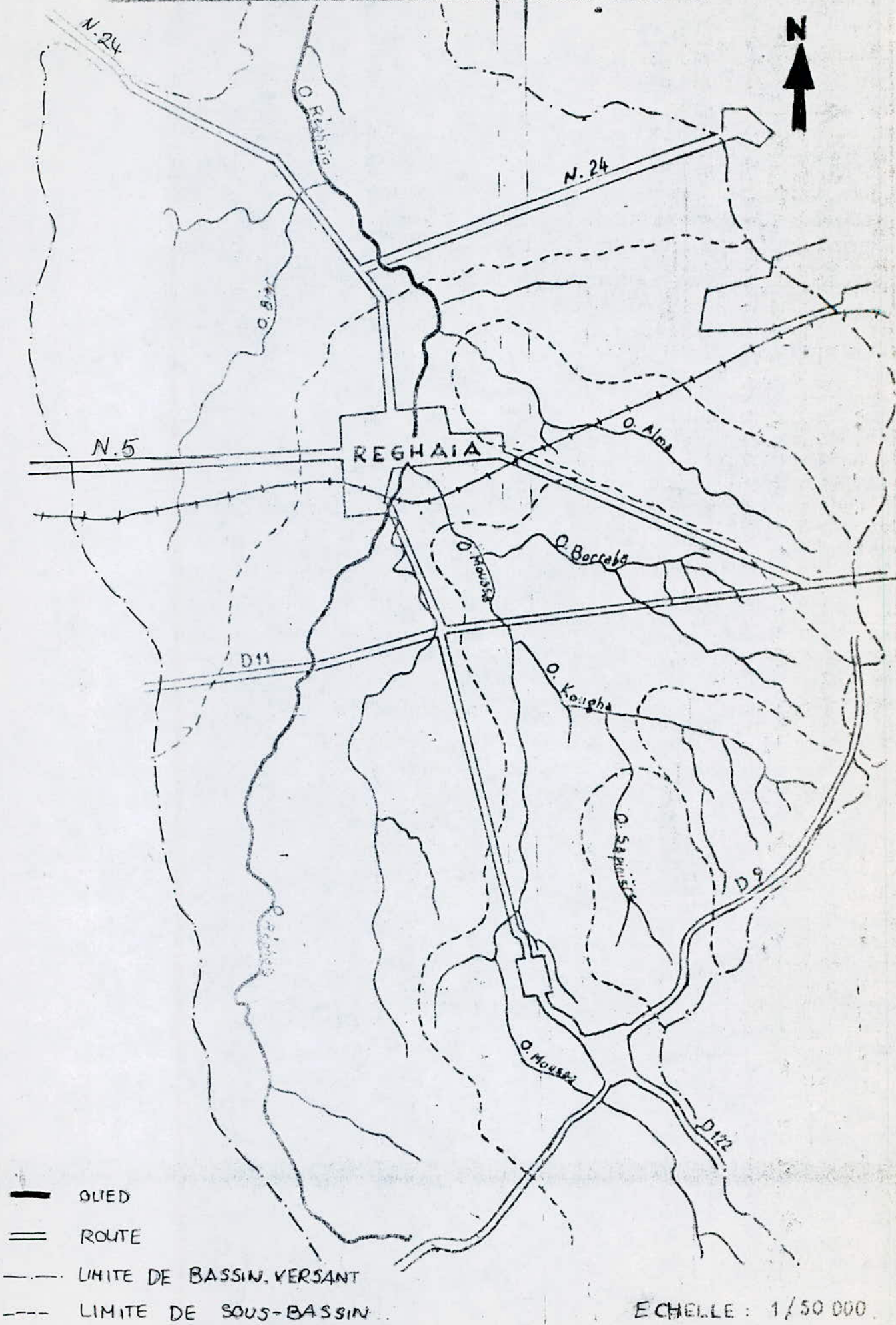
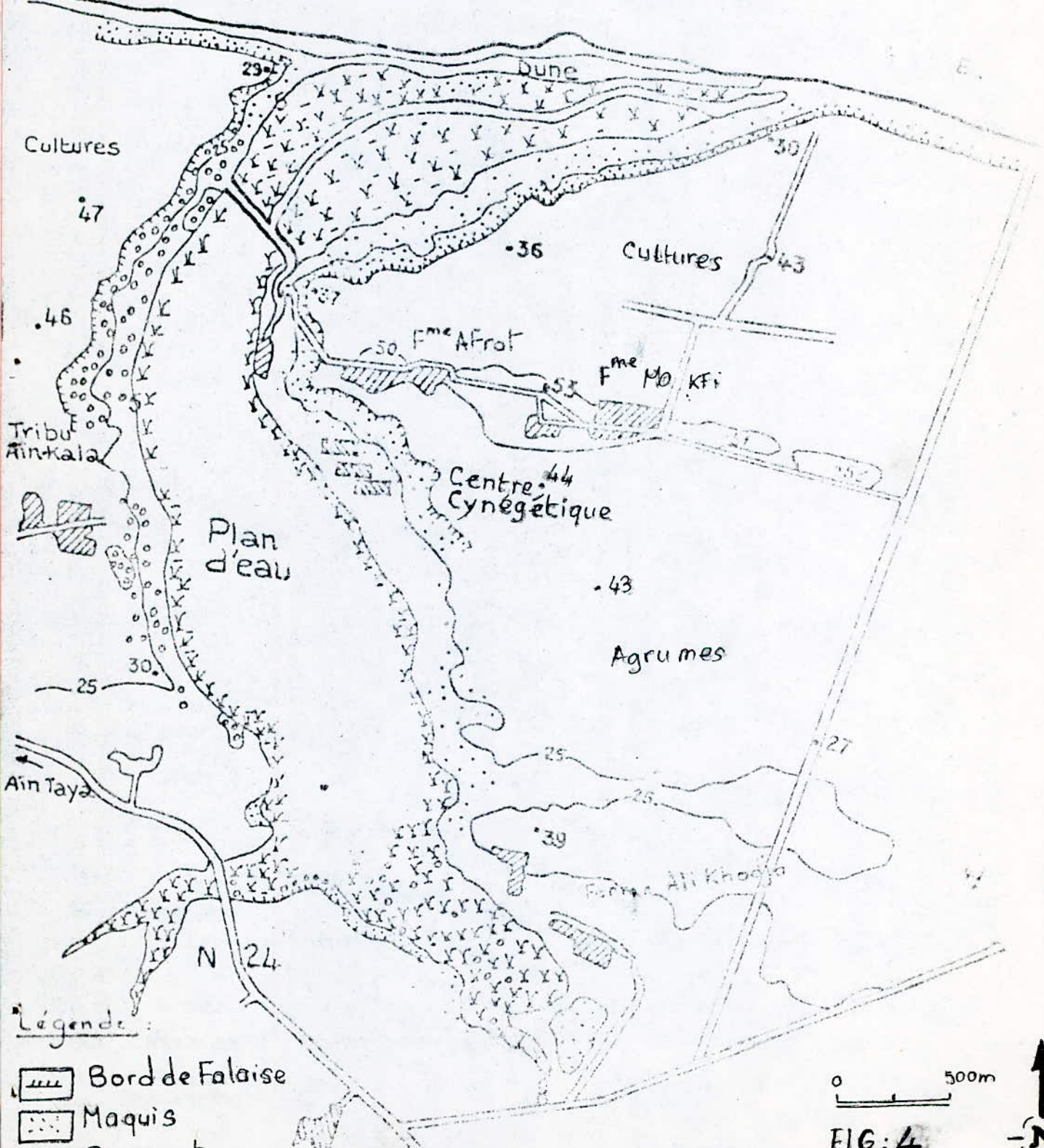






Fig. 3

# Marais de Réghaia



a. MER MEDITERRANEE



- Légende :
-  Bord de Falaise
  -  Maquis
  -  Bosquet
  -  végétation palustre

0 500m

FIG: 4



ROUBA

ECHELLE: 1/20 000 (SOURCE ANAT)

Vers  
MARB

REGHAIA

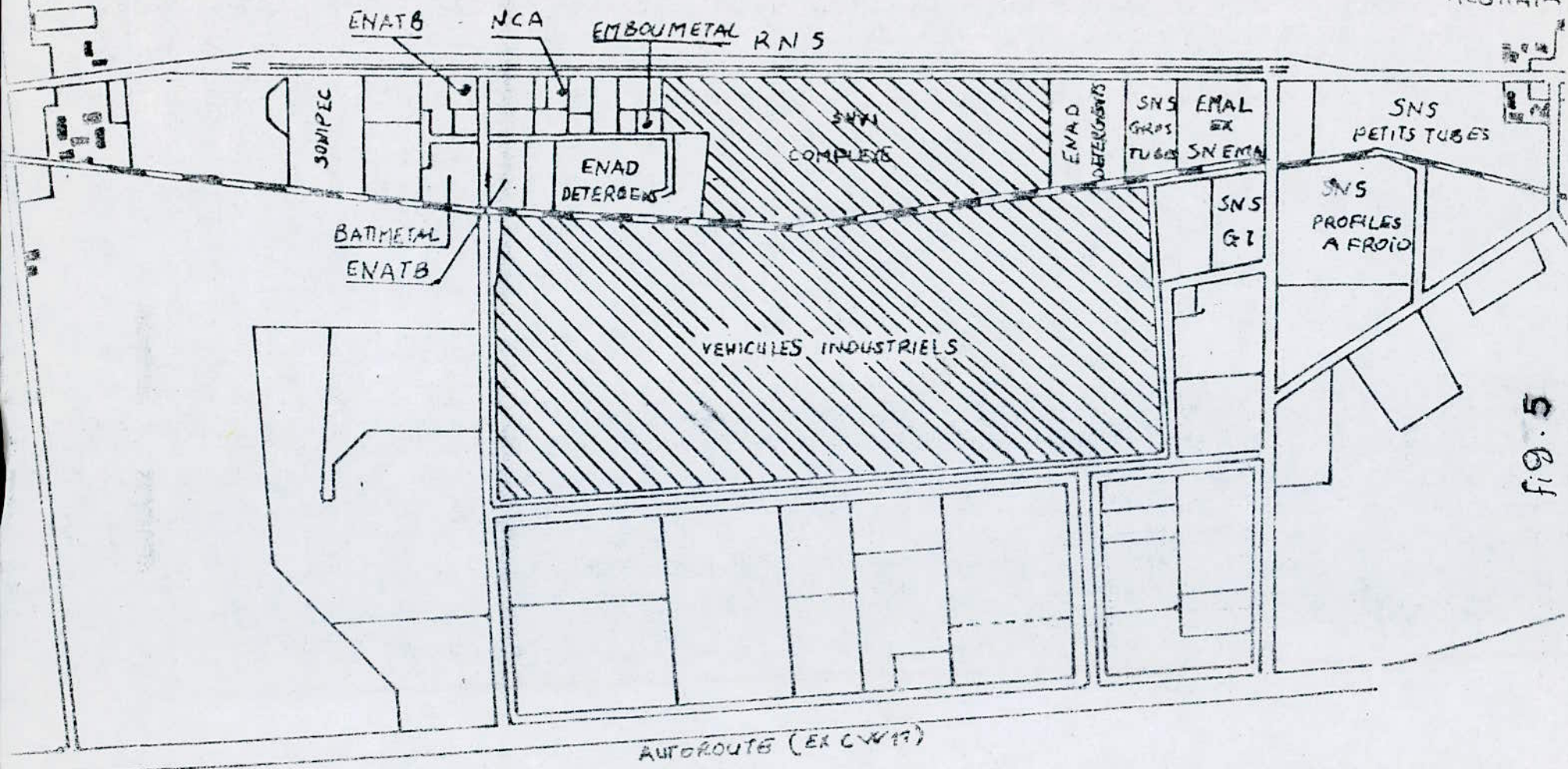


fig. 5

fig. 5

PLAN DE LA ZONE INDUSTRIELLE

-I- Pollution de l'oued et du lac de Réghaia :

Cette pollution se rapporte à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leur caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques

-I-1- Pollution due aux rejets urbains :

Cette pollution ne peut être négligée vu le nombre croissant d'habitants de cette région.

Ces rejets urbains sont composés de matières organiques dites banales (protides, lipides, glucides), de détergents et d'huiles qui pour se biodégrader épuiseront l'oxygène dissous de l'oued.

-I-2- Pollution due aux unités industrielles de la région de Rouiba-Réghaia :

Cette pollution renferme la majeure partie des métaux lourds rencontrés au niveau de l'oued et du lac de Réghaia.

Nous pouvons dire que ces rejets constituent un exemple intéressant pour les spécialistes de la pollution et un objet de répulsion pour les riverains.

Le tableau ci-dessous regroupe quelques résultats de paramètres de pollution due aux rejets d'unités industrielles, obtenus dans divers projets de fin d'études antérieures.

Nom de l'unité industrielle	Date et évaluation des paramètres de pollution (concentrations données en mg/l)			
Unité de production de lames de Rouiba (5)	le <u>02-04-1 986</u> <u>fer(0,9)</u>		le <u>06-04-1 986</u> <u>chrome(0,045)</u>	
Entreprise nationale d'ammeublement de bois(UMB412) Rouiba (6)	<u>du 01-04 au 07-05-1 986</u> <u>zinc(32,1)</u>			
EMAL (ex.SNEMAL) Production de boissons Réghaïa (7)	<u>du 01-12 au 25-12-1 986</u> D.C.O (655,4)      M.E.S (44,5)      hexoses (12,8)      pentoses (12,5)			
Unité "BATIMETAL" de Rouiba Fabrication et galvanisation des pylones hautes et basses tensions (8)	<u>du 13-04 au 03-05-1 986</u> <u>fer (25950,5)</u> <u>zinc (10 824,8)</u> <u>chrome (542,7)</u>			
Unité Tannerie et Mégisserie de Rouiba (9)	<u>le 02-06-1 987</u> <u>fer (0,7)</u>		<u>du 18-04 au 02-06-1 987</u> <u>chrome (91,75)</u> <u>M.E.S (1 957)</u>	
Unité Gros tubes ANABIB (10)	<u>du 31-03 au 28-04-1 987</u> <u>fer (1,2)</u> <u>zinc (2,0)</u> <u>chrome (0,02)</u> <u>cadmium (0,03)</u>			
Unité Profil à froid ANABIB Rouiba (10)	<u>du 07-04 au 28-04-1 987</u> <u>fer 6,2</u> <u>zinc 0,3</u> <u>chrome 0,03</u> <u>cadmium 0,01</u>			
Unité SNVI-CVI Production de camions-autobus autocars Rouiba-Réghaïa (11)	<u>fer(2,25)</u>		<u>zinc(0,45)</u> <u>chrome(1,00)</u>	

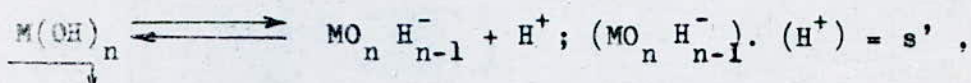
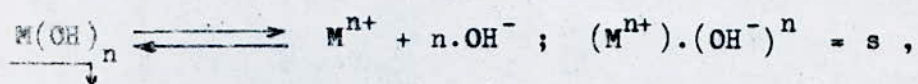
Tableau 1

-II- Les vases :

Dans les rivières polluées, les fonds peuvent être recouverts de matières biologiquement activées, telles films, vases, boues, ect...

Ces matières renferment un grand nombre de microorganismes, bactéries, levures, champignons, protozoaires, rotifères, vers et larves d'insectes qui se développent en masse gélatineuse. L'on peut également y trouver des algues lorsque les conditions d'éclairement sont propices. Outre ces matières organiques, les vases peuvent renfermer aussi des hydroxydes métalliques tels que,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , ect... à des teneurs variables dépendant de certains paramètres du milieu, comme le pH, la présence d'ammoniac, de cyanures, ect... (12)

Nous avons regroupé dans le tableau suivant les produits de solubilités des hydroxydes métalliques relatifs aux équilibres suivants :



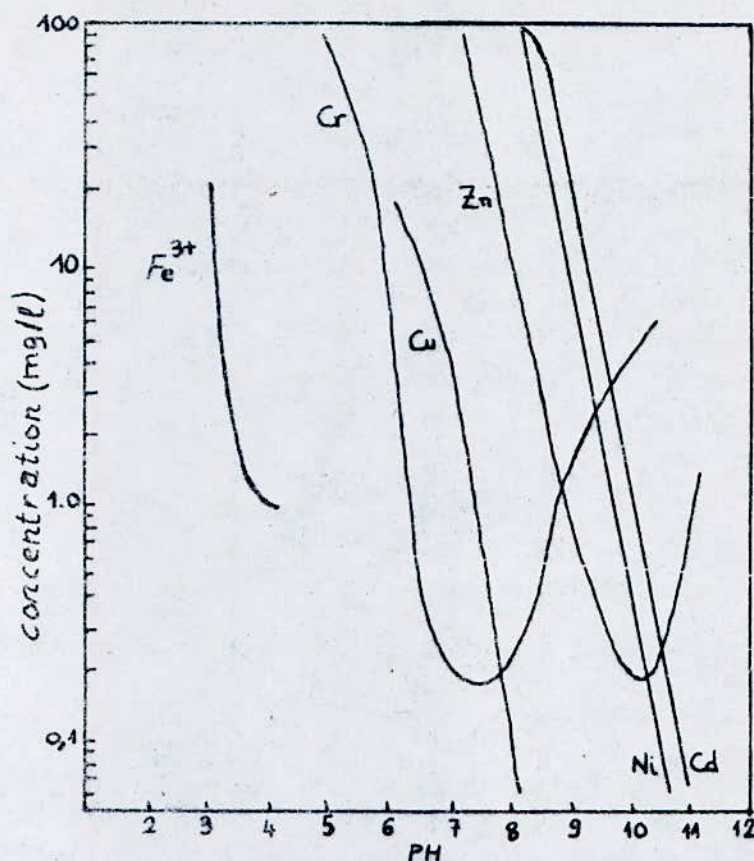
où M est métal donné :



Métal (M)	-logs	-logs'
Al (III)	32,5	11,2 - 13,9
Ag (I)	7,6	17,7
Cd (II)	13,5 - 14,2	18,7
Cr (II)	17,0	-
Cr (III)	30	14,4
Cu (I)	14,0	-
Cu (II)	19,7	19,0
Fe (II)	15,1	19,1
Fe (III)	37,2 - 38,2	-
Hg (I)	23-24 (2HO <sup>-</sup> )	-
Hg (II)	25,5	16,5
Pb (II)	14,5 - 15,6	15 - 16
Pb (IV)	64	32,4 (2H <sup>+</sup> )
Zn (II)	16,1 à 16,9	29,1 (2H <sup>+</sup> )

Tableau 2 (13)

La figure 6 montre la variation de la solubilité des ions métalliques en fonction du pH :



variation de la solubilité des ions métalliques en fonction du pH (12)

Fig. 6

Dépôt et décomposition des vases :

Les dépôts se forment à faible vitesse, au dessous de 20 cm/s car au dessus de 30 à 45 cm/s les matières déposées peuvent être remises en suspension. Dans le cas de matières biologiquement activées celles-ci causeront un accroissement secondaire de la D.B.O. (12)

Des phénomènes d'adsorption entrent en jeu également. Aussi un élément peut être entraîné, partiellement ou totalement, par la précipitation d'autres éléments (coprécipitation).

Ainsi, certains hydroxydes de Cr(III), Ti(IV), Th(IV), Zr(IV), Nb(V), Ta(V), ect... restant à l'état colloïdal peuvent maintenir dans le même état ou adsorbés de nombreux ions qui, au même pH, devraient précipiter. Cependant, dans les mêmes conditions, un excès de ces derniers corps peut, par floculation entraîner tous les hydroxydes qui autrement ne flocleraient pas.

La solubilité de la plupart de ces hydroxydes augmente avec l'élévation de la température bien que cet accroissement ne soit pas aussi élevé. Sous l'influence du pH et de la température, ces matières toxiques piégées dans les vases se redissolvent et par infiltration dans le sol avec les eaux de percolation cotaminent les eaux souterraines. (13)

Nous présentons ci-dessous un tableau donnant les teneurs en métaux lourds rencontrés dans les boues de stations d'épuration, les sols et les végétaux en mg/Kg de matières sèche. (16) :

Métaux	Teneur en métaux dans les boues domestiques (mg/Kg)	Teneur externe en métaux dans les boues contaminées (mg/Kg)	Teneur moyenne en métaux dans les sols (mg/Kg)	Teneur en métaux dans les végétaux (mg/Kg)	Valeurs limites fixées par la norme AFNOR (mg/Kg)
Zn	2000 à 3000	4000	50	15 à 150	3000
Mn	200 à 1000	1500	250	15 à 150	1500
Cu	200 à 1000	22500	20	3 à 40	500
Pb	100 à 300	4000	10	0,05 à 0,20	300
Cr	50 à 200	675	200	0,1 à 1,0	100
Ni	25 à 100	610	40	0,1 à 1,0	100
Cd	5 à 15	4000	0,5	/	20
Hg	2 à 8	53	0,03	0,01 à 0,10	15

Tableau 3

-III- Paramètres de pollution des eaux :-III-1- Pollution des eaux par les métaux lourds :

Certains métaux ont des effets bénéfiques, du moins à faible concentration tel est le cas des oligo-éléments. Cependant, à concentrations plus élevées, ils peuvent devenir toxiques.

Parmi les métaux les plus toxiques et les plus dangereux nous pouvons citer l'Argent, le Sélénium, le Mercure, le Plomb, le Chrome, etc...

Il importe donc de doser ces éléments avec précision dans les eaux naturelles ou usées, ainsi que dans l'eau potable afin de s'assurer que les normes sont respectées.

L'effet toxique de nombreuses substances en solution aqueuse ne dépend pas uniquement de leur concentration, mais bien souvent aussi de toutes une série d'autres facteurs. Ainsi pour de nombreux complexes et en particuliers les cyanures, le pH a une très forte influence sur l'action toxique.

Dans une eau douce, les métaux tels que le Plomb, le Chrome, le Cuivre, le Nickel, l'Argent et le Zinc ont une action beaucoup plus toxique que dans une eau dure.

Dans une eau contenant des matières humiques, l'influence de certains métaux lourds comme le Cuivre, le Plomb, le Mercure, le Chrome et le Cadmium, ressort plus fortement. Par contre les matières humiques sont sans effet sur d'autres métaux notamment le Zinc, le Nickel et le Cobalt. (1)

Le tableau suivant donne les valeurs des concentrations limites de métaux toxiques détruisant la faune piscicole d'un cours d'eau (3):

Toxiques	Concentration dans l'eau (mg/l)
Mercure	0,29
Cuivre	3,3
Zinc	8,4
Fer	14
Cadmium	17
Nickel	128
Cobalt	125

Tableau 4

Le deuxième tableau ci-dessous, quant à lui, donne les concentrations limites des rejets après traitement dans un milieu récepteur : eau de surface (18) :

Paramètres	Valeurs limites maximales
pH	6,5 à 8,5
T (°C)	30,00
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	20,00
DCO (mg/l)	90,00
Cr (mg/l)	0,10
Fe (mg/l)	1,00
Pb (mg/l)	0,10
Zn (mg/l)	2,00

Tableau 5

Lorsque plusieurs substances toxiques sont présentes dans l'eau, leurs actions peuvent simplement s'ajouter, se renforcer ou s'annihiler. Si la toxicité du mélange est supérieure à la somme des toxicités de chaque composant, il y a synergie (cas des sels de Cuivre et de Zinc).

Si au contraire, la toxicité globale est inférieure, il y a antagonisme (cas des sels de Nickel et de Strontium). (1)

#### Effets toxiques des métaux lourds (19), (20), (21), (22)

Nous citerons par ordre d'importance, les métaux rencontrés dans les eaux et les vases de l'ouéd et du lac de Réghaia.

##### -1- Fer :

Le fer occupe la quatrième place dans la classification d'abondance des éléments dans la croûte terrestre. Les minerais de fer sont réduits dans les hauts fourneaux pour produire des aciers ou des fontes utilisées dans les diverses industries mécaniques. Le fer à haute pureté est stable à l'air et dans l'eau, suite à la formation à sa surface d'une couche d'oxyde. Mais le fer ordinaire qui contient des impuretés de toute sorte est vite rouillé dans une ambiance humide. Il forme deux séries de combinaisons, composés ferreux (+2) et ferrique (+3) qui est plus stable.

Le fer bivalent et trivalent est essentiel au métabolisme humain. Il est apporté en quantité suffisante à l'organisme humain par l'alimentation dont les besoins sont de l'ordre de 2 à 3 mg par 24 heures.

La toxicité du fer pour l'homme est inexistante, seulement pour des raisons d'ordre esthétique que des normes ont été imposées quant à la concentration admissible.

La toxicité du fer pour les poissons dépend du pH et elle est liée à un dépôt d'hydroxyde sur le mucus alcalin des branchies des poissons et les détériore par érosion. Une quantité de 0,9 mg/l à pH=6,5-7,5 a un effet mortel.

Des essais ont montré que pour une concentration de 1g/l de sulfate de fer, et pendant 24 heures, la moitié environ des Spirogyres étaient détruite.

Pour les levures les concentrations mortelles se situent entre 0,2 à 0,5 ppm.

Le sulfate de fer subit dans l'eau et le sol une décomposition par hydrolyse et une oxydation. Il se forme par conséquent un dépôt d'hydroxyde ferrique dans le sol, entraînant une disparition des diverses espèces telles que les trèfles et les herbes douces qui sont remplacés par des prêles, des herbes acides et des mousses.

#### -2- Zinc :

Le zinc est un métal couramment répandu sur le globe, on le rencontre pratiquement toujours au niveau des gisements de plomb. Les principaux minerais de zinc sont la blende, la sphérolite, et la calamine. La teneur moyenne du zinc dans la lithosphère est de 1 ppm environ. Le zinc est couramment rencontré dans les eaux à l'état d'hydroxyde, de carbonate ou de sulfure de zinc:  $Zn(OH)_2$ ,  $ZnCO_3$ ,  $ZnS$ .

Le zinc est un élément nécessaire au métabolisme humain, il entre en effet dans la composition de nombreuses enzymes et dans l'insuline. Il présente un effet gênant en ce sens qu'il confère à l'eau un goût désagréable. Pour la plupart des poissons la concentration létale se situe entre 0,01 ppm et 10 ppm.

À la suite d'une étude, J.M. Ruller et A. Rerimutter ont montré que le zinc peut augmenter le pouvoir infectieux du virus vis-à-vis des poissons. Le poids, la reproduction des poissons exposés, le nombre de femelles, le nombre d'oeufs pondus par femelle, le nombre d'oeufs arrivant jusqu'à l'éclosion, subissaient une réduction d'autant plus importante que les concentrations du zinc dans le milieu étaient élevées.

Des quantités de 1 mg/l ont une action stimulante sur la nitrification, des teneurs dépassant 10 mg/l provoquent des détériorations graves.

Des phénomènes d'intoxication apparaissent pour des quantités supérieures à 20 mg/l. Il se produit un ralentissement des processus biologiques dans l'eau se traduisant par une diminution de la respiration aérobie et une forte perturbation de l'assimilation de l'azote.

L'appareil chlorophyllien des végétaux est est détérioré par les sels de zinc. Une dose de 2 à 3 mg/l de zinc influe défavorablement sur la croissance en longueur des végétaux. Le développement de petits pois en culture dans l'eau est favorisé par des additions de 0,03 à 0,15 mg/l de sulfate de zinc.

### -3- Chrome :

La teneur de l'écorce terrestre en chrome est  $2 \cdot 10^{-2}\%$  (massique). Le minéral chromifère le plus important est la chromite (chromoferrite, fer chromé ou chromaté)  $Fe(CrO_2)_2$ .

Une intoxication aiguë par le chrome entraîne une tubulonéphrite aggravée par une hépatite toxique avec ictère.

Dans l'eau distillée à 21° C une concentration de 130 à 160 mg/l de sulfate de chrome a une action toxique sur les poissons. Les chromates sont toxiques à une dose supérieure à 50 mg/l. Une application de 10 mg/l de chlorure chromique a pour conséquence un ralentissement de l'activité de fermentation.

Les boues d'eaux résiduaires peuvent être enrichies en Cr(VI) jusqu'à 3% de leur poids sec, sans que la dégradation bactérienne des matières organiques en souffre. L'*Escherichia coli* n'est pas sensible à une concentration de 100 mg/l de sel chromique.

L'action toxique des sels chromiques sur les végétaux se manifeste par un dépérissement général de toutes les parties végétales, et par une destruction graduelle de l'appareil chlorophyllien.

Le blé, le seigle, le maïs et les petits pois sont fortement détériorés par une dose de 0,1 µg/l de chrome. Les chromates ont un effet favorable sur le blé à des concentrations très faibles.



-4- Plomb :

Le plomb se trouve dans l'écorce terrestre à des teneurs de 13 mg/Kg. Les principaux minerais plombifères sont la galène  $PbS$ , l'anglésite  $PbSO_4$  et la cérussite  $PbCO_3$ . A l'air le plomb perd son éclat en se recouvrant d'une couche d'oxyde  $PbO$ . En présence d'humidité, il réagit sur l'oxygène atmosphérique pour donner l'hydroxyde de plomb:  $Pb(OH)_2$ . Par accumulation dans l'organisme, le plomb provoque le saturnisme. Il est absorbé par voies cutanée, digestive et respiratoire. Il présente une très grande affinité pour les tissus osseux, il s'accumule à une proportion de 90% provoquant des travées osseuses opaques. La concentration maximale admissible dans l'eau d'alimentation est inférieure à  $5 \cdot 10^{-2}$  mg/l. L'organisme est capable d'éliminer jusqu'à 400µg de plomb par jour. Dans les eaux douces, les composés de plomb exercent vis-à-vis des poissons une action toxique très puissante. Avec des teneurs de 0,1 à 0,4 mg/l de Pb des épinoches, des vairons et des truites ont péri. De légères addition de plomb dans le sol favorisent le processus de nitrification, mais l'ammoniation est par contre inhibée.

Le plomb ralentit la croissance des racines et provoque une nette atténuation de la respiration. Pour une concentration dépassant 50mg/l, les plantes (pomme de terre, avoine, ...) périssent en l'espace de 8 jours.

-5- Cuivre :

La teneur de l'écorce terrestre en cuivre est de  $5,5 \cdot 10^{-3}$ % (en masse). Il est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, et de minerais oxydés ou sulfurés.

A l'air il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique. Il possède les propriétés d'être un bon conducteur de l'électricité et de la chaleur. Le cuivre est un élément essentiel à l'homme; la principale source d'apport de cuivre à l'organisme est fournie par l'alimentation. Le cuivre entre dans la composition d'un certain nombre de protéines spécifiques dont il joue un rôle important. Il intervient également dans le métabolisme du FER. Les quantités de cuivre nécessaire à l'organisme humain sont environ 2 mg/jour pour les enfants et 3 mg/jour pour les adultes. L'accumulation

du cuivre dans l'organisme entraîne des troubles au niveau du foie, du système nerveux centrale, des reins des yeux.

La norme européenne concernant le cuivre dans les eaux de boissons est de 0,05 mg/l.

La limite de toxicité du cuivre ( $\text{CuSO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$ ) est de 0,1 mg/l pour les salmonidés très sensibles ; de 0,55 mg/l pour la carpe. A des concentrations de 0,01 à 0,02 mg/l (Cu), en présence de zinc, les effets du cuivre augmentent. A des concentrations supérieures à 1 g/l, il apparaît des phénomènes de paralysie chez la truite arc-en-ciel.

Pour 0,1 à 0,5 mg/l de sulfate de cuivre on a un effet toxique sur les algues. Le seuil de toxicité pour les bactéries du genre *escherichia coli* est de 0,08 mg/l de  $\text{Cu}^{++}$ , pour les algues du genre *scenedesmus* de 0,15 mg/l et des teneurs allant de 0,2 à 0,6 mg/l en  $\text{CuSO}_4$  sont toxiques pour certains protozoaires.

#### -6- Cadmium :

Le cadmium ne se rencontre qu'à l'état combiné associé au zinc, la teneur dans l'écorce terrestre est de  $1,5 \cdot 10^{-2}$  (%massique).

Le cadmium est essentiellement utilisé dans divers alliages. Il est stable à l'air et dans l'eau.

Des concentrations en Cd de l'ordre du mg/l, dans l'eau potable, conduisent à des affections osseuses extrêmement douloureuses (maladie d'itai-itai).

Il est plus toxique que le plomb car il n'est pas éliminé. C'est au niveau du rein qu'il se fixe à des protéines conduisant à une intoxication rénale.

Vis-à-vis des épinoches, le nitrate de cadmium est toxique en concentration de 0,3 mg/l de Cd pour une période de contact d'une semaine.

Pour les bactéries (*escherichia coli*), la limite de toxicité de l'ion cadmium, est de 15 mg/l pour les algues (*scenedesmus*) et les petits crustacés (*daphnia*), elle est de l'ordre de 0,1 mg/l.

-III-2- Autres paramètres caractéristiques de la pollution des eaux :

Nous présenterons successivement ;

les matières en suspension (M.E.S) ,

la demande chimique en oxygène (D.C.O) ,

et l'influence du phosphore comme autres paramètres d'évaluation de la pollution des eaux.

-III-2-1- Les matières en suspension (M.E.S) :

La teneur en matières en suspension des eaux est très variable selon les cours d'eau. Pour chacun d'eaux, elle est fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux et des rejets, ect...

Des valeurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter ainsi le développement de la vie aquatique.

L'asphixie des poissons par colmatage des branchies, est souvent la conséquence d'une teneur élevée en M.E.S.

Les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échange d'ions ou d'adsorption aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les microorganismes.

-III-2-2- La demande chimique en oxygène (D.C.O): (23)

Dans les conditions expérimentales définies par la méthodologie, la D.C.O correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, ...) présentes dans les eaux résiduaires.

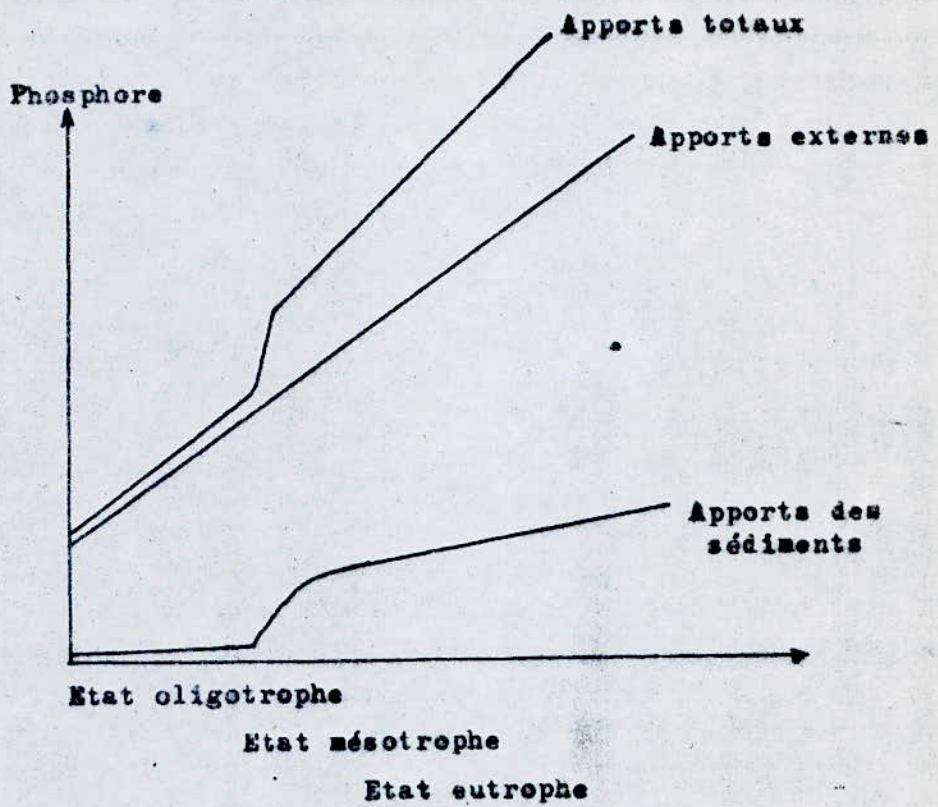
-III-2-3- LE phosphore : (1),(23)

Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation.

On distingue dans les analyses, le phosphore soluble qui comprend essentiellement le phosphore des orthophosphates avec un peu de phosphore organique dissous et le phosphore total comprenant toutes les variétés minérales (phosphates dissous, phosphates autres que les orthophosphates et organiques, phosphates particuliers liés au plancton, ect...).

La proportion du phosphore total au phosphore soluble est très différente suivant les lacs, pouvant aller de 1 à 14, le plus souvent cependant de 1,5 à 3.

Nous pouvons observer dans l'évolution des lacs de l'oligotrophie à l'eutrophie un enrichissement brutal de l'eau en phosphore provenant de la vase, comme le montre la figure ci-prés. C'est là un phénomène très important qui expliquerait la rapidité de l'eutrophisation de certains lacs (Vollenweider, 1962) :



( Evolution schématique d'un lac ,  
 de l'état oligotrophe , riche en  
 oxygène hypolimnique , à l'état  
 eutrophe à faible teneur  
 hypolimnique en oxygène (d'après  
 Vollenweider) ) .

-IV- Méthode de détection des métaux lourds à l'état de traces par absorption atomique (A.A) : (17),(23),(25)

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était déjà connu depuis très longtemps.

Les séduisantes possibilités qu'offre la méthode et en particulier sa rapidité, l'on fait adopter au dosage d'un certain nombre d'éléments rencontrés dans les eaux.

-IV-1- Principe de la méthode:

On fournit à l'atome non excité exactement la radiation qu'il est capable d'absorber. Cette radiation est émise par une source externe d'intensité  $I_0$  déterminée. En traversant la flamme, cette radiation est partiellement absorbée par l'élément et son intensité diminue d'autant que la concentration en cet élément est plus grande selon la loi de BEER-LAMBERT :

$$D = \ln(I_0 / I) = K.L.C. \quad \text{ou} \quad I_t = e^{-K.L.C} \cdot I_0.$$

où  $I_0$  désigne l'intensité de la lumière avant la traversée de l'échantillon ,

$I_t$  l'intensité de la lumière transmise ,

C la concentration de la substance absorbante ,

L la longueur du chemin optique et

D la densité optique ou absorbance .

La flamme ne sert qu'à dissocier les combinaisons chimiques et à vaporiser l'élément sous forme atomique. Elle est alimentée par un mélange acétylène-air ou acétylène-oxyde nitreux ou protoxyde d'azote  $N_2O$  .

-IV-1-1- Appareillage

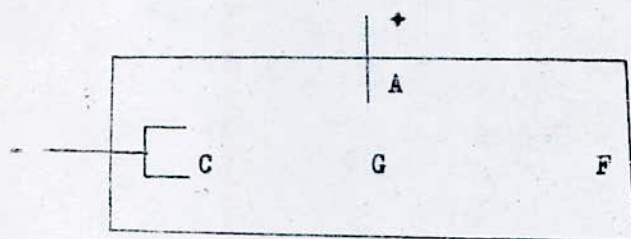
L'appareil d'A.A utilisé est commercialisé par PERKIN ELMER.

L'appareillage comprend entre autres :

-a- Un système d'émission :

Il s'agit d'une lampe à cathode creuse dont la nature varie suivant l'élément à doser; elle est constituée:

- . d'une cathode cylindrique recouverte de l'élément recherché,
- . d'une tige de métal appelée anode et
- . d'un gaz inerte de remplissage (Néon ou Argon).



A : anode .

C : cathode creuse .

F : fenêtre transparente .

G : gaz inerte .

Schéma d'une cathode creuse

-b- Un dispositif brûleur-atomiseur :

Il s'agit d'un mélange d'air et d'acétylène. Il permet de pulvériser la mixture contenant l'élément à doser dans la flamme qui dissocie alors les molécules en atomes libres.

-c- Un monochromateur (réseau) :

Il est destiné à parfaire la sélection de la longueur d'onde, déjà effectuée par le choix de la cathode creuse.

-d- Un détecteur (photomultiplicateur) :

L'énergie lumineuse est alors transformée en tension électrique proportionnelle à l'énergie incidente qui sera amplifiée avant d'être envoyée sur un cadran de lecture ou enregistrée automatiquement.

Le schéma est présenté ci-dessous :

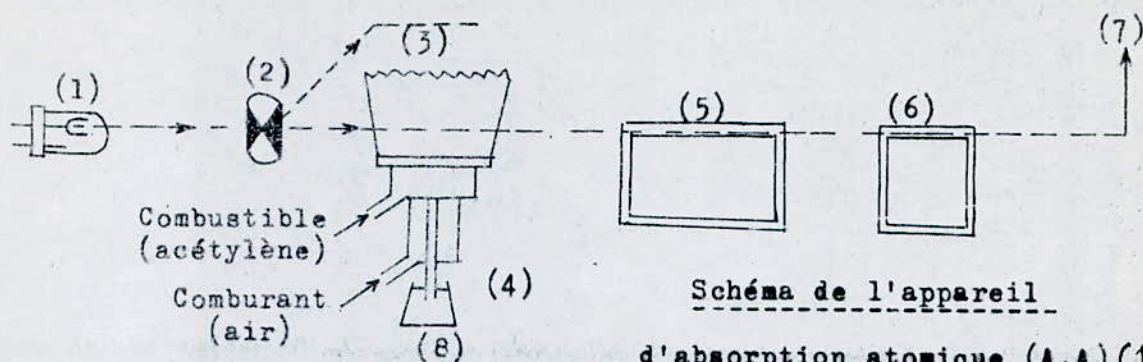


Schéma de l'appareil  
d'absorption atomique (A.A) (17)

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| (1) Lampe creuse à cathode creuse . | (5) Monochromateur .                    |
| (2) Lamelle rotative .              | (6) Photomultiplicateur-amplificateur . |
| (3) Aspirateur-brûleur .            | (7) Cadran ou enregistreur .            |
| (4) Capillaire .                    | (8) Echantillon .                       |

Les conditions opératoires retenues pour le dosage des différents éléments sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Elément	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Longueur d'onde (nm)	228,8	357,9	324,7	248,3	283,3	213,9
Bande passante (nm) (SEW)	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7
Débit d'acétylène (l/mn)	1	1	1	1	1	1
Débit d'air (l/mn)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Domaine de dosage (mg/l)	0,02 à 2	0,1 à 10	0,05 à 6	0,1 à 10	0,2 à 10	0,05 à 2

Tableau 8



-IV-I-2- Produits chimiques utilisés et méthode de  
préparation des étalons des métaux lourds :

-a- Produits chimiques utilisés :

- Eau déminéralisée.
- Ampoule contenant une solution de  $(1,000g \pm 0,002g)$  de cadmium ,  
( $\text{CdCl}_2$  dans l'eau) , Titrisol , Merck , RFA .
- Ampoule contenant une solution de  $(1,000g \pm 0,002g)$  de chrome ,  
( $\text{CrCl}_3$  dans l'acide chlorhydrique à 4,2 %) , Titrisol , Merck , RFA .
- Ampoule contenant une solution de  $(1,000g \pm 0,002g)$  de fer ,  
( $\text{FeCl}_3$  dans l'acide chlorhydrique à 15 %) , Titrisol , Merck , RFA .
- Ampoule contenant une solution de  $(1,000g \pm 0,002g)$  de plomb ,  
( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dans l'eau) , TITRISOL , Merck , RFA .
- Ampoule contenant une solution de  $(1,000g \pm 0,002g)$  de cuivre ,  
( $\text{CuCl}_2$  dans l'eau) , Titrisol , Merck , RFA .
- Ampoule contenant une solution de  $(1,000g \pm 0,002g)$  de zinc ,  
( $\text{ZnCl}_2$  dans l'acide chlorhydrique à 0,06 %) , Titrisol , Merck , RFA .
- Acide chlorhydrique fumant 37 % , M=36,46 - lL=1,19 Kg - Merck - RFA.
- \* Acide sulfurique 25 % - M=98,08 - lL=1,18Kg - Merck - RFA .
- \* Acide nitrique 65 % - M=63,01 - lL=1,40Kg - Merck - RFA .

-b- Préparation des étalons pour le dosage  
des métaux lourds :

-La solution de titrisol de cadmium est versée dans une fiole jaugée d'un litre ; à cette solution sont ajoutés 5ml de solution d'acide chlorhydrique concentrée que l'on complète jusqu'à un litre avec de l'eau déminéralisée. La solution obtenue titre 1000mg/l de cadmium. Diverses solutions étalons ont été préparées par dilutions successives. Nous avons préparé des solutions respectivement à 0,1mg/l; 0,3mg/l et 0,5mg/l de cadmium .

Nous avons procédé de la même manière que précédemment pour obtenir :

- des solutions étalons de cuivre à 0,1mg/l ; 0,5mg/l et 1,0mg/l ,
- des solutions étalons de chrome à 0,2mg/l ; 1,0mg/l et 2,0mg/l ,
- des solutions étalons de fer à 1,0mg/l ; 5,0mg/l et 10,0mg/l ,
- des solutions étalons de plomb à 0,1mg/l ; 0,5mg/l et 1,0mg/l et
- des solutions étalons de zinc à 0,2mg/l ; 0,5mg/l et 1,0mg/l .

-IV-1-3- Méthode de préparation des échantillons :

-a- Echantillons d'eau :

A 100 ml d'échantillon d'eau sont ajoutés 5 ml de solution HCl concentré et l'on porte le tout durant 15 minutes dans un bain de vapeur. On ajuste ensuite le volume à 100 ml et on procède à l'analyse.

Il ya lieu de remarquer que pour des solutions concentrées, y avons procédé à des dilutions afin de respecter le domaine de dosage.

-b- Echantillons de vases :

Pour l'analyse des métaux contenus dans les vases, nous avons d'abord minéralisé les échantillons de vases. La méthode utilisée est la suivante(26) :

L'échantillon est mis à l'étuve à 105° C. Une fois séché, il est broyé dans un mortier et attaqué ensuite à l'acide chlorhydrique et nitrique. Enfin, il subit une calcination à 450° C en présence de nitrate d'ammonium.

Cette dernière opération s'effectue de la manière suivante:

2g de vase contenus dans une capsule de platine ou silice est ajouté du nitrate d'ammonium (solution à 10%) à raison de 2ml/g d'échantillon.

Après homogénéisation et séchage à l'étuve à 110° C, la capsule est placée dans un four froid et calcinée durant 2 heures à 450° C. LE

résidu de calcination est repris par quelques ml d'eau et transféré dans un becher; la capsule est rincée dans un premier temps 2 fois

avec 5ml de HCl concentré chaud puis 2 fois avec 5ml d'eau bouillante

et transvasée dans le bécher. 5ml de HNO<sub>3</sub> concentré y sont ajoutés et

l'on porte à douce ébullition pendant 10min puis l'on évapore à sec.

Le résidu est repris par 20 ml de HCl(2N), chauffé jusqu'à ébullition, puis filtré sur papier filtre. Le filtrat est recueilli dans une fiole jaugée de 100 à 200 ml. Le béccher et le filtre sont lavés avec 10 ml de HCl(2N) et de 2 à 3 fois avec l'eau bouillante. Après l'avoir laissé refroidir, le tout est amené au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée. Il ya lieu de noter qu'il a été procédé de la même manière pour les échantillons d'eaux.

-V- Analyse expérimentale :

La pollution de l'oued de Réghaia et de son lac causée essentiellement par les rejets industriels et urbains de cette région est estimée en fonction du débit de ces rejets et de la nature de leurs charges polluantes.

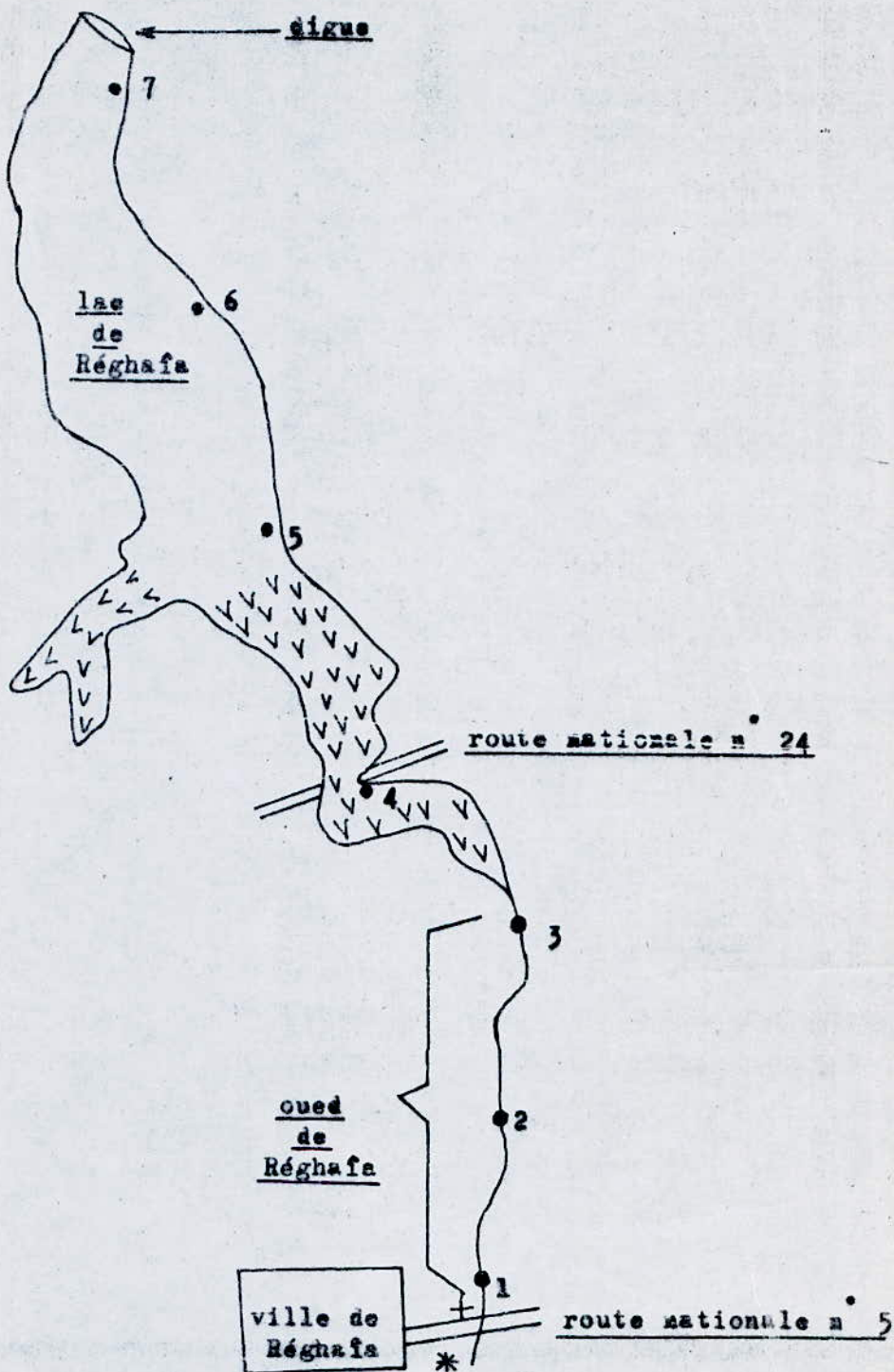
-V-1- Echantillonnage :

-a- Choix des prélèvements :

Les prélèvements ont été effectués en certains points au niveau des rivages de l'oued et du lac de Réghafa.

Le schéma suivant montre :

- trois(3) points au niveau de l'oued ,
- un point au niveau du marécage et
- trois(3) points au niveau du lac .



\* : point de déversements de la zone industrielle .

+ : point de déversements urbains .

∩∩∩ : marécagee .

1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont les points de prélèvements .

-b- Prélèvement des échantillons :

Le mode de prélèvement conditionne directement les résultats d'analyse. De ce fait les échantillons, prélevés doivent être représentatifs.

Dans cette étude les prélèvements des eaux ont été effectués manuellement à l'aide de bouteilles en PVC rincées plusieurs fois avec l'échantillon d'eau à analyser prélevé au point considéré.

Les vases quant à elles, ont été prélevée à une profondeur d'environ 5 cm du fond du lit en question.

-c- Conservation des échantillons :

Entre le prélèvement et l'analyse, il faut avoir présent à l'esprit les nombreuses transformations physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu et risquent de fausser les résultats. Aussi, pour stabiliser un échantillon, ou du moins, ralentir les réactions éventuelles, nous avons considéré les précautions suivantes résumées dans le tableau ci-dessous : (17)

Analyse	Bouteille en	Volume (ml) requis	Précautions préconisées	Délai maximal pour l'analyse
D.C.O	P.V.C Verre	100	Addition de $H_2SO_4$ (pH < 2)	7 jours
Matières solides	P.V.C Verre	$\geq 100$	A réfrigérer à 4 °C	7 jours
Métaux	P.V.C Verre	200	Addition de $HNO_3$ (pH < 2) et filtrer sur place	6 mois
Phosphate	Verre rincé aux acides	100	A réfrigérer à 4 °C	24 heures

Tableau 9

-d- Précision des méthodes d'analyse et des mesures :

La validité d'une méthode de mesure dépend

à la fois :

- de sa fidélité ou reproductibilité .
- de son exactitude ou justesse, soit encore de l'écart entre la valeur trouvée et la valeur réelle .

-V-2- Mode opératoire de la technique d'absorption atomique :

Le dosage des métaux nécessite le tracé de courbes d'étalonnage pour chacun d'eux en portant l'absorbance en fonction de la concentration. En s'y référant l'on déduira la teneur en chacun des éléments contenus dans l'échantillon d'eau à analyser.

Les écarts par rapport à la loi de BEER-LAMBERT s'observent pour des concentrations élevées. Aussi, afin d'améliorer la précision de la droite d'étalonnage expérimentale, nous avons pensé appliquer pour certaines droites la méthode de régression dite des moindres carrés. L'équation de la droite est de la forme :

$$Y = a \cdot X . \quad \text{avec :}$$

X la concentration en mg/l ,

Y l'absorbance ,

a la pente de la droite et

n le nombre d'étalons .

La valeur de a est donnée par la formule suivante :

$$a = \frac{(n \cdot \sum X \cdot Y) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Le coefficient de corrélation ( $\rho$ ) est donné par la relation :

$$\rho = \sqrt{a_x \cdot a_y} \quad \text{avec :} \quad a_x = \frac{\sum X.Y}{\sum (X^2)} \quad \text{et} \quad a_y = \frac{\sum X.Y}{\sum (Y^2)}$$

-V-3- Résultats d'analyse :

-V-3-1- Courbes d'étalonnage :

Les courbes d'étalonnage du fer, zinc, chrome, cadmium, cuivre, plomb et orthophosphates sont représentées sur les figures 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 .

-V-3-2- Calcul d'erreur :

Nous avons évalué l'erreur absolue commise sur la concentration en prenant en compte l'erreur absolue observée sur la valeur lue D d'absorbance.

En effet de la relation:  $D = K.L.C$  , nous déduisons l'erreur relative :

$$\Delta D/D = \Delta C/C \quad \text{d'où} \quad \Delta C = C.(\Delta D/D) .$$

Remarquons enfin que la précision de l'appareil est du millième ( $\Delta D = 0,001$ ).

-V-3-3- Tableaux des résultats :

Nous présentons dans les tableaux suivants obtenus lors des prélèvements d'échantillons de vases et d'eaux effectués lors de deux campagnes :

-a- Première campagne effectuée le 12 Decembre 1 987 :

-a-1- Prélevements de vases :

échantillon métal	1	2	3	4	5	6	7
Fe(g/Kg)	13,653	14,350	11,530	4,930	1,815	1,413	1,216
erreur (g/Kg)	+ <sub>-</sub> 1,024	+ <sub>-</sub> 0,718	+ <sub>-</sub> 0,081	+ <sub>-</sub> 0,081	+ <sub>-</sub> 0,080	+ <sub>-</sub> 0,081	+ <sub>-</sub> 0,081
Zn(g/Kg)	0,202	0,320	0,313	0,275	0,215	0,186	0,180
erreur (g/Kg)	+ <sub>-</sub> 0,003	+ <sub>-</sub> 0,005	+ <sub>-</sub> 0,004	+ <sub>-</sub> 0,004	+ <sub>-</sub> 0,003	+ <sub>-</sub> 0,003	+ <sub>-</sub> 0,003
Pb(g/Kg)	0,296	0,270	0,246	0,220	0,076	0,041	0,017
erreur (g/Kg)	+ <sub>-</sub> 0,017	+ <sub>-</sub> 0,011	+ <sub>-</sub> 0,013	+ <sub>-</sub> 0,013	+ <sub>-</sub> 0,005	+ <sub>-</sub> 0,003	+ <sub>-</sub> 0,003
Cu(g/Kg)	0,165	0,182	0,151	0,143	0,096	0,087	0,052
erreur (g/Kg)	+ <sub>-</sub> 0,022	+ <sub>-</sub> 0,018	+ <sub>-</sub> 0,018	+ <sub>-</sub> 0,018	+ <sub>-</sub> 0,009	+ <sub>-</sub> 0,009	+ <sub>-</sub> 0,009
Cd(mg/Kg)	6,2	7,5	7,0	6,4	2,2	1,6	1,2
erreur (mg/Kg)	+ <sub>-</sub> 1,0	+ <sub>-</sub> 0,6	+ <sub>-</sub> 1,0	+ <sub>-</sub> 1,0	+ <sub>-</sub> 0,9	+ <sub>-</sub> 0,8	+ <sub>-</sub> 0,9
Cr(g/Kg)	0,910	1,966	1,360	1,34	0,315	0,114	0,078
erreur (g/Kg)	+ <sub>-</sub> 0,100	+ <sub>-</sub> 0,201	+ <sub>-</sub> 0,201	+ <sub>-</sub> 0,201	+ <sub>-</sub> 0,040	+ <sub>-</sub> 0,020	+ <sub>-</sub> 0,010

Tableau 10



-a-2- Prélevements d'eaux :

échantillon élément	1	2	3	4	5	6	7
Fe (mg/l)	16,2	12,3	10,6	7,0	2,6	2,4	2,1
erreur (mg/l)	$\pm 1,6$	$\pm 1,6$	$\pm 1,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$
Zn (mg/l)	1,67	0,80	0,65	0,30	0,11	0,09	0,09
erreur (mg/l)	$\pm 0,03$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$
Pb (mg/l)	0,58	0,41	0,35	0,11	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,05$	$\pm 0,07$	$\pm 0,06$	$\pm 0,03$	/	/	/
Cu (mg/l)	0,91	0,73	0,26	0,18	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,09$	$\pm 0,09$	$\pm 0,11$	$\pm 0,15$	/	/	/
Cd (mg/l)	0,19	0,14	traces	traces	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,04$	$\pm 0,03$	/	/	/	/	/
Cr (mg/l)	0,76	0,50	0,27	traces	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,22$	$\pm 0,20$	$\pm 0,27$	/	/	/	/
$PO_4^{3-}$ (mg/l)	12,7	4,3	3,8	3,0	2,6	2,5	2,5
D.C.O (mgO <sub>2</sub> /l)	802	345	236	181	91	108	107
M.E.S (mg/l)	752	341	321	78	71	62	70

Tableau 11

-b- Deuxième campagne effectuée le 19 Décembre 1987 :

-b-1-Prélèvements de vases :

échantillon métal	1	2	3	4	5	6	7
Fe (g/Kg)	14,151	14,639	10,150	6,200	1,646	1,510	1,366
erreur (g/Kg)	+1,103 -1,103	+0,618 -0,618	+0,105 -0,105	+0,071 -0,071	+0,062 -0,062	+0,057 -0,057	+0,041 -0,041
Zn (g/Kg)	0,151	0,356	0,310	0,302	0,181	0,176	0,155
erreur (g/Kg)	+0,003 -0,003	+0,007 -0,007	+0,004 -0,004	+0,004 -0,004	+0,002 -0,002	+0,003 -0,003	+0,003 -0,003
Pb (g/Kg)	0,282	0,276	0,233	0,230	0,056	0,037	0,025
erreur (g/Kg)	+0,017 -0,017	+0,017 -0,017	+0,011 -0,011	+0,013 -0,013	+0,005 -0,005	+0,003 -0,003	+0,003 -0,003
Cu (g/Kg)	0,121	0,163	0,155	0,152	0,083	0,074	0,064
erreur (g/Kg)	+0,016 -0,016	+0,016 -0,016	+0,018 -0,018	+0,019 -0,019	+0,008 -0,008	+0,008 -0,008	+0,011 -0,011
Cd (mg/Kg)	6,0	7,9	6,6	6,4	1,3	1,1	0,9
erreur (mg/Kg)	+1,0 -1,0	+1,0 -1,0	+1,0 -1,0	+1,0 -1,0	+0,9 -0,9	+0,8 -0,8	+0,8 -0,8
Cr (g/Kg)	0,931	1,870	1,620	1,560	0,103	0,069	0,041
erreur (g/Kg)	+0,101 -0,101	+0,202 -0,202	+0,201 -0,201	+0,201 -0,201	+0,020 -0,020	+0,010 -0,010	+0,010 -0,010

Tableau 12

-b-2- Prélevements d'eaux :

échantillon élément	1	2	3	4	5	6	7
Fe (mg/l)	20,6	16,8	10,1	5,1	2,7	2,3	2,3
erreur (mg/l)	$\pm 1,6$	$\pm 1,6$	$\pm 1,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$
Zn (mg/l)	2,50	2,22	1,57	0,83	0,35	0,20	0,16
erreur (mg/l)	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,09$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$
Pb (mg/l)	0,91	0,46	0,20	0,16	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$	/	/	/
Cu (mg/l)	0,81	0,68	0,50	0,39	0,20	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,09$	$\pm 0,10$	$\pm 0,09$	$\pm 0,11$	$\pm 0,09$	/	/
Cd (mg/l)	0,22	0,15	traces	traces	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	/	/	/	/	/
Cr (mg/l)	1,50	0,96	0,41	0,20	traces	traces	traces
erreur (mg/l)	$\pm 0,20$	$\pm 0,21$	$\pm 0,21$	$\pm 0,20$	/	/	/
$PO_4^{3-}$ (mg/l)	9,3	6,2	6,0	5,2	4,6	2,1	1,4
D.C.O (mgO <sub>2</sub> /l)	739	615	413	319	118	220	115
M.E.S (mg/l)	462	389	308	162	77	68	51

Tableau 13

Courbe d'étalonnage du Fer  
analyse par A.A

$$D = 0,0024 \cdot C$$

$$\lambda = 248,3 \text{ nm}$$

$$l = 1,000$$

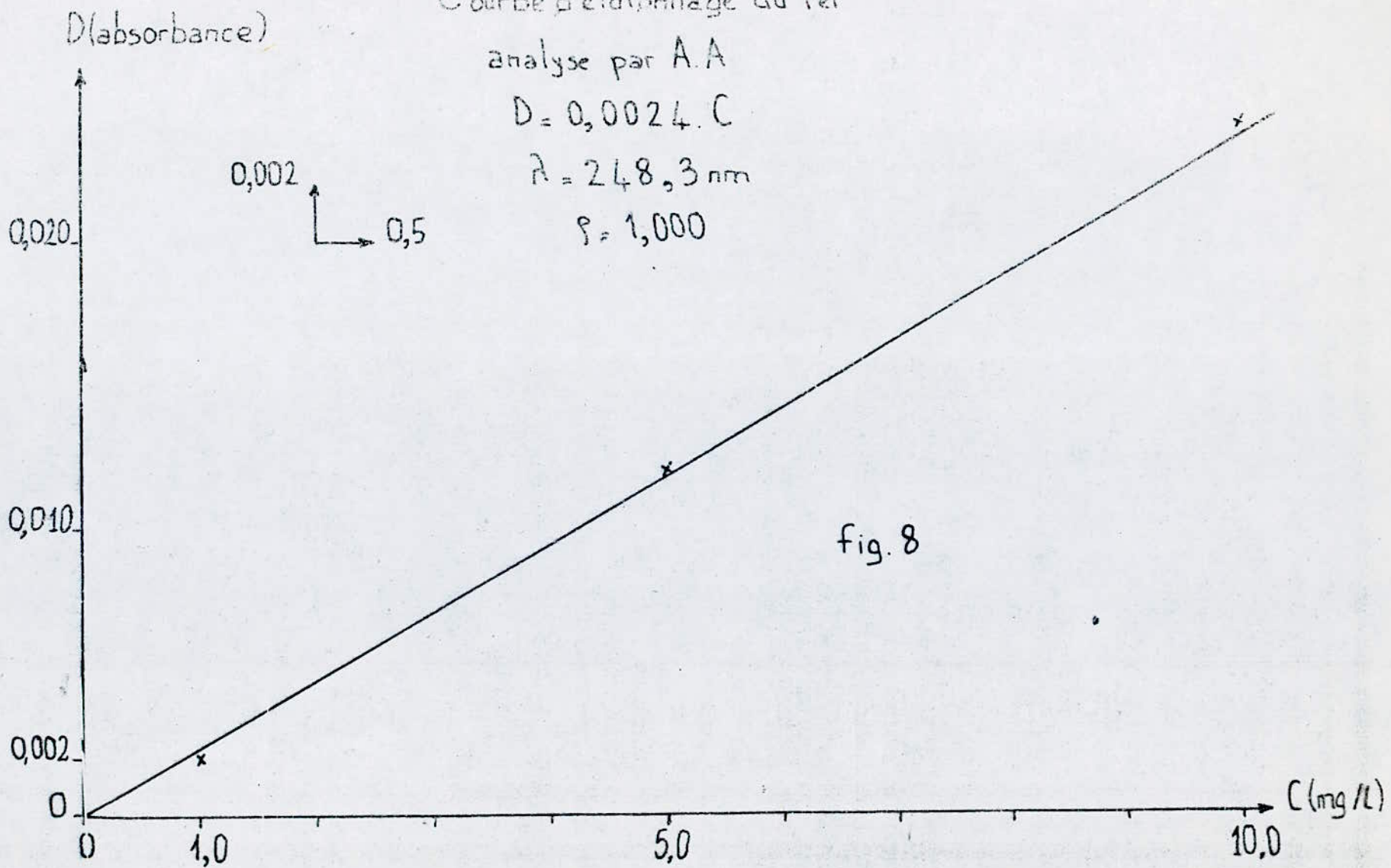
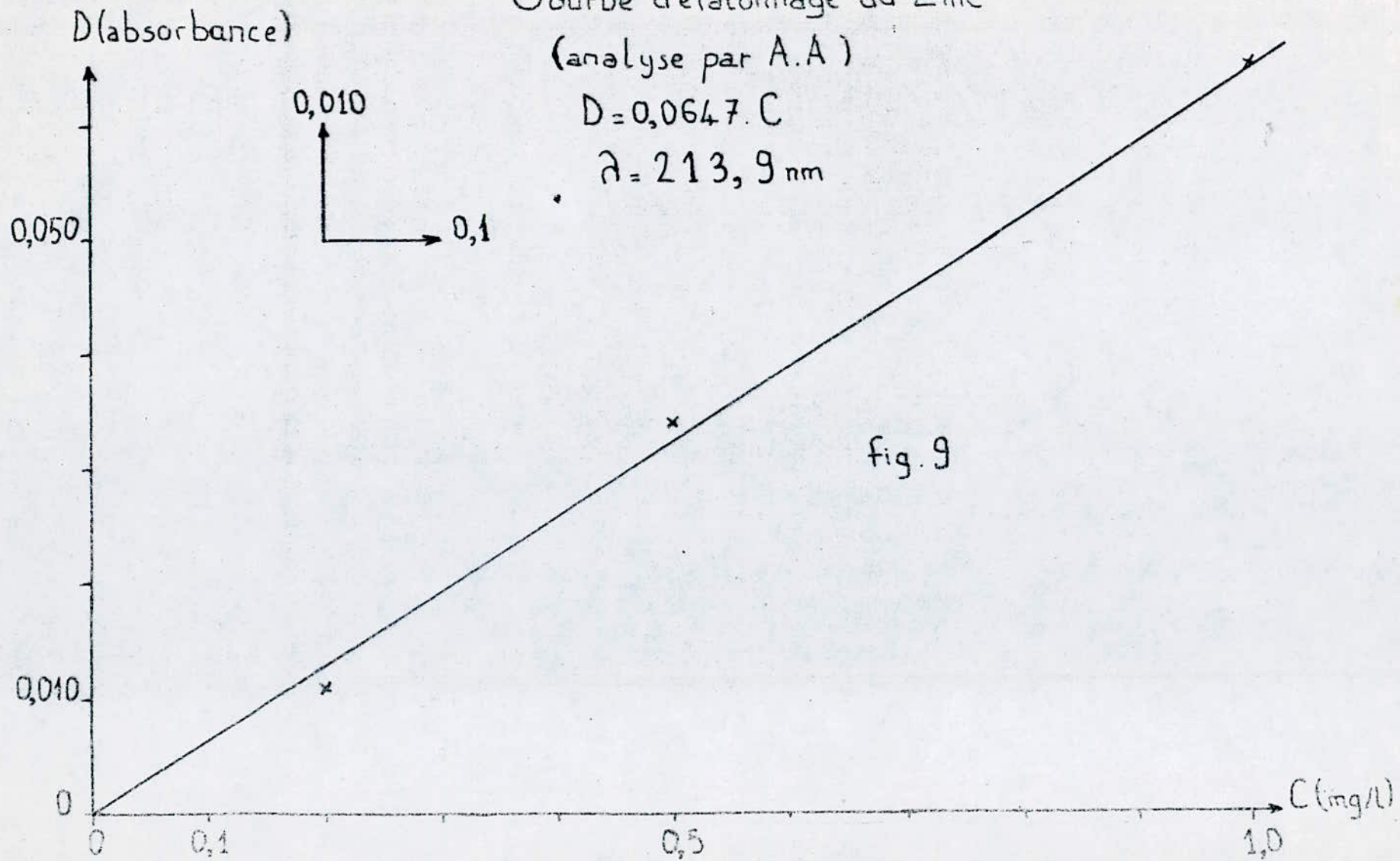


fig. 8

Courbe d'étalonnage du Zinc  
(analyse par A.A)

$$D = 0,0647 \cdot C$$

$$\lambda = 213,9 \text{ nm}$$

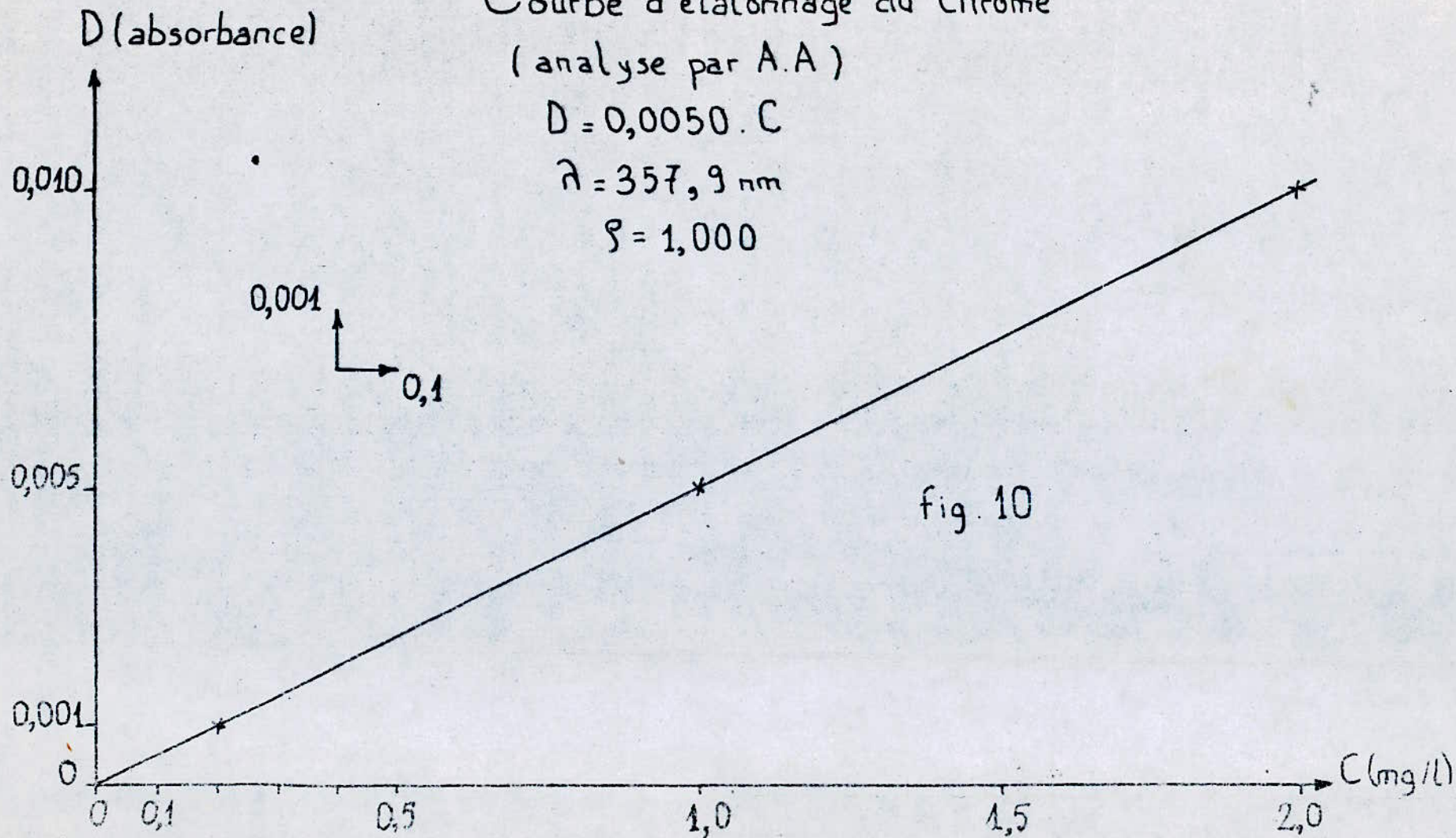


Courbe d'étalonnage du Chrome  
(analyse par A.A)

$$D = 0,0050 \cdot C$$

$$\lambda = 357,9 \text{ nm}$$

$$s = 1,000$$



D (absorbance)

Courbe d'étalonnage du Cadmium

(analyse par A.A)

$$D = 0,0478 \cdot C$$

$$\lambda = 228,8 \text{ nm}$$

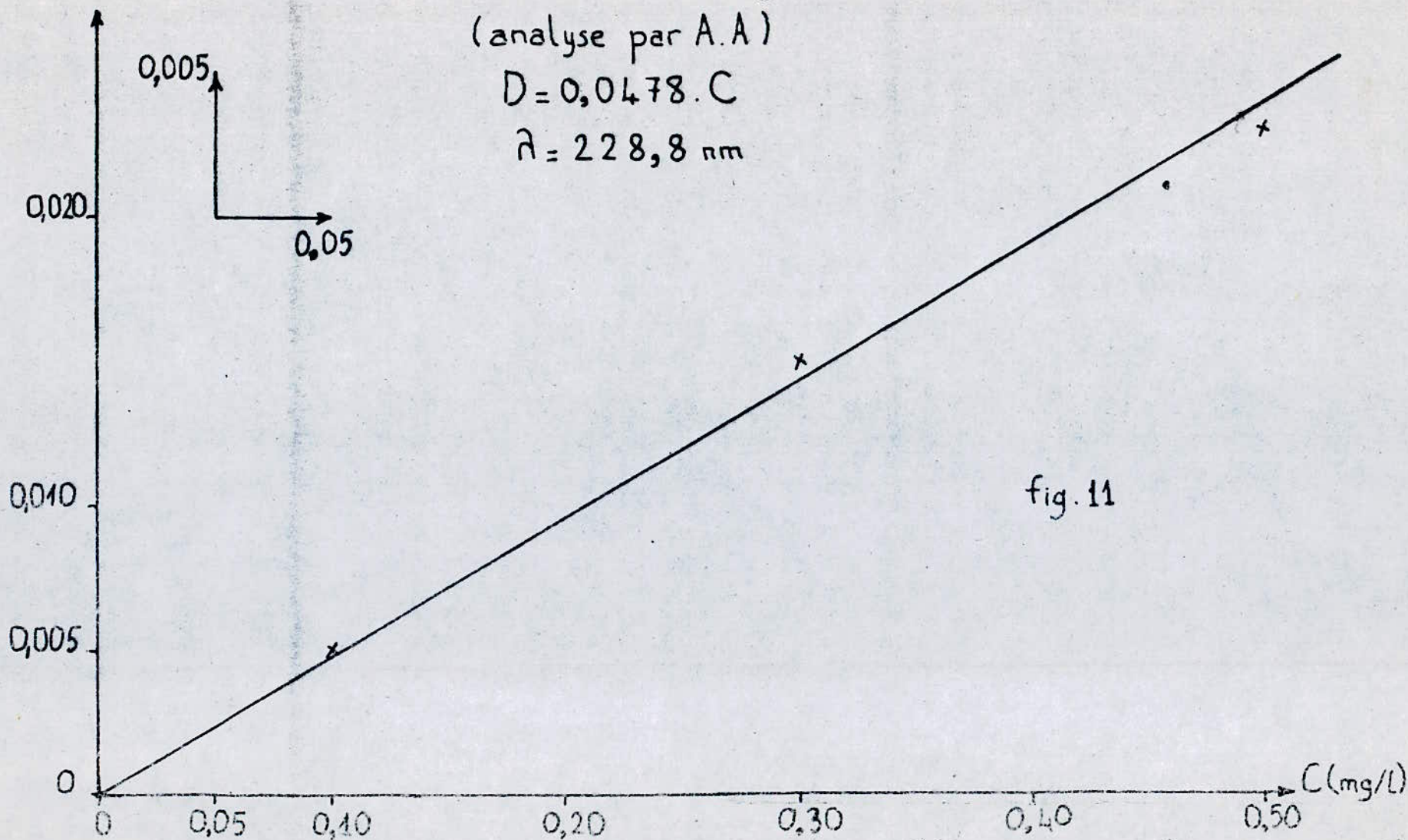


fig. 11

# Courbe d'étalonnage du Cuivre

(analyse par A.A)

$$D = 0,0113 \cdot C$$

$$\lambda = 324,7 \text{ nm}$$

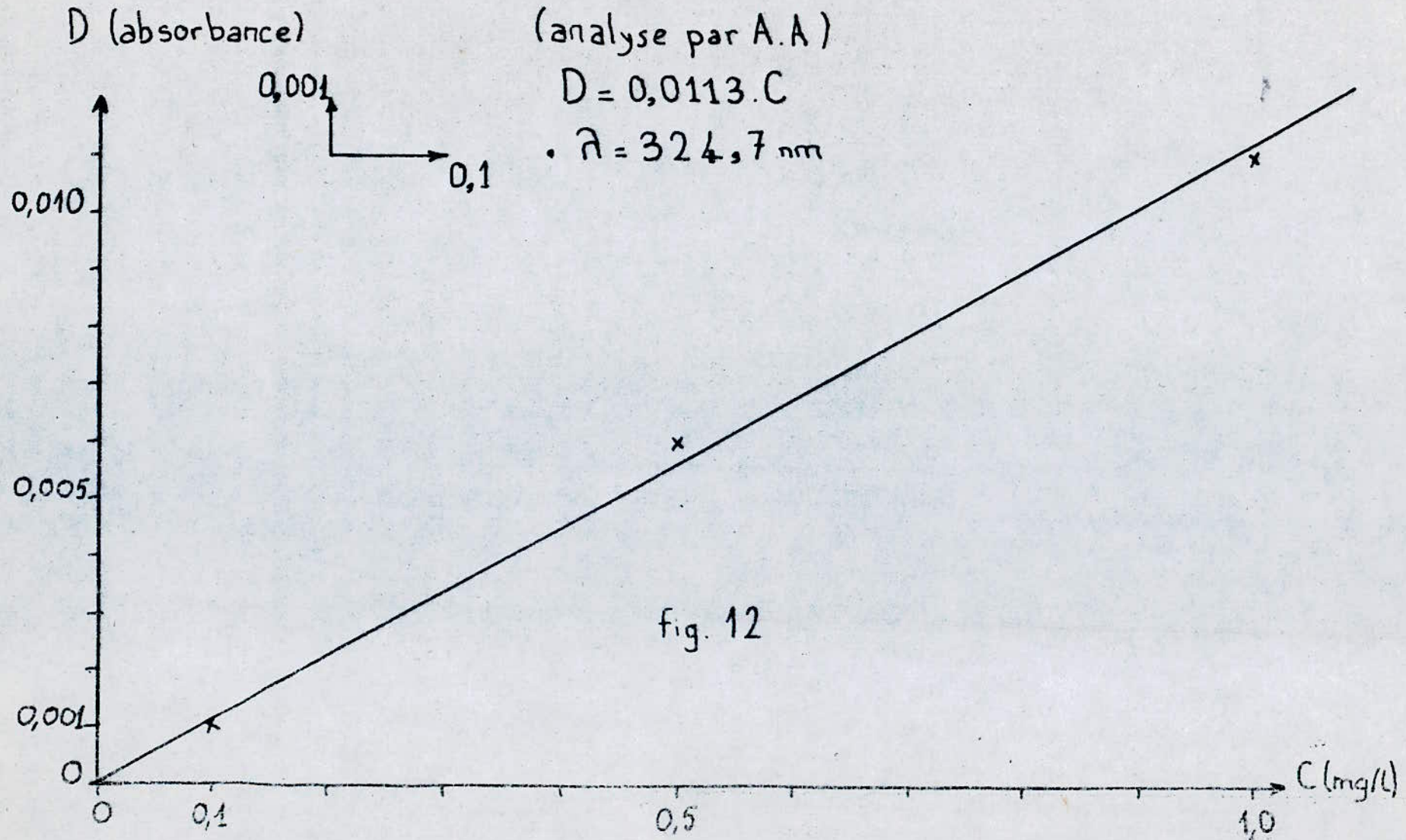


fig. 12



Courbe d'étalonnage du plomb.

(analyse par A.A)

$$D = 0,0200 \cdot C.$$

$$\lambda = 283,3 \text{ nm.}$$

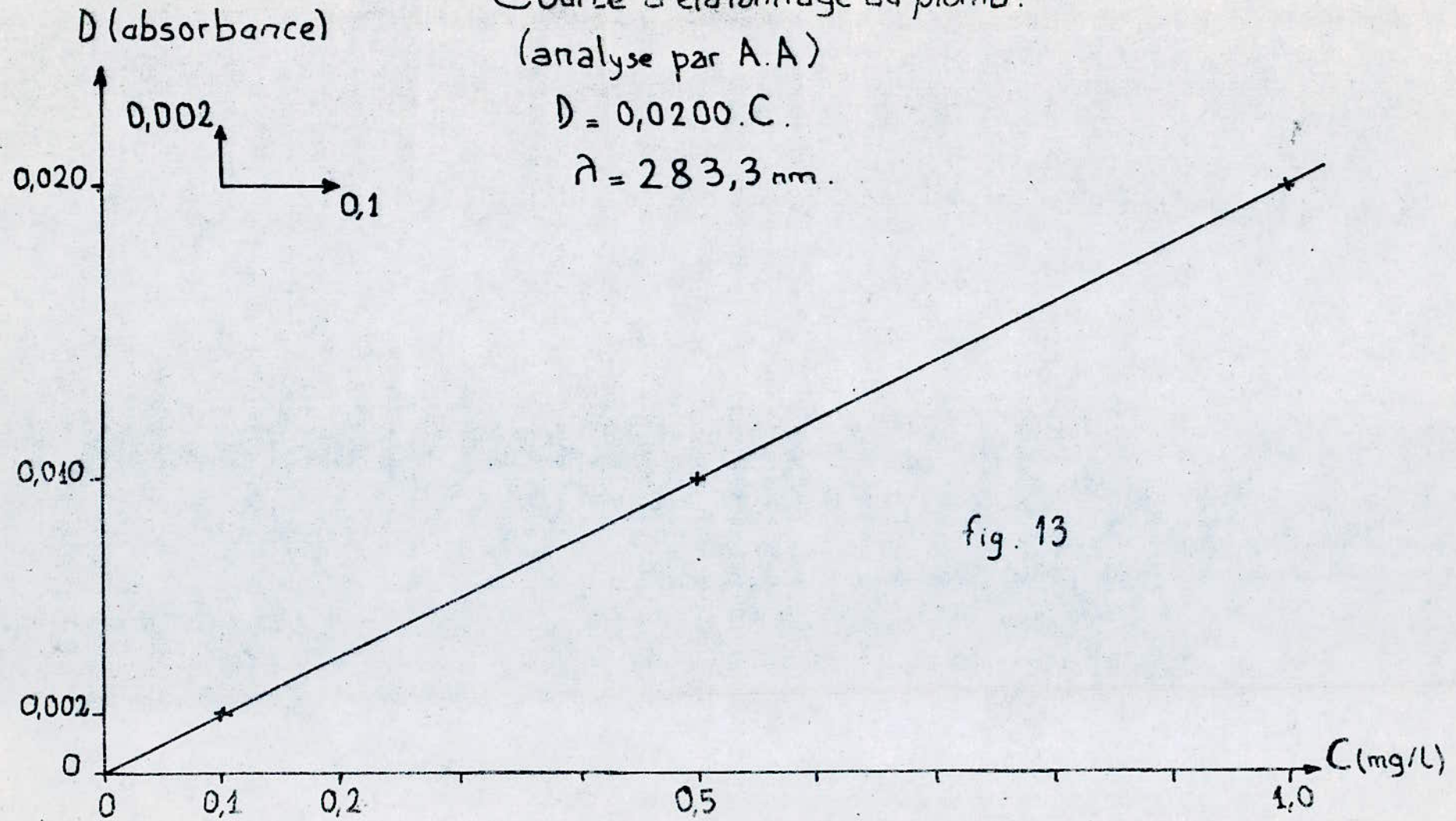


fig. 13

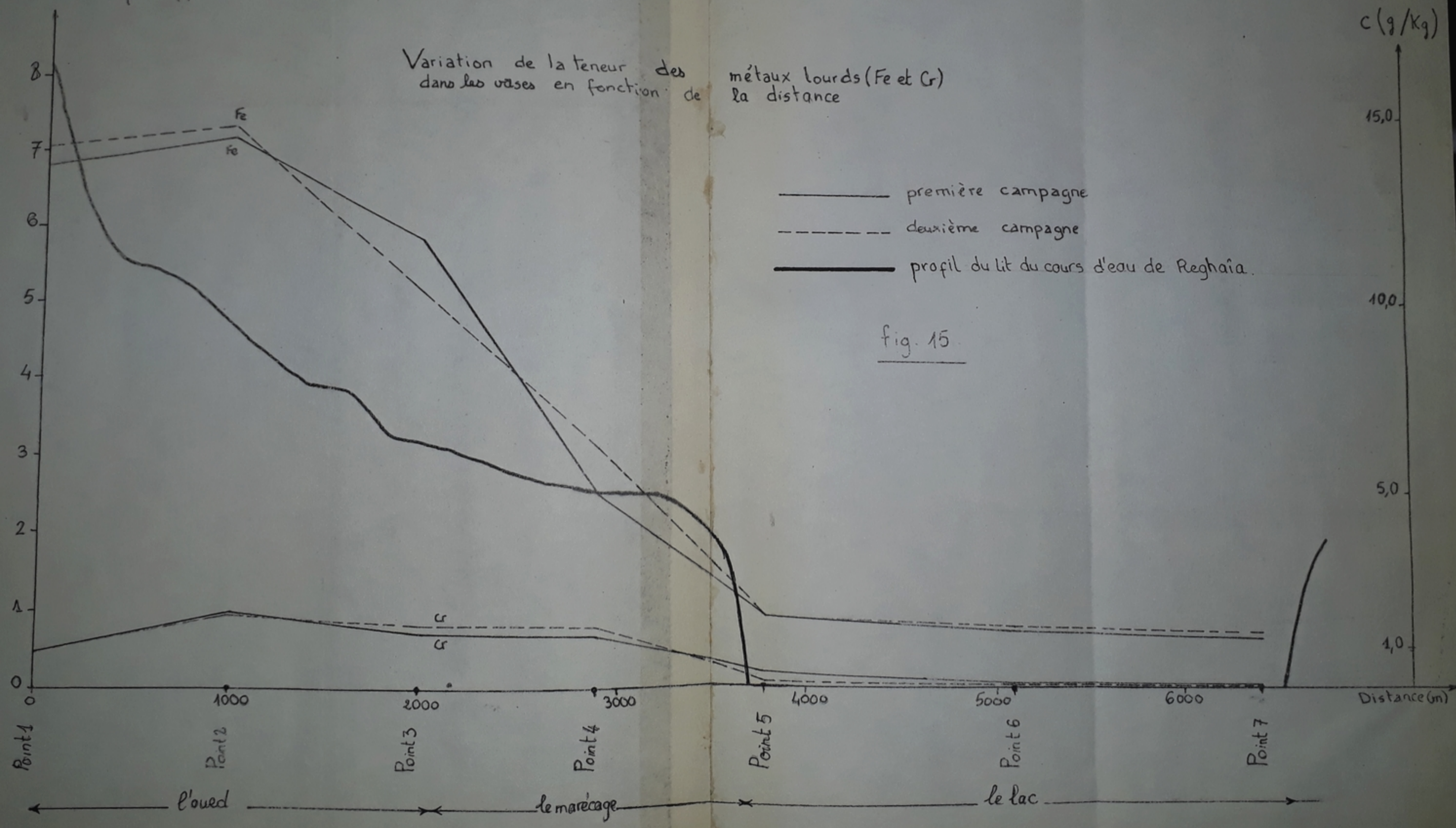
Avant PE 012/88  
p. 33 1

Côte (m) par rapport au niveau de la mer

Variation de la teneur des métaux lourds (Fe et Cr) dans les vases en fonction de la distance

— première campagne  
- - - deuxième campagne  
— profil du lit du cours d'eau de Reghaïa.

fig. 15



PE 012/88  
 Avant p. 332-

Côte (m) par rapport au niveau de la mer

Variation de la teneur des métaux lourds (Pb, Zn et Cu) dans les vases en fonction de la distance

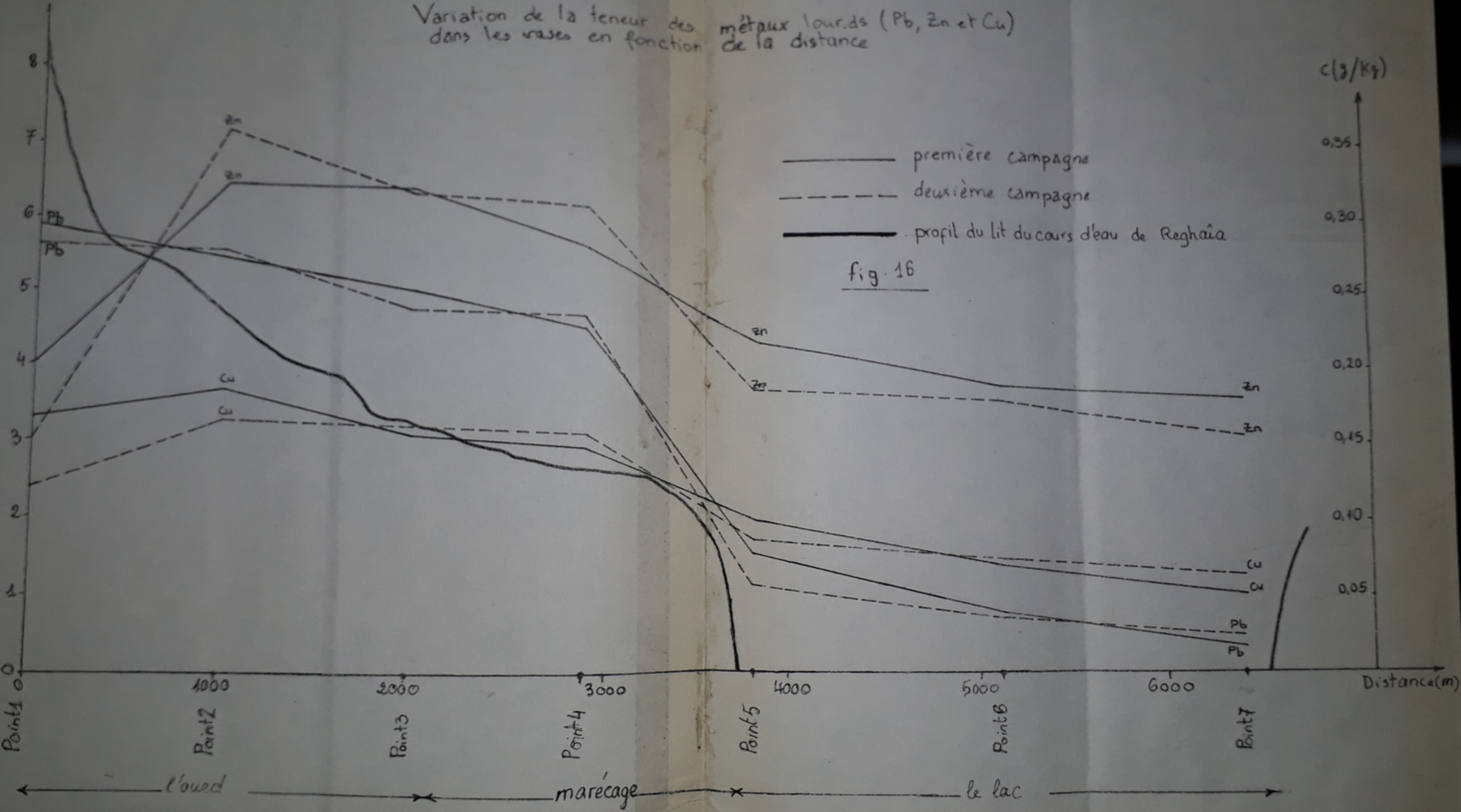


fig. 16

PE 012/88  
 Avant p. 33 -3-

Côte (m) par rapport au niveau de la mer

Variation de la teneur du cadmium (Cd) dans les vases en fonction de la distance

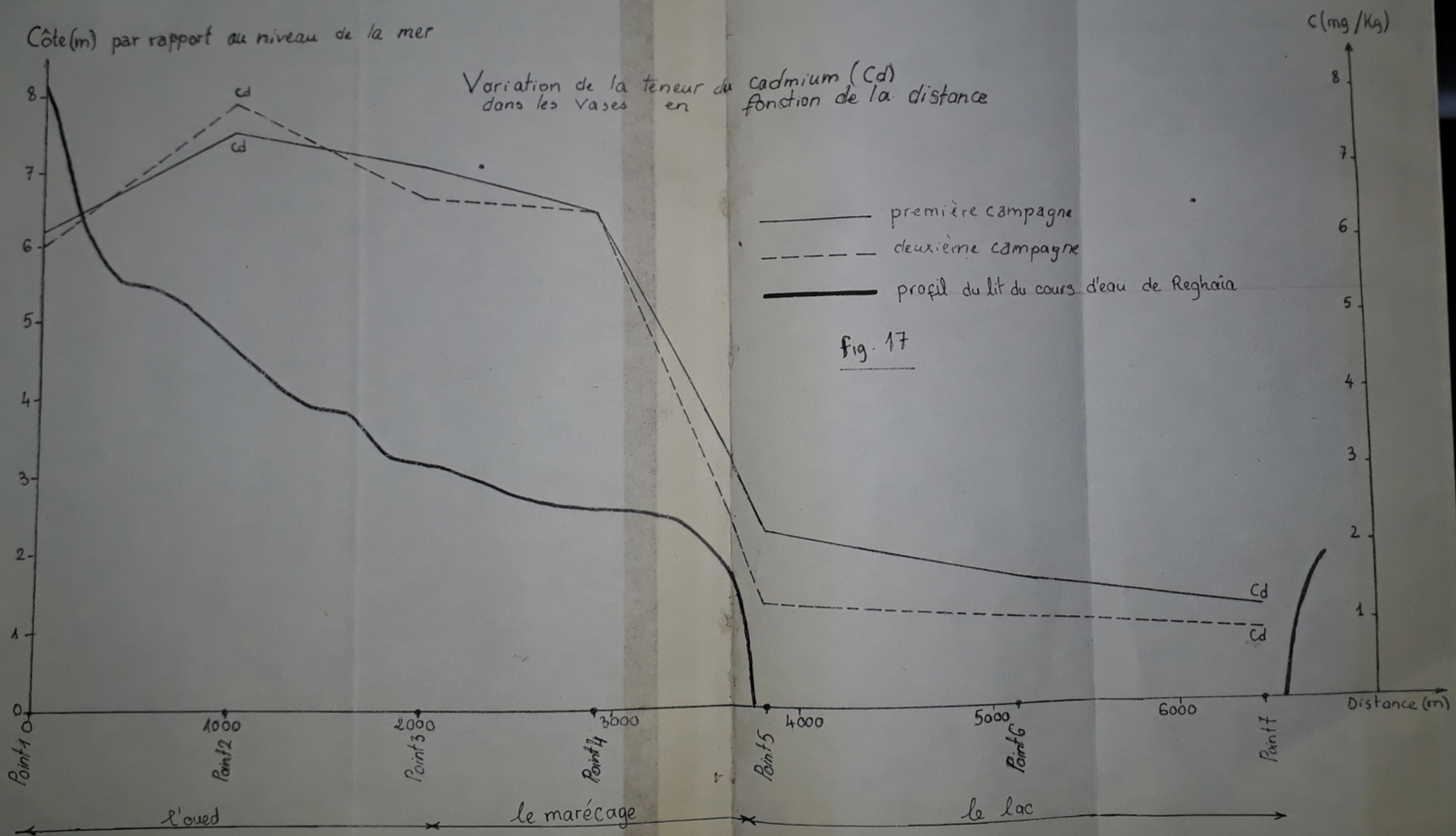
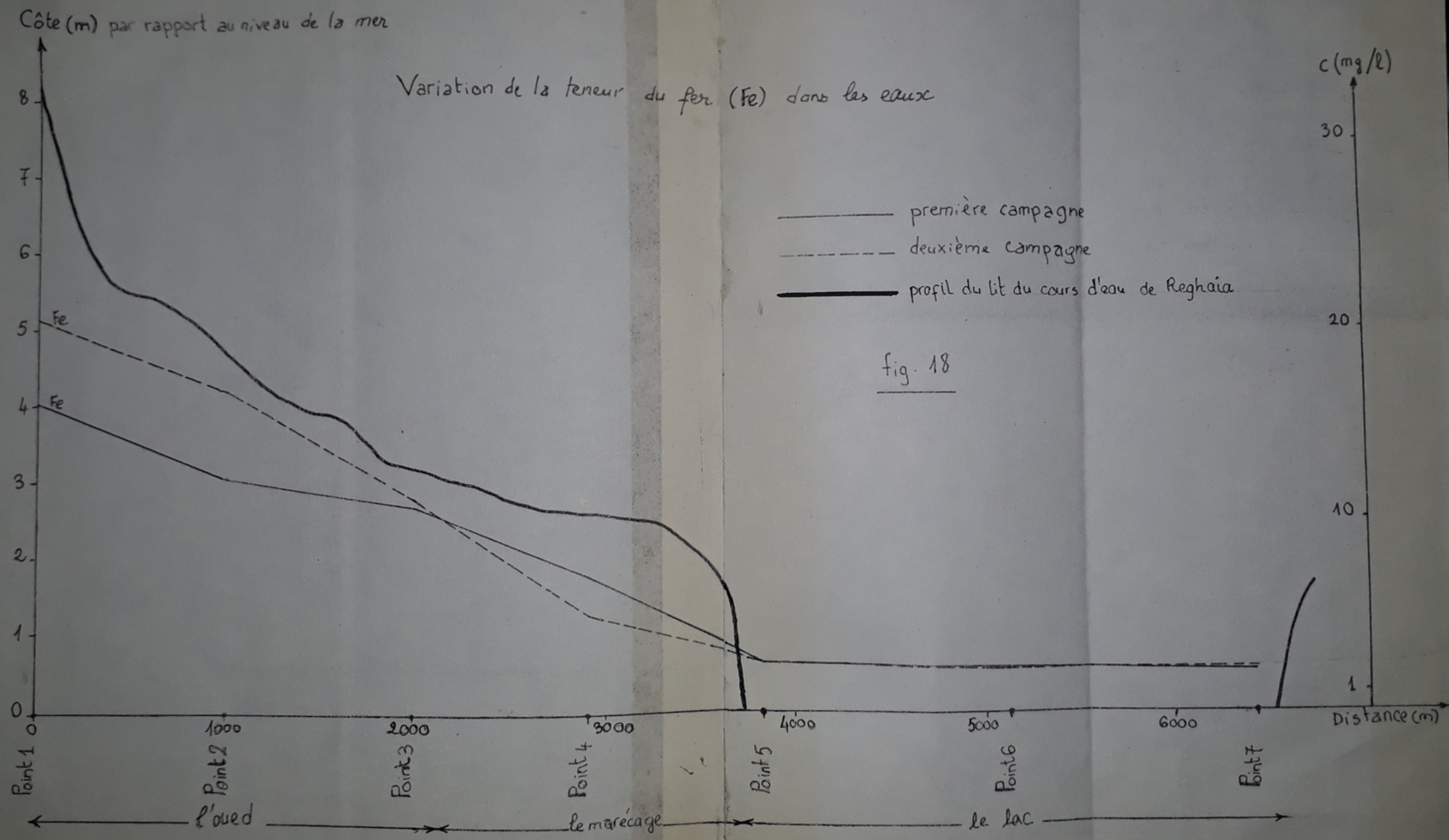


Fig. 17

PE 012/88  
 Avant p. 33 -4-

Variation de la teneur du fer (Fe) dans les eaux



PE 012/88

Avant p. 33 - 5-

Côte (m) par rapport au niveau de la mer

Variation de la teneur des métaux lourds (Zn, Cu, Cr, Pb et Cd) dans les eaux en fonction de la distance

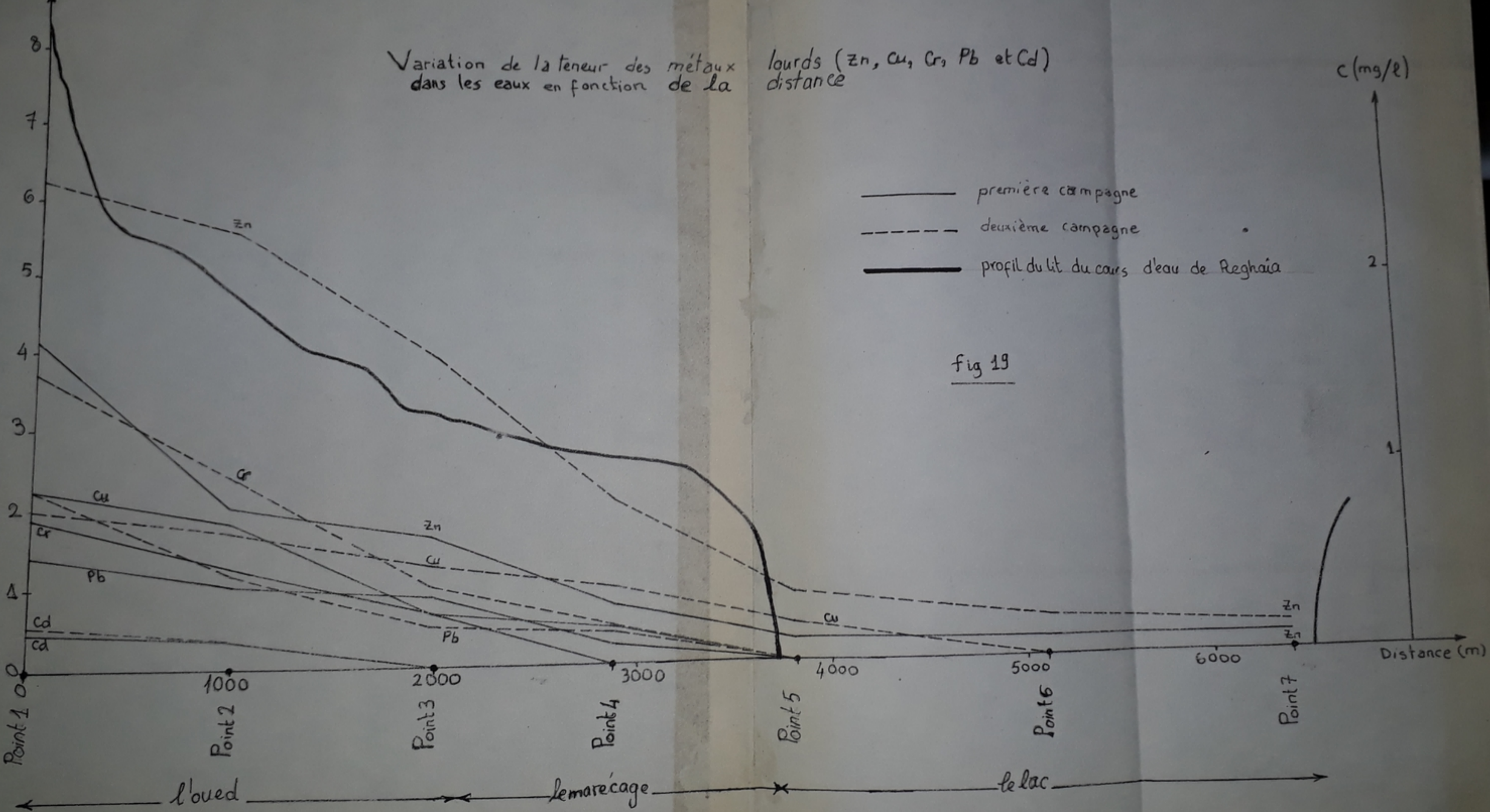


fig 19

-V-3-4- Interprétation :

-a- Les métaux lourds :

La présence d'une importante quantité de métaux lourds dans les vases peut s'expliquer par le fait que le produit de solubilité des hydroxydes métalliques se trouve dépasser largement en regard du pH des eaux de l'oued et du lac variant entre 7,5 ET 8,5. Par ailleurs, le phénomène de coprécipitation des métaux lourds par adsorption peut également étayer la présence de ces métaux en quantités appréciables.

Sur les figures 15,16 et 17 nous remarquons l'accumulation de métaux lourds dans les vases au niveau de la première moitié du cours de l'oued avec généralement des teneurs maximales au point de prélèvement n° 2. Nous pourrions expliquer cette accumulation de la manière suivante. L'existence d'une pente relativement faible de l'oued estimée à 4mm/mètre au point de prélèvement n° 2, a permis aux matières en suspension à haut poids volumique de décanter rapidement.

Inversement, les figures 18 et 19 représentant les teneurs en métaux dans les eaux montrent une diminution quasi-linéaire de la teneur du point de prélèvement n° 1 au point n° 3.

EN effet, les eaux prélevées au niveau des points 2 et 3 ne sont pas identiques à celles prélevées au premier points car les eaux usées déversées dans le collecteur principal ont une charge polluante qui est de nature et de débit variant durant la journée de travail des unités industrielles.

Dans les vases, notons que le fer est l'élément prépondérant, suivi du chrome, zinc, plomb, cuivre, et cadmium.

Par contre dans les eaux, l'ordre est quelque peu inversé. L'on notera toujours la prédominance du fer suivi cependant du zinc, chrome, cuivre,

plomb et cadmium . Cette inversion de teneur peut être due à la stabilité plus ou moins grande des précipités des ions métalliques en fonction du pH comme le montre la figure 6 .

• Dans le marécage , la teneur en métaux dans les vases et dans les eaux est plus faible à comparer à celle trouvée dans l'oued . Notons aussi, que la pente très faible du marécage environ 1 mm/mètre facilite la décantation du reste des métaux lourds .

• Aussi dans le lac , nous remarquons que pour certains métaux , leur teneur dans les vases et dans les eaux diminue très légèrement et que pour d'autres , elle est pratiquement constante en avançant vers la digue . Ceci peut être dû au phénomène de dilution et d'homogénéisation . Par ailleurs , la teneur en ces métaux est très faible par rapport à celle de l'oued .

-b- La demande chimique en oxygène (D.C.O) ,  
les matières en suspension (M.E.S) et  
les orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ) :

Les valeurs tant de D.C.O , de M.E.S que de teneurs en  $PO_4^{3-}$  trouvées dans les eaux de l'oued sont nettement supérieures à celles rencontrées dans le lac ; ceci pouvant être causé par le phénomène de décantation .



-VI- Conclusion générale et recommandations :

A partir des interprétations évoquées ci-dessus , nous remarquons que le lit de l'oued de Réghafa joue le rôle d'un véritable décanteur de la charge polluante qui y est déversée chaque jour . La teneur en métaux dans les eaux de l'oued et du lac de Réghafa ne dépasse pas la limite pouvant détruire la faune piscicole . Aussi , ces métaux lourds n'ont pratiquement pas d'effet toxique sur la faune .

Dans le cas des vases , la teneur en métaux lourds rencontrés aussi bien dans l'oued que dans le lac de Réghafa est inférieure à la limite fixée par la norme AFNOR , exception faite du chrome dont la teneur dépasse largement la limite fixée par la norme AFNOR . Soulignons également que ces métaux piégés dans les vases peuvent constituer un danger certain de contamination de la nappe phréatique à long terme .

Sur la base de ces quelques résultats , nous pourrions recommander entre autre le traitement des rejets de chrome au niveau des unités industrielles ,

l'installation d'une station de traitement des eaux usées au niveau du collecteur principal ,

et enfin l'étude de la récupération de certains métaux lourds rencontrés dans les rejets industriels pour une éventuelle réutilisation .

## ANNEXES

### -1- Détermination de la D.C.O :

#### Principe :

Oxydation des chlorures par un excès de bichromate de potassium en milieu acide et à ébullition des matières oxydables , en présence de sulfate d'argent (catalyseur) et le sulfate de mercure (complexant) .

### -2- Détermination des orthophosphates :

Les orthophosphates en présence de molybdate d'ammonium donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par  $\text{SnCl}_2$  ET en présence d'acide prend une couleur blanche et est susceptible d'être dosé colorimétriquement .

### -3- Détermination des M.E.S :

La détermination des M.E.S est faite par filtration . L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle .

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) P.Pesson - La pollution des eaux continentales.  
G.Villars-Paris-1980.
- (2) F.Ramade - Eléments d'écologie - Ecologie appliquée.  
(Groupe . Mc . Graw + Hill) - 1982 .
- (3) R.Weiner - Epuration des eaux résiduaires dans la transformation et la galvanisation des métaux.  
Edition Eyrolles-1974.
- (4) Renseignements recueillis au niveau de l'INRH.
- (5) K .Bouziri - Projet de fin d'étude -Traitement des eaux usées de l'unité de production de lames de Rouiba-Juin1986.
- (6)H .Djitli - Traitement des effluents de l'entreprise nationale d'ameublement de bois.  
Projet de fin d'étude-Juin1986.
- (7) M.DJedid - Analyse et traitement des eaux résiduaires de l'EMAL (Réghais)-Projet de fin d'étude.  
Janvier 1987.
- (8) M.Tekouk - Etude analytique des eaux usées de l'unité "BATIMETAL" de Rouiba-Projet de fin d'étude.  
Juin 1986.
- (9) M.Allani - Contribution au traitement des eaux usées de la tannerie-Megisserie de Rouiba-Récupération et recyclage des sels de Chrome-Projet de fin d'étude-Juin 1987.

- (10) A.Chergui - Quantification de la charge polluante des eaux usées d'ANABIB-Unité Profil à froid et unité Gros tube-Projet de fin d'étude.  
Juin 1987.
- (11) F.Bouchene et M.Belkacem - Contribution à l'amélioration du suivi des eaux de rejet du CVI (ROUIBA).  
Projet de fin d'étude-Février 1987.
- (12) W.W.Eckenfelier - Gestion des eaux usées urbaines et industrielles-Paris-Technique et documentation Lavoisier-1982.
- (13) G.Charlot -Les méthodes analytique de la chimie-Analyse quantitative minérale-Masson et cie-1961.
- (14) V.Alexeev -Analyse qualytative-Edition Mir Moscou-1980.
- (15) O.Thomas - Impact d'une décharge controlée sur la qualité des eaux souterraines,pollution par des métaux lourds-Trib-Cébédeau-1986.
- (16) M.LEGRET - Les métaux lourds dans les boues de stations d'épuration , valorisation agricole et extraction des métaux toxiques-Bull.Liaison-1984.
- (17) M.T.Henry - Chimie des eaux-Edition Griffon d'Argile-1984.
- (18) D'après le centre d'étude et de réalisation en urbanisme (URBASE)-ORAN et SETIF.
- (19) L.Levesque - Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales-Chrome-Cuivre-Nickel-Rapport 6 - 1979.
- (20) L.Levesque -Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales-Zinc-Cadmium.  
Rapport 4 - 1978.

- (21) L. Levesque - Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales-Plomb-Etain.  
Rapport 3 - 1976.
- (22) H. Meinck - Les eaux résiduaires industrielles. Edition  
Masson. 1977.
- (23) J. Rodier - L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux  
résiduaires, eau de mer-Dunod technique-1975.
- (24) Z. Marouf et R. Tazerout - Contribution à  
l'étude des eaux du lac de Réghaia en vue de  
leur utilisation dans l'agriculture-Projet  
de fin d'étude-Janvier 1987.
- (25) Pinta et Coll - Spéctrométrie d'absorption atomique.  
Application de l'analyse chimique.  
Masson. 1970.
- (26) C. Lacée - Analyse des boues-AFEE-Paris-1985.
- (27) Dégrémont - Mémento technique de l'eau-Edition Degremont.  
1978.
- (28) G. M. Fair - water supply and waste water disposal.  
John Wiley, Chapman et Hall, 1954.
- (29) Dussart - Limnologie, L'étude des eaux continentales.  
Gauthier Villars. 1966.
- (30) V. Alexeev - Analyse quantitative-Edition Mir Moscou. 1980.
- (31) M. Pétrov - Chimie minérale-Edition Mir Moscou. 1984.
- (32) M. Avargues - Nuisances due aux activités industrielles.  
Guy le Prat, Editeur-1972.

