

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

26x

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

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

SUJET

CONTRIBUTION A LA QUANTIFICATION DE LA
POLLUTION DE L'OUED REGHAIA.
DOSAGE DES METAUX LOURDS
ASSOCIES AUX SEDIMENTS.

Proposé par

Etudié par :

Dirigé par :

Mlle. J. ARRAR M. A. DJEDIR
M^{re} R. BELLABES M. S. YAHIA

Mlle. J. ARRAR

PROMOTION JANVIER 1988

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

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

S U J E T

CONTRIBUTION A LA QUANTIFICATION DE LA
POLLUTION DE L'OUED REGHAIA.

DOSAGE DES METAUX LOURDS
ASSOCIES AUX SEDIMENTS.

Proposé par : Mlle. J.ARRAR
Etudié par : M. A.DJEDIR
Dirigé par : Mlle. J.ARRAR
M. S.YAHIA

PROMOTION : JANVIER 1988

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE.



DEPARTEMENT : Génie de l'environnement.

دائرة الهندسة البيئية

PROMOTEUR : Mademoiselle J. ARRAR

الموجه :

ELEVES INGENIEURS : Monsieur DJEDIR ABDELAZIZ
Monsieur YAHIA SMAÏL

تلميذ مهندس :

الموضوع :

إن بحثنا هذا يدخل في إطار الحملة ضد التلوث التي تخص
وادي الرغاية. هذا الوادي يتلقى مياه الصرف للوحدات
الصناعية المتعددة المتمركزة بمنطقة الرويبة الرغاية.
و في هدف عملنا لقد وجدنا الكميات الحديدية
الموجودة داخل

SUJET : /

Notre travail rentre dans le cadre du projet anti-pollution
visant l'OUED REGHAÏA.

Cet oued reçoit les eaux de rejets de nombreuses
unités industrielles implantées dans la zone ROUIBA-
-REGHAÏA.

Dans le but de notre travail nous avons déterminé
les teneurs métalliques des métaux lourds contenus
dans les sédiments.

SUBJECT: /

Our work is part of anti-pollution project of the REGHAÏA
river. This river collects the rejected waters of
several industries which are located in the ROUIBA-
REGHAÏA area.

in the way of our work we have found the
concentrations of heavy metals in sediments.

+++

D E D I C A C E S

+++

+++++

Je dedie ce modeste travail

- A ma famille
- A mes amis

SMAIL

Je dedie ce modeste travail

- A mon père
- A ma mère
- A mes frères et soeurs
- A Fadila
- A tous mes amis (es)

ARDELAZIZ

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

Nos remerciements les plus vifs vont tout d'abord à mademoiselle J-ARRAR, notre promotrice, pour le dévouement dont elle a fait preuve, pour ses conseils, son aide précieuse pour l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également Monsieur D-BRAIK, enseignant à l'IST département de géologie marine de l'USTHB pour sa collaboration exemplaire.

Nous remercions également :

- Mr KERBACHI, Chef de Département du Génie de l'environnement
- Mr BELLABES, enseignant au Génie chimique
- Mr et Mme BESLAMA, de l'IST Département de géologie marine de l'USTHB sans oublier (Farid, Melle Maouche)
- Mr ABDELWAHAB, Chef de Service du laboratoire de chimie de l'EREM (Boumerdes) ainsi que Kamel le technicien
- Mr MEKI, technicien à l'ISMAL
- Le Personnel du Département du Génie de l'environnement Mahfoud, Nouar et Leila.
- Tous les enseignants du Département du Génie de l'environnement
- Mr H.MOUMED, de l'EGZIRB
- Tous les gars de notre promotion
- HAMID pour son aide
- ALLEL pour ses belles photos
- Tous nos amis qui ont participé, de près ou de loin à ce travail, les uns pour leur conseils, les autres pour leur service et leur loyauté.

+++++

S O M M A I R E

+++++

INTRODUCTION	01
BUT DE L'ETUDE	03
PARTIE THEORIQUE	04
I OUED REGHAIA	05
I-1.1 Présentation de ville de Réghaia	
I-1.2 Situation de l'Oued Réghaia	
I-2 Influence de l'environnement sur l'Oued Réghaia	08
I-2.1 Effluents :	
I-2.1.1 Effluents urbains	
- Eaux de ruissellement	
- Eaux domestiques	
- Eaux résultant d'activités artisanales et industrielles	
I-2.1.2 Effluents agricoles	
I-2.1.3 Effluents industriels	
I-2.1.4 Canalisations	
I-2.1.5 Sources	
I-2.2 Conditions climatiques	
I-3 Effet de pollution sur l'Oued Réghaia	16
I-3.1 Les nutriments	
I-3.1.1 L'Azote	
I-3.1.2 Le phosphore et les composés phosphorés.	
II EVALUATION DE LA POLLUTION D'UN COURS D'EAU	21
II-1 Potentiel d'hydrogène	
II-2 L'oxygène dissous	
II-3 Substances bioresistantes toxiques	23

II-3.1	Matières organiques	
II-3.2	Substances minérales toxiques	
II-3.2.1	Les cyanures	
II-3.2.2	Métaux lourds	
III	ETUDE DES METAUX DANS LES SEDIMENTS	26
III-1	Généralités sur la sédimentation	
III-2	Métaux lourds dans les sédiments	
III -2.1	Echange de polluants entre les sédiments et l'eau	
III -2.2	Effet de processus biologiques sous la forme des métaux présents à l'état de traces dans les sédiments.	
III-3	Pretraitement physique et conditionnement	34
III-4	Minéralisation	35
III-4.1	Les Minéralisations totales	
III-4.2	Minéralisations partielles	
III-4.3	Minéralisation selective	
III-5	Méthodes d'Analyse des métaux	39
III-5.1	Spectrometrie d'absorption atomique	
III-5.2	Spectrophotometrie d'emission de flamme	
III-5.3	Analyse des métaux par spectrometrie de plasma inductif I.C.P.	
III-5.3.1	Caractéristiques de la spectrometrie d'emission optique I.C.P.	
III-3.1.1	Les trois principaux avantages qu'apporte cette technique.	

III-5.3.1.2 Principe de la spectrometrie ICP.

III-5.3.2 Instrumentation

III-5.4 Analyse polarographique

III -5.4.1 Redissolution anodique

PARTIE EXPERIMENTALE

48

IV-1 Points de prélèvement

49

IV-2 Méthodes de prélèvements

52

IV-2.1 Prélèvement à la benne.

IV-2.2 Prélèvement par carottage

IV-3 Résultats expérimentaux

IV-3.1 Etude de la charge métallique mobilisable
le long de l'oued REGHAIA.

IV-3.1.a Essai préliminaire.

53

1. Prélèvement

2. Analyse

2-a. Analyse qualitative

2-b. Analyse quantitative

IV-3.1.b Evolution de la charge métallique sur un
profil longitudinal.

60

INTERPRETATION DES RESULTATS

IV-3.2 Evaluation de l'élimination des polluants
métalliques par sédimentation

67

IV-3.2.1 Points de prélèvement

IV-3.2.2 Détermination des apports anthropogènes

a. Détermination des teneurs naturelles

b. Détermination des apports anthropogènes

IV-3.2.3 Analyse sédimentologique	74
A- Méthodes et techniques de laboratoire	
1° Ouverture des carottes	
2° Prélèvement des échantillons	
B- Analyse sédimentologique	
a) Teneur en matière organique	
b) Teneur en Ca CO ₃	
c) Analyse granulométrique des sables	
INTERPRETATION	81
-Caractéristiques sédimentologiques des sédiments	
-Conclusion sur la description des carottes.	84
IV-4 Conclusion sur la partie expérimentale	86
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	87
ANNEXES	89
BIBLIOGRAPHIE.	107

Introduction :

Le paradoxe du monde actuel est d'avoir permis à l'homme d'atteindre, par son génie inventif, par ses recherches, par sa volonté, une puissance qui paraissait inaccessible et, dans le même temps, de le rendre si vulnérable. Ses propres erreurs et son insouciance d'un futur cependant très proche font peser, sur son avenir, la plus grave menace.

Le circuit naturel de l'eau se poursuit depuis des millions d'années dans la forme que nous lui connaissons le circuit s'est implanté, la vie de la biosphère s'y est adaptée tout naturellement aux substances existantes dans l'eau. Les concentrations en substances minérales sont limitées et les matières organiques constituées d'organismes morts servent de nourriture à d'autres éléments vivants de telle sorte qu'elles sont reconduites dans le cycle des éléments et ne gênent en aucune façon l'environnement.

Dans l'environnement de l'homme avec des interactions multiples de part et d'autre. Les eaux de surface jouent un rôle particulier. Elles permettent de satisfaire dans une large mesure aux besoins grandissants dans plusieurs domaines : Irrigation, réserve d'eau potable et d'eau industrielle, élimination des eaux résiduaires... Elles contribuent également au bien être de l'homme que ce soit par leur attrait dans le paysage ou par leur vocation de la pêche.

L'oued Réghaïa subit ces dernières années, les effets d'un développement socio-économique très rapide.

L'accroissement démographique, le phénomène d'urbanisation et l'expansion industrielle se conjuguent pour accroître sans cesse les besoins en eau. Par ailleurs l'évolution d'une société industrielle dans la zone de Pouiba Réghaïa est responsable de l'altération de la qualité des eaux de surface (Oued & Lac).

L'Oued Réghaïa et le Lac de Péghaïa connaissent des problèmes de pollution et d'eutrophisation, d'une importance capitale. On assiste aujourd'hui à une extension de la pollution par la multiplication des points de rejet, parallèlement à un accroissement considérable des charges polluantes.

En fait les sources principales de pollution sont les unités industrielles, situées dans le bassin versant le long des rives, qui déversent leurs eaux résiduaires dans l'Oued Réghaïa.

Les incidences biologiques des pollutions sont d'importance et de complexités croissantes. Beaucoup de produits chimiques susceptibles de gagner l'environnement sont à faibles doses très toxiques.

But de l'Etude :

Notre travail s'inscrit dans le cadre national de lutte contre la pollution et plus précisément dans le cadre du projet anti-pollution visant l'Oued Réghaia.

Notre étude est consacrée au dosage des métaux lourds dans les sédiments de l'Oued Réghaia. Cette méthode d'évaluation de la pollution de l'Oued s'est avérée ces dernières années plus adéquate que l'analyse des métaux lourds dans les eaux superficielles.

Dans une première partie, notre étude a consisté à faire une analyse qualitative et quantitative des sédiments de l'Oued Réghaia.

La Deuxième partie de notre étude a consisté quand à elle à faire une approche quantitative des apports en métaux provenant de l'activité humaine. Pour cela, une étude sédimentologique était nécessaire afin de déterminer les teneurs naturelles en métaux du lit de l'Oued Réghaia.

I - OUED REGHAIA :

I - 1.1 Présentation de la Ville de Réghaia :

La Ville de Réghaia fait partie de la WILAYA de BOUMERDES, et se trouve à environ 25 km à l'EST de la Ville d'Alger, sur le littoral méditerranéen. Elle est située entre $3^{\circ} 10$ et $3^{\circ} 16$ de longitude EST du méridien de Greenwich et entre $36^{\circ} 25$ et $38^{\circ} 00$ de latitude Nord. Elle est limitée à l'Ouest par la Ville de Bordj-El-Bahri à l'EST par la Ville de Boudouaou, au Sud par la route Nationale N°5 liant Alger à Constantine, au Nord par la mer Méditerranée.

I - 1.2 Situation de l'Oued Réghaia :

L'Oued Réghaia prend sa source de la nappe phréatique de la plaine de la Mitidja et est alimenté par 5 Oueds - Oued Biar, Oued Aïma, Oued Moussa, Oued Bouraba, Oued Sapinière. Il traverse une Vallée assez encaissée, les collines sahariennes de Réghaia pour aller se jeter dans le lac de Réghaia 6400 m plus loin (?) l'Oued se déploie sur une largeur de 0,4 à 2,5 m et sa profondeur varie 0,4 à 3 m. Le cours inférieur de l'Oued se caractérise par des zones marécageuses (pont RN5) s'étendant de part et d'autre à l'estuaire de l'Oued.

La figure N°1 montre le bassin versant de l'Oued Réghaia alors que la figure N°2 représente le profil schématique comprenant la pente de l'Oued, du pont de la route N5 à l'entrée du marais. Le régime de l'Oued Réghaia est caractérisé par des crues moyennes en hiver provoquées par les chutes de pluie. En été l'Oued est alimenté par les eaux souterraines.

CARTE SCHEMATIQUE DU BASSIN DE L'OUED REGHAIA

-6-

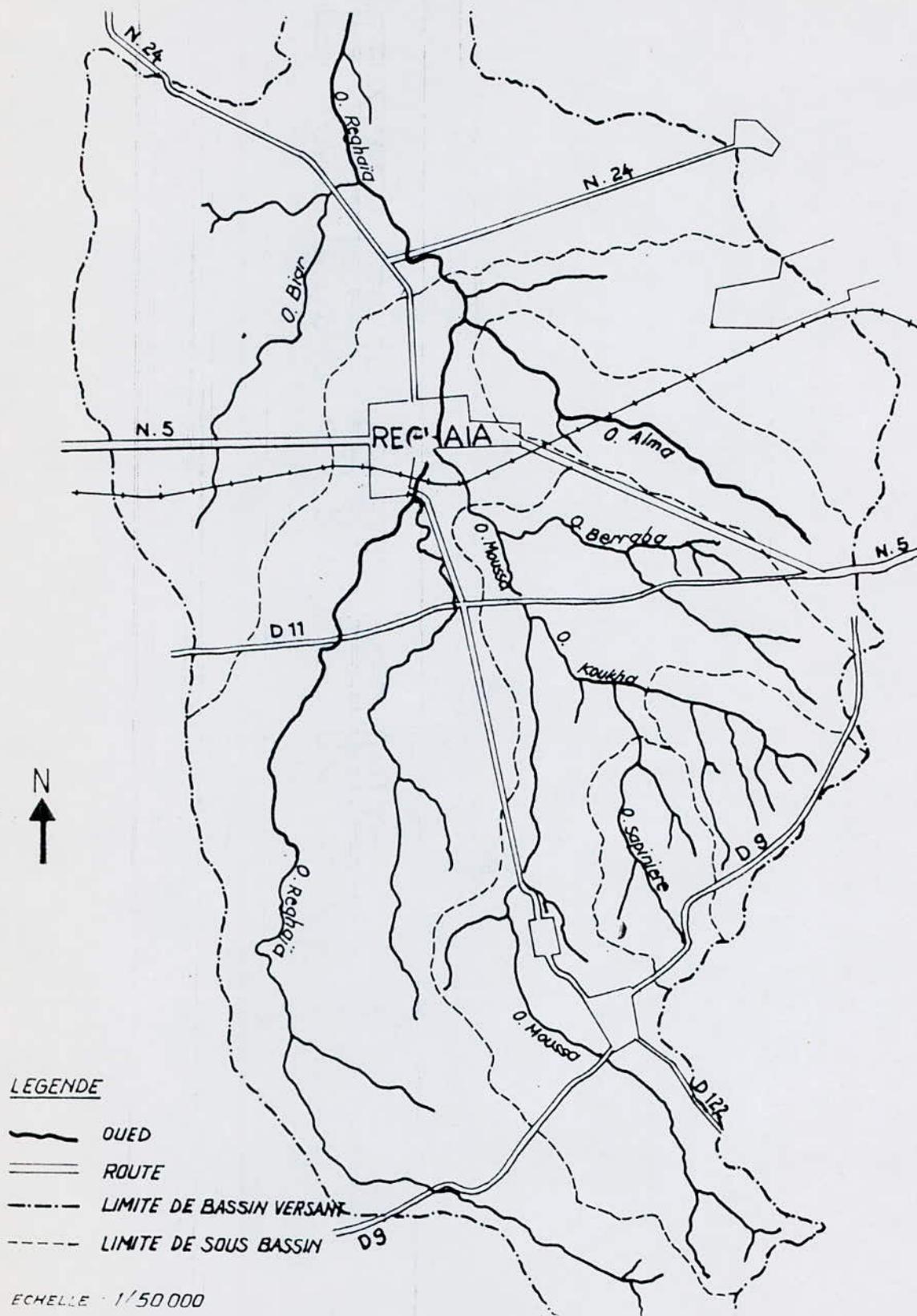


Fig.1

7- Côte (m)
côte par rapport au niveau de la mer

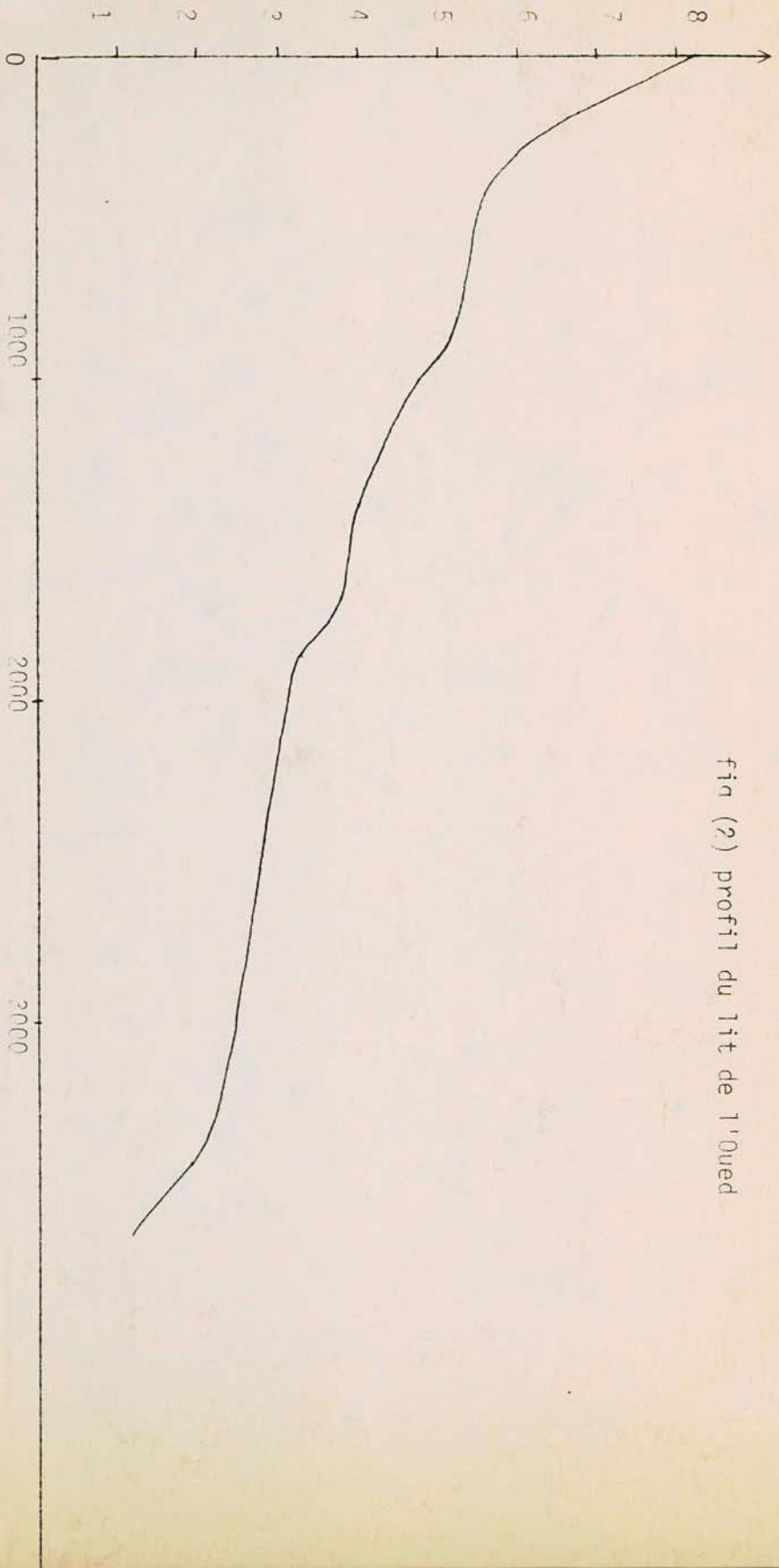


fig (2) profil du lit de l'Oued

Parcours le long de l'Oued (m)

I - 2 Influence de l'environnement sur l'Oued Réghaia :

I - 2.1 Effluents :

I - 2.1.1 EFFLUENTS URBAINS :

La Ville de Réghaia est dotée d'un système de collecte des eaux usées urbains de type unitaire composé d'un ovoïde de diamètre variable (400 à 1200 mm) ou les eaux de ruissellement rejoignent les eaux domestiques. Ce collecteur de type unitaire aboutit à l'Oued Réghaia.

+ EAUX de Ruissellement :

Constituées essentiellement d'eaux de pluies, de lavage des surfaces, elles sont caractérisées par des débits très variables. Ces rejets non contrôlables drainent des matières en suspension d'origine minérale et organique, des hydrocarbures provenant de la circulation automobile.

+ EAUX domestiques :

La Ville de Réghaia compte actuellement 60.000 habitants, rejetant ainsi une quantité importante d'eaux usées. En effet on estime que pour une Ville de 50.000 à 10.000 habitants la production d'eaux usées est de 125l/hab j (1) et que la charge en demande Biologique en oxygène (DBO) apportée par ces eaux urbaines est 549/hab j (2). Les eaux domestiques renferment de la matière organique ainsi que de la matière minérale et des détergents.

+ EAUX résultant d'activités artisanales et industrielles :

Plusieurs Usines et Ateliers se sont implantés dans la Ville de Réghaia . On peut citer une fabrique de stylo, une usine de textile, usine de serrurerie... (Voir effluents industriels).

I - 2.1.2 Effluents Agricoles :

Les effluents agricoles riches en pesticides , en engrais, et en boues sont véhiculés par les eaux de pluie. Les effluents agricoles constituent une source de pollution non contrôlable dont une partie se deverse directement dans l'Oued.

I - 2.1.3 Effluents industriels :

Ces dernières années la commune de Réghaia a vu naître l'implantation d'une zone industrielle (1960) sur une superficie totale de 255 hectares. A l'heure actuelle elle ne compte pas moins de 58 unités industrielles tributaires (Voir fig 3) d'une certaine qualité de l'eau telles que les unités de transformation à l'aide des produits corrosifs et de galvanisation, les tanneries, les unités de textiles, les unités d'art graphique, voir Nature de l'exploitation industrielle Tableau N°1. Ces unités déversent pour la plus part leurs eaux résiduaires sans traitement préalable causant selon le type d'effluents rejetés différentes pollutions.

I - 2.1.4 Canalisations:

Les eaux usées industrielles de la partie Nord de la Zone industrielle sont rejetées dans un réseau d'assainissement du type unitaire aboutissant à l'Oued Réghaïa au niveau du pont de la RN5 . La partie Sud quand à elle rejete ces eaux dans un réseau d'assainissement du type séparatif, les eaux pluviales sont acheminées vers les Oueds BIAR et GUERBA et les eaux industrielles acheminés vers l'Oued Réghaia.

I - 2.1.5 SOURCES :

La commune de Réghaia repose sur la nappe souterraine (Nord de Rouiba) ce qui fait de cette région une réserve hydrique importante pour les végétaux et l'agriculture . La géologie du sol à certains endroits favorise le jaillissement de sources qui à leur tour contribuent à la formation de marécages, ou coulent le long des pentes pour se verser dans les cours d'eaux de Réghaia.

ZONE INDUSTRIELLE DE ROUIBA-REGHAIA

UNITES CONCERNEES PAR LE PROGRAMME D'ANALYSE DE L'AN-PE

ECHELLE : 1/20 000 (SOURCE ANAT)

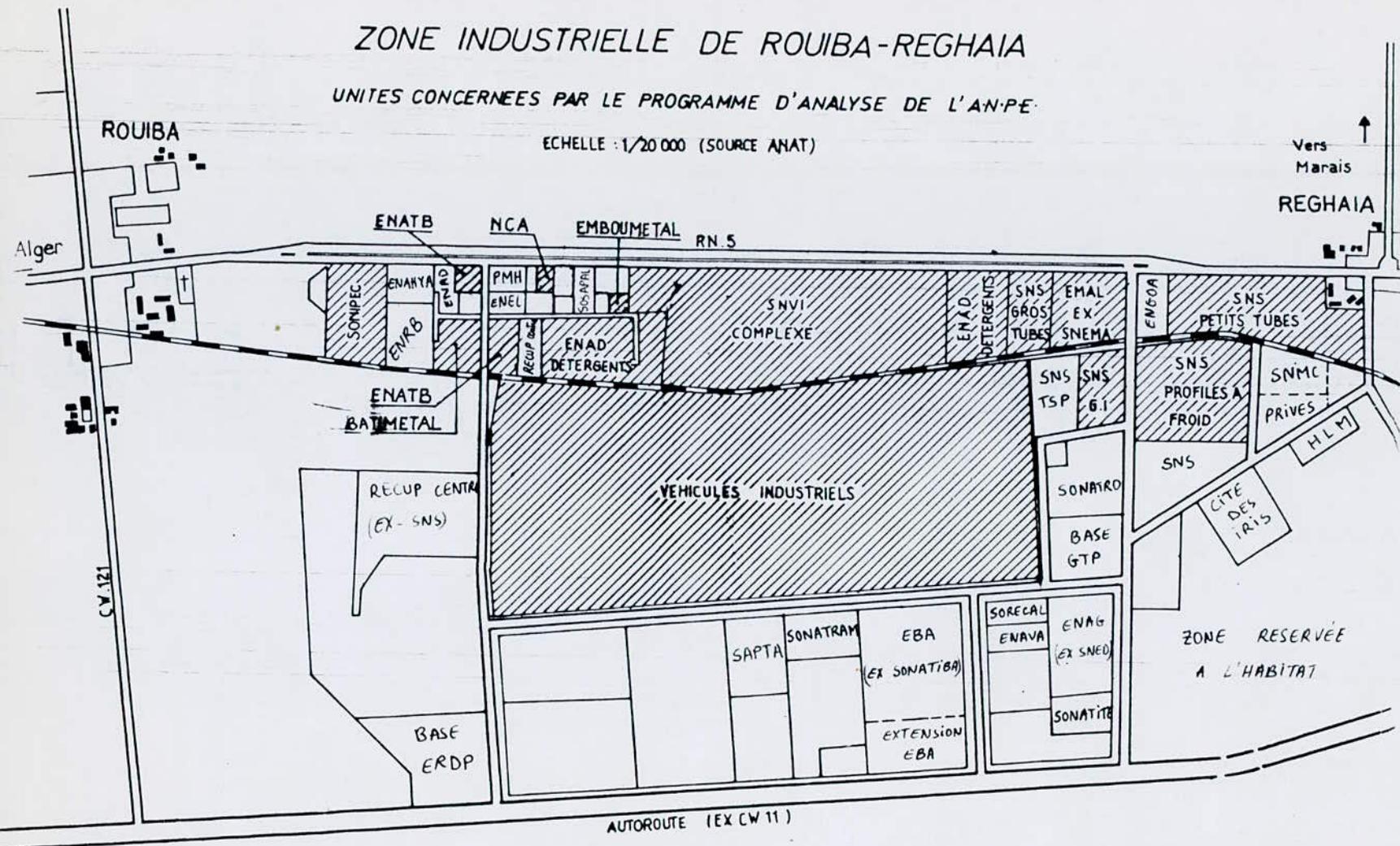


Tableau N°1 - Nature de l'exploitation industrielle du point de vue quantité et du point de vue diversité des produits présents dans l'eau :

Dénomination Activité	Matière Debit d'eau Journalier	Nature des Effluents	Traitement
SNVI - CVI Fabrication de véhicules indus- triels Camions, Cars, Bus.	+ Acier, Fonte, Alumine, Peinture bois, Polyesters ++ 500 m ³ /J	Eaux usées domes- tiques 1500 m ³ /j Eaux usées indus- trielles huiles usées 335m ³ / An.	Récupération des Dechets solides 3 stations de traitement d'eaux +Dechromatation, Neu- tralisation + traitements des huiles
ANABIB Unité de gros tubes Fabrication de tubes soudés en spirale enrobés	+ Aciers 100t/j Peinture 0,5t/j Goudron 284t/j laine de verre 0,5t/j fil de soudure. ++ 30 m ³ /j.	Eaux domestiques 70 m ³ /J Eaux de piegeage de fumée de soufre 8 m ³ /j Eaux de refroi- dissement 2000 m ³ /j huiles usées 5000l/ An. rejetés directe- ment.	Récupération de déchets solides Piegeage de fumées pour la retention des poussières de soufre.
ANABIB profil à froid Fabrication de Profile à froid feuillards tûbes soudés, fer plat.	+ Bobines d'Acier 500t/j ++ 10 m ³ /j	- Eaux usées domes- tiques 70 ³ /j eaux de refroi- dissement acides 15 m ³ /sem huiles usées 10.000l/j rejetées directement	Récupération des déchets solides Neutralisation des eaux de décapage acide.

Suite Tableau N°1 :

Dénomination Activité	Matière Débit d'eau journalier	Nature des Effluents	Traitement
ANABIB/ENTTPP Fabrication de tubes gaz serrureries galvanisés	Feuillards laminés 100t/j Feuillards galva- nisés 80t/j Feuillards de Zinc 7t/j ++ 2640 m ³ /j.	Eaux domestiques 264m ³ /j eau de décapage acides 500l/j eaux de décapage chargé de Zn. eau de refroidis- sment 2000 m ³ /j Huiles usées deve- rées directement	Récupération de déchets solides. Neutralisation des Eaux de décapage acide
BATIMETAL Fabrication de pylones haute tension basse et accessoire de galvani	++ 33 m ³ /J	Eaux domestiques 30 m ³ /j eaux de galvani- sation eaux de décapage acides 12 m ³ /sem huiles de vidange 400 l/mois	Récupération de déchets Stockage des huiles Neutralisation des eaux de décapage
Unité de Produc- tion de lames	Aciers inoxyda- ble 450 kg/j Meubles Abrasifs	Eaux usées domes- tiques 12 m ³ /j bains usés de dé- graissage solutions usées d'anti rouille eaux de refroidis- sment circuit (-) huile usées déversées directe- ment.	Récupération des débris de lames par électroaimant. 100 m ³ /4 mois.
ENPMM Fabrication de pompes centrifuges	Fontes 0,5t/j Bronze 10t/j Produits siderur- gique ++ 10 m ³ /j.	eaux usées domes- tiques	

(Suite)Tableau N°1 :

Dénomination Activité	matière Débit d'eau journalier	Nature des Effluents	Traitement
SONATRO Maintenance du matériel de terrassment	+ Fer, Acier assimilés Bois huilés & grai- ses ++ 10 m ³ /j.	Eaux usées domes- tiques Eaux de lavage de véhicules huiles de vidange 200-m ³ /an déversées directement	
EMBOUMETAL Production d'ar- ticle de quincaillerie	+ Feuillard d'a- ciers, Mat.plast lingots de Zn.	Eaux usées domes- tiques bains d'a- cides usés huiles	
ENATBUMBU 11 Fabrication de mobilier Scolaire.		Eaux usées domes- tiques Eaux usées de dé- graissage Eaux usées de net- toyage des cabines de peinture et de vernissage.	
ENATB UMBU12 Fabrication de mobilier métal- lique	+ Bois et dérivés, formica Produits siderur- giques quincallerie produits chimiques ++ 5 m ³ /j.	Eaux usées domes- tiques Eaux de degrais- sage contenant des produits chimiques non identifiés	Récupération de déchets solides Néant.
ENEL Fabrication du matériel d'éclair- rage public	+ Produits sidérur- giques 11t/j Plastiques 0,2t/j ++ 34 m ³ /j.	Eaux de lavage/des filtres de deter- gents/des équipe- ments et des aires de travail con- tenant des deter- gents. Huiles de Vidange.	Récupération de cer- tains déchets solides Néant.

(Suite)Tableau N° 1 :

Dénominsation Activité	matière Débit d'eau journalier	Nature des Effluents	Traitement
ENAD detergents Rouiba Fabrication de poudre à laver, ISIS, poudre à recurér NADA et insecticide T.A.C	+ Sodium tripoly- phosphate 30t/j Silicate de Soduim 20 t/j ++ 600 m ³ /j	Eaux de lavage / des filtres de detergents des équipements et des aires de travail contenant des dé- tergents. Eaux de rinçage des malaseurs de dé- tergents . huiles de vidange .	Récupération de cer- tains déchets solides récupération de dé- tergents par voie sèche Substitution de H ₂ SO ₄ par l'acide sulfo- chromique. Néant.
ENAD Détergents Réghaia	+ Soduim tripoly- phosphate 17t/j silicate de Na 11 t/j Acide sulfurique 17t/j Sulfate de Na 16 t/j, ++ 250 m ³ /j.	Eaux de lavage 1 fois/semaine des équipements et du bac de pré- paration de colle eaux de rinçage eaux des mélangeurs T.A.C. eaux des filtres de detergents huiles de vidange	Stockage des huiles Rejet de quantité importante de poussière de détergent Néant.
ENIPEC Transformation des peaux en cuir et laine.	+ Peaux brutes, colorants ++ 2500 m ³ /j.	Eaux usées domes- tiques eaux usées des dif- férentes phases (trempe , rinçage, pretannage, tannage, teinture) huiles usées	Récupération de déchets solides Néant.
SN.ANEP Imprimerie	+ Papiers, cartons films revelateur 51/j fixateur 51/j ++ 15 m ³ /j	solutions usées de fixa- teur et de révela- teur eaux usées domestiques " de refroidissement	Néant

(Suite) Tableau N°1 :

ENAG Edition de revues, livres brochures	+ Papier 22t/j Encre 50 kg/j 250 plaques de Zinc 20u/j colle 80 kg/j ++ 30 m ³ /j	Eaux chargées de fixateurs et de révélateur - 30 m ³ /j huiles de vidange 200 l/sem deversés direc- tement.	: Néant : Récupération de : Déchets Solides.
SOSAPAL Matériel pour l'industrie du pétrole et de l'hydraulique	+ Acier 0,3t/j + 40 m ³ /j	: Eaux usées domes- : tiques : eaux usées indus- : trielles 10m ³ /j : huiles usées.	: Néant
E.N. de Gaz industriel fabri- cation de O ₂ , N ₂ CO ₂ et autre mélange de gaz liquide	+ Fuel domestique air atms ++ 500 m ³ /j	Solutions usées d-amines 2 m ³ /mois Permanganate 400l/ mois Eaux de refroidis- sement 5 m ³ /j chargées d'organo- phosphorés et d'or- ganosoufrés. huiles usées Sol usées de Na ₂ SO ₄ 400l/mois	

I - 2.2 Conditions Climatiques :

La Région de Réghaia se situe à l'étage bioclimatique subhumide méditerranéen caractérisé par des Etés secs et chauds et des Hivers doux et humides. Les pluies commencent à tomber du mois de septembre s'accroissent entre le mois de novembre et février, mais ces précipitations n'arrivent pas à compenser l'évaporation très importante en période estivale où le maximum de température est atteint (30 à 36° C) (2).

Les vents dominants sont les vents Nord-Ouest (NW). En été souffle le sirrocco qui contribue à augmenter la température et à activer l'évaporation.

I - 3 Effet de Pollution sur l'Oued Réghaia :

Ces dernières années, l'Oued Réghaia, est devenu un réservoir d'eaux usées, et une décharge publique . En effet ce cours d'eau reçoit chaque jour 20.000 m³ d'effluents industriels de la zone industrielle Rouiba - Réghaia et 7000 m³ d'eaux usées domestique. A cela il faut rajouter, les rejets non contrôlables tel que le lavage des surfaces cultivées ou consolidées par les eaux de pluies, le versement de marchandises susceptibles de couler dans le cours d'eau ou son voisinage proche (Produits de vidange) ect....

Cette charge polluante importante a perturbé, jusqu'à l'anéantir , le phénomène d'autoépuration de l'Oued. Sa capacité de dilution étant inférieure à la charge polluante.

Les effluents versés dans l'Oued confèrent à l'eau une couleur inesthétique et une turbidité importante rendant ainsi ces eaux répugnantes avec parfois dégagement d'odeur désagréable.

Une description sommaire de l'Oued Réghaia fait ressortir que le lit de l'Oued est vaseux, on note aussi la présence de plaques de boues à la surface . Les eucalyptus plantés initialement pour accélérer l'assainissement sont en train de déperir par asphyxie racinaire alors que les zones de végétation palustre reculent vers l'amont.

En outre il y a à signaler que les berges de l'Oued sont utilisées comme décharge publique. On y trouve toutes sortes de déchets allant des déchets ménagers aux carcasses de voitures , pneus, bidons métalliques, troncs d'arbres.

Pour mieux caractériser la charge polluante que reçoit l'Oued Réghaia, nous avons essayé de résumer sous forme de tableaux N°2 , N°3 les différentes analyses qualitatives et quantitatives effectuées jusque là pour certaines unités de la zone industrielle Pouiba Réghaia et de considérer l'eutrophisation de l'Oued (prolifération excessive de végétaux).

Tableau N° 2

Analyses quantitatives et qualitatives des effluents de différentes

Unités polluantes :

Unités	Charges			Polluantes				
	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	MES (015°) mg/l	Huiles	cyanures	phos- phates	chlo- rures	déter- gents
BATIMETAL (3)	160	7 g	-	-	-	-	-	-
ANABIB Gros tubes (4)	246,5	100,5	518	1,925	-	-	-	-
ANABIB P A F I (4)	407,5	245,3	198,15	0,65	-	-	90,5	-
S N V I C I V (5)	40-600		50-260		0,8-2,6	6,20	-	-
Production de Lames (6)	160	79	3 -4,5	30 -31,3	-	-	-	-
E N A D (7)	130 170	141	100 150	-	-	-	256,6	55
MEGISSERIE (8)	40-70 Collec- teur		22 128					
E M A L (9)	635,4	265,8	44,5	-	-	3,7	490,8	-

Tableau N° 3

Quantité et Qualité des Métaux Lourds rejetés dans l'Oued par les différentes Unités :

	Qualité	Quantité (mg/l) rejetée dans l'Oued (+)
BATIMETAL (3)	Fe, Zn, Cr	Fe : 3125 - 4500 Zn : 35,6 - 93,8 Cr : 10,9 - 13,5
ANABIB (PT) (4)	Fe, Zn, Cr, cd	Fe : 26,5 - 159 Zn : 11,4 - 19,5 Cr : 3,78 - 6,52
SNVI - CVI (5)	Fe, Zn, Cr	Fe : 2 - 2,50 Zn : 0,28 - 0,58 Cr : 1,05
Production de Lames (6)	Fe, Cr	Fe : 0,9 Cr : 0,045
MEGISSERIE (8)	Cr	Cr : 2,8 - 6,8

+ Après traitement des effluents.

I - 3.1 Les Nutriments :

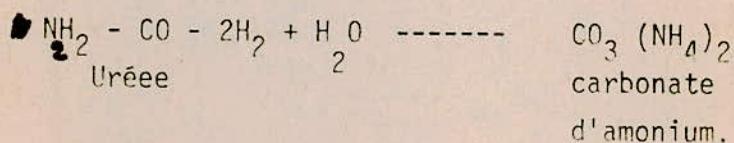
Le processus d'eutrophisation résulte de l'hyperfertilisation des eaux par un apport abondant d'éléments nutritifs (azote, phosphate) qui favorisent la prolifération du phytoplancton et des plantes aquatiques augmentant ainsi la turbidité des eaux et diminuant les taux d'oxygène dissous.

L'eutrophisation passe par plusieurs stades aboutissant à un cours d'eau où les eaux sont peu productives, riches en matière organiques, pauvres en oxygène.

Les éléments responsables de cette eutrophisation sont l'azote et le phosphate.

I - 3.1.1 L'Azote :

L'azote est un constituant essentiel de la matière vivante dans les eaux usées il existe sous formes minérales NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et sous formes organiques l'azote organique et ammoniacal exercent une demande biochimique en oxygène importante (4,5 mg d' O_2 pour transformer 1 mg d'azote). L'azote contenue dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine urinaire.



I - 3.1.2 Le phosphore et les composés phosphorés :

L'origine du phosphore dans les eaux résiduaires est due essentiellement :

- ruissellement à travers les terres agricoles cultivées avec des engrais phosphatés.
- déjections humaines et animales.
- industries du phosphore, industries du cuir, et industries de peinture.

Dans l'eau le phosphore se présente sous deux formes :

- a) phosphore organique : le phytine, les acides nucléiques, les phospho-acides.
- b) phosphore minérale : les principales formes sont :
 - les ions phosphates (PO_4^{2-}) dissous dans l'eau sous formes d'acide phosphorique
 - les polyphosphates et pyrophosphates
 - les ions phosphates (PO_4^{2-}) associés aux cations (Fe^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mn^{2+}) (5).

II - Evaluation de la pollution d'un cours d'eau :

Dans l'analyse de l'évaluation de la qualité des cours d'eau on distingue entre les polluants classiques (matières organiques et matières en suspension) et les polluants spécifiques biorésistants (pesticides, hydrocarbures, métaux lourds ..) après avoir mesuré les paramètres du milieu comme la température , le Ph, la conductivité, la turbulence.

II - 1 Potentiel d'Hydrogène (PH) :

Le pH mesure l'activité des ions H^+ il nous renseigne sur l'acidité ou l'alcalinité des eaux de rejet. Les limites de pH sont assez strictes. Au dessous du pH 6 et au delà de pH 8 la fermentation est freinée voir Tableau (N°4)

II - 2 L'oxygène dissous :

Le taux d'oxygène dissous permet de faire un premier diagnostic général sur l'état de pollution d'un cours d'eau. En effet celui ci dépend énormément des composés de la charge polluante.

TABLEAU N°4

Concentrations limites du rejet après traitement

Milieu recepateur : eau de surface.

PARAMETRES	Valeurs limites Maximales
pH	6,5 à 8,5
Température (°C)	30
Matières en suspension (mg/L)	20,00 à 30,00
DBO ₅ (mg/l)	30,0 à 60,00 MAX
DC O (mg/l)	90,00
Huiles et graisses (mg/l)	20,00
Composé phenoliques (mg/l)	0,05
Phosphates (PO ₄) ³⁻ (mg/l)	2,00
Cyanures (mg/l)	0,01

D'après le Centre d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme (URBASE).

Les matières organiques rejetées dans un cours d'eau, diminuent la qualité de l'eau et notamment la teneur en oxygène dissous.

La demande biochimique en 5 jours (DBO_5) quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation en 5 jours d'une certaine masse de déchets organiques constitue un indicateur de pollution en matières organiques.

Plus la teneur d'une eau en DBO_5 est élevée, plus la quantité à dégrader est élevée et plus le cours d'eau est pollué.

a) Les phosphates, les nitrates et plus généralement les engrais agricoles, favorisent la prolifération excessive des plantes aquatiques (voir I-3.1). Cette croissance consomme une grande quantité d'oxygène dissous.

b) Les sulfates (SO_4^{2-})

Il a été remarqué que plus la concentration en sulfate augmente moins il y a d'oxygène et plus il y a production d'hydrogène sulfurique. La présence du soufre dans un cours d'eau est due aux industries de l'acide sulfurique, tanneries, détergents, ect....

c) Les huiles, produits pétroliers, détergents (anioniques) Leurs rejets a souvent pour effet de former une mince couche à la surface de l'eau, cette pellicule réduit le contact entre l'air et l'eau freinant ainsi la réoxygénation des eaux.

II - 3 Substances Bioresistantes toxiques :

Il s'agit essentiellement des métaux lourds, et des hydrocarbures, polycycliques, aromatiques qui peuvent avoir des effets nocifs sur la santé humaine et l'écosystème.

II - 3.1 Matières organiques toxiques :

a) Les phenols :

Ce sont des composés organiques solubles. Leur biodégradabilité est variable et depend de la complexité de leur molécule . En présence d'autres corps , ils peuvent réagir et former des mousses et des colorants. Les teneurs admissibles en phenols peuvent aller de 40 à 250 mg/l.

b) Les pesticides :

Ceux sont des substances organiques utilisées pour détruire des espèces végétales ou animales nuisibles. Leurs utilisation abusive peut conduire à une rupture de l'équilibre écologique et engendrer des produits secondaires encore plus toxiques aussi bien pour l'homme que pour la flore et la faune aquatique. Trois grandes catégories de pesticides rassemblent les divers produits en usage. Les organo - phosphorés, les organes-chlorés, et les desherbants.

II - 3.2 Substances minérales toxiques :

Il s'agit de la pollution métallique industrielle . Les industries responsables en grande partie sont les ateliers de petite mécanique (anti-corrosifs, anti-oxydants, sels métalliques.....). Les industries de traitement de surface (cyanures, chromates, cations métalliques lourds.....) et également les tanneries. Les principaux ions métalliques présents dans les effluents sont le Cu, pb, Zn, Al, Cd, Cr, Ni, Hg et Fe.

II - 3.2.1 Les cyanures :

Les ions cyanures forment un toxique particulièrement dangereux. Les cyano-gènes combinés à des cyanures complexes se dissocient, ou s'hydrolysent plus

ou moins fortement et sont par suite à même de produire des ions cyanogènes extrêmement toxiques. Les teneurs en cyanogène $>0,1$ mg/l provoquent des destructions de poissons. Les protozoaires présents dans l'eau périssent beaucoup plutôt. Le pH de l'eau joue un rôle important.

II - 3.2.2 Métaux Lourds :

A de faibles concentrations (cas des oligo-éléments) certains métaux lourds ont des effets bénéfiques. Cependant à concentration un peu élevée, ils peuvent devenir nettement toxiques.

Parmi les métaux les plus dangereux on peut citer le Beryllium (Be), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le mercure (Hg), le sélénium (Se), l'argent (Ag), et l'Arsenic (AS). (Voir Tableau n°5).

Les risques de pollution par les métaux lourds peuvent être immédiats ou être prévisibles à long terme. L'accumulation dans le sol de doses minimes peut entraîner à la longue des effets toxiques. Les effets des métaux lourds ne dépendent pas de leur concentration mais aussi de leurs interactions et des propriétés physico-chimiques du milieu. Dans le Tableau (n°1 annexe 5) sont consignés les normes de composition des eaux résiduaires (après traitement) en ce qui concerne la FRANCE, LA SUISSE, LA RFA(10).

Caractéristiques des Métaux Toxiques (11) :

Métal	Concentration Maximale admissible (mg/l)	Caractéristiques
Argent Ag	0,05	Toxique, même si de petites quantités ont une activité bactéricide (quelque fois utilisé) peut provoquer une intoxication permanente caractérisé par une coloration bleue de la peau et des yeux.
Arsenic AS	0,05	Poison: utilisée dans certains insecticides rejets industriels ou dissolution de minerais.
Baryum Ba	1,0	Stimulant cardiaque qui peut être très dangereux pour le coeur, les parois vasculaires et les nerfs en Général il existe en très faible quantité dans l'eau.
Cadmium cd	0,005	Extrêmement toxique - Reins - surtout - ingéré par l'intermédiaire des aliments provient des rejets industriels (galvanoplastie).
Chrome Cr	0,05	Cr VI très toxique, qu'on peut retrouver dans l'eau potable du fait de sa chloration CrIII jugé non toxique.
Mercure Hg	0,001	Tous ses dérivés sont toxiques Provoque de graves troubles neurologiques $(CH_3)_2Hg$.
Plomb Pb	0,05	Toxique, s'accumule dans l'organisme et entraîne le saturnisme, surtout chez l'enfant . Rejets miniers, corrosion des tuyauteries anciennes
Selenium Se	0,01	Toxique ingéré plutôt par les aliments que par l'eau

(Suite Tableau)

Métal	:Concentration :Maximale :admissible :(mg/l)	C a r a c t é r i s t i q u e s
Cuivre Cu	1,0	Toxique utilisé pour limiter la croissance des algues dans le réservoir. Besoin 2 mg de Cu/J
ZIRCONIUM Zr	5,0	Toxique au dessus de la concentration maximale acceptable donne un goût astreignant et une légère turbidité à l'eau.
Beryllium Be	-	:Extrêmement toxique, provoque l'irritation des yeux des dermatides et des pneumonies chroniques.

III - Etude des Métaux dans les sédiments :

III - 1 Généralités sur la sédimentation :

On définit la sédimentation comme étant l'élimination des matières en suspension de densité supérieure à celle de l'eau. On peut diviser la sédimentation en trois classes principales selon la nature de la suspension : la sédimentation discontinue, la sédimentation floculante, et la sédimentation en zone.

Dans le premier cas, la particule conserve son individualité pendant toute la sédimentation et ne varie ni en dimensions, ni en forme ni en densité.

C'est le cas du sable et des particules de charbon. Dans le second cas les particules s'agglutinent au cours de la sédimentation, ce qui entraîne une variation dans la vitesse de sédimentation. Dans le troisième cas, les particules sédimentent en masse ; cette masse présente une interface nette avec le liquide surnageant.

La sédimentation des métaux lourds dépendra essentiellement des formes sous lesquelles ils sont présents dans les eaux et de la vitesse d'écoulement du cours d'eau.

En effet un courant suffisamment fort empêche partiellement tout dépôt et diminue le taux d'absorption des métaux lourds sur les matières en suspension comme le montre la figure 4.

Formes sous lesquelles métaux sont présents dans les eaux naturelles :

ions métalliques libres	paire d'ions minéraux complexes	complexes organiques molécules chelatées	complexes métalliques liés à des matières organiques à forte molécularité.	métaux à forte dispersion colloïdale	espèces métalliques sorbées sur colloïde	précipités particules organiques debris d'organismes vivants.
-------------------------	---------------------------------	--	--	--------------------------------------	--	---

Diamètre: -----1nm-----10nm-----100 nm.

exemples :					
Cu_{aq}^{2+}	$Cu(OH)_2^{2+}$	Metal-SR	Metallo lipides	$Fe(OOH)$	$(Metal)_x(OH)_y$
Fe_{aq}^{3+}	$Pb(CO_3)_2^{2-}$	Metal-OOCR	Metallo polymères de l'acide humique	$Fe(OH)_3$	Metal CO_3
Pb_{aq}^{2+}	$CuCO_3$		Metallo poly-saccharides	oxydes de Mn (IV)	Metal S
	$AgSH$ $CdCl^+$ $Zn(OH)_3^-$			Mn_7O_{13}	Sur les argiles ou sur $Fe(OOH)$
				$5H_2O$ Ag_2S	

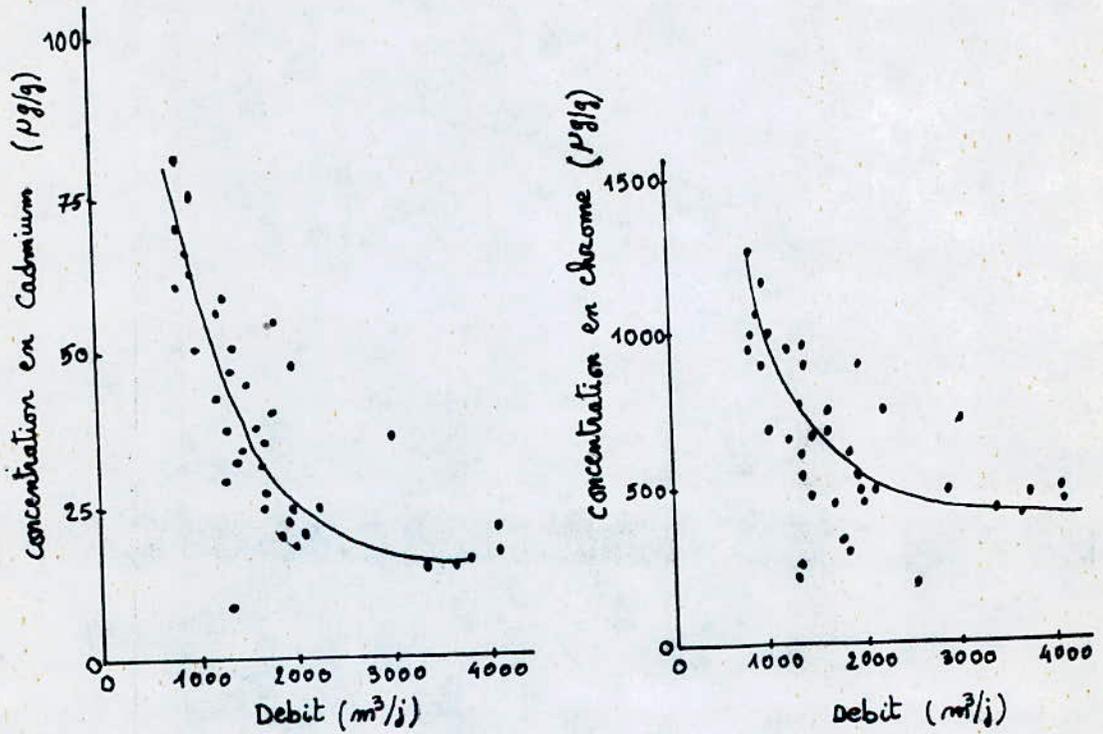


Fig 4 : Rapport entre le debit de l'eau et les teneurs de cadmium et de chrome des Matières en suspension dans la partie Neerlandaise du Rhin. (13)

III - 2 Métaux lourds dans les sédiments :

La présence de métaux dans les sédiments de cours d'eau, est liée d'une part à la sédimentation des produits que charient les rejets d'activités humaines et naturelles d'autre part aux caractéristiques du cours d'eau et du sédiment.

Quelque soit son origine, la charge métallique au delà d'un seuil de concentration constitue un problème crucial de part ses effets sur la santé humaine et l'écosystème.

La figure 5 montre le cheminement des polluants des sédiments jusqu'à l'homme.

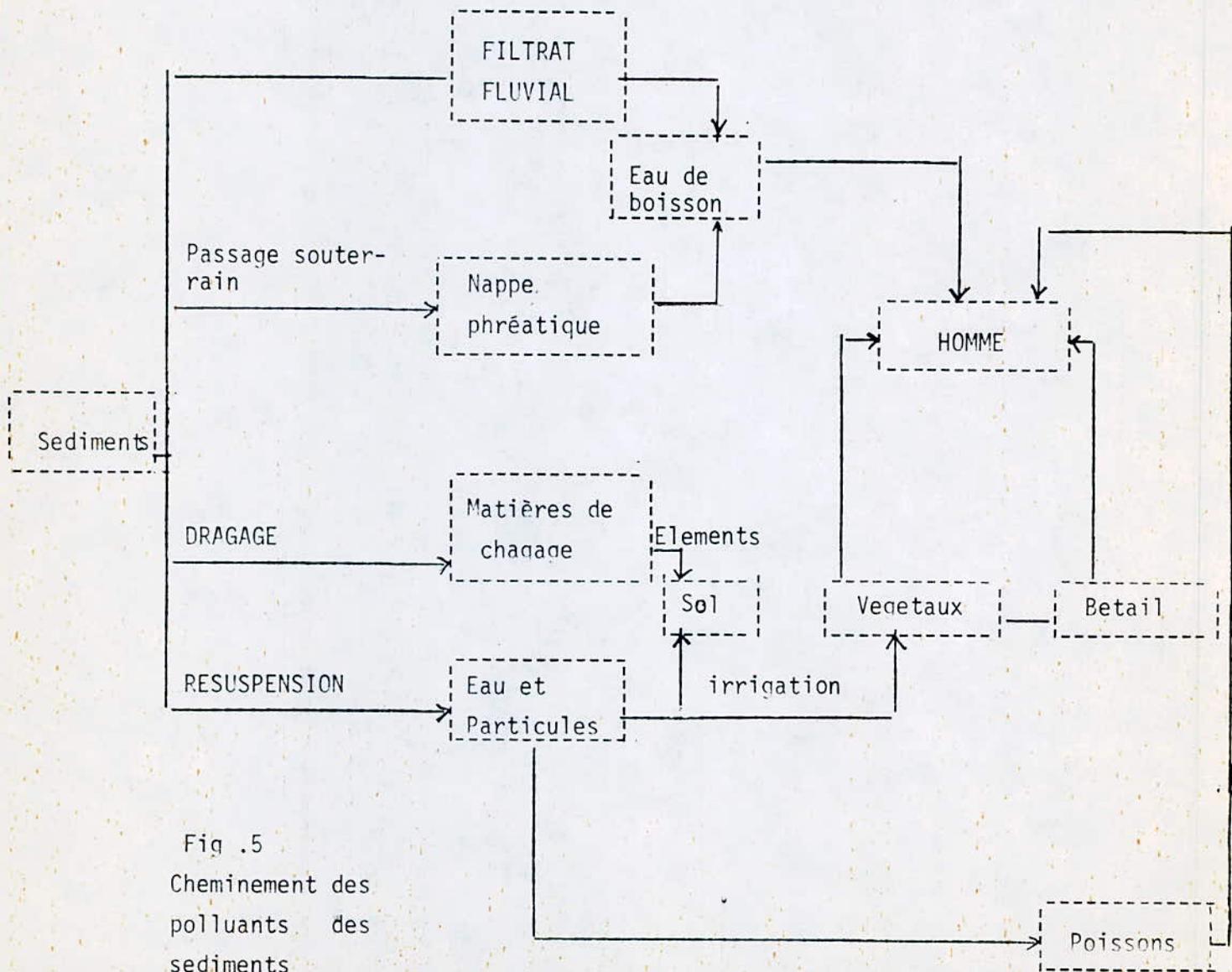
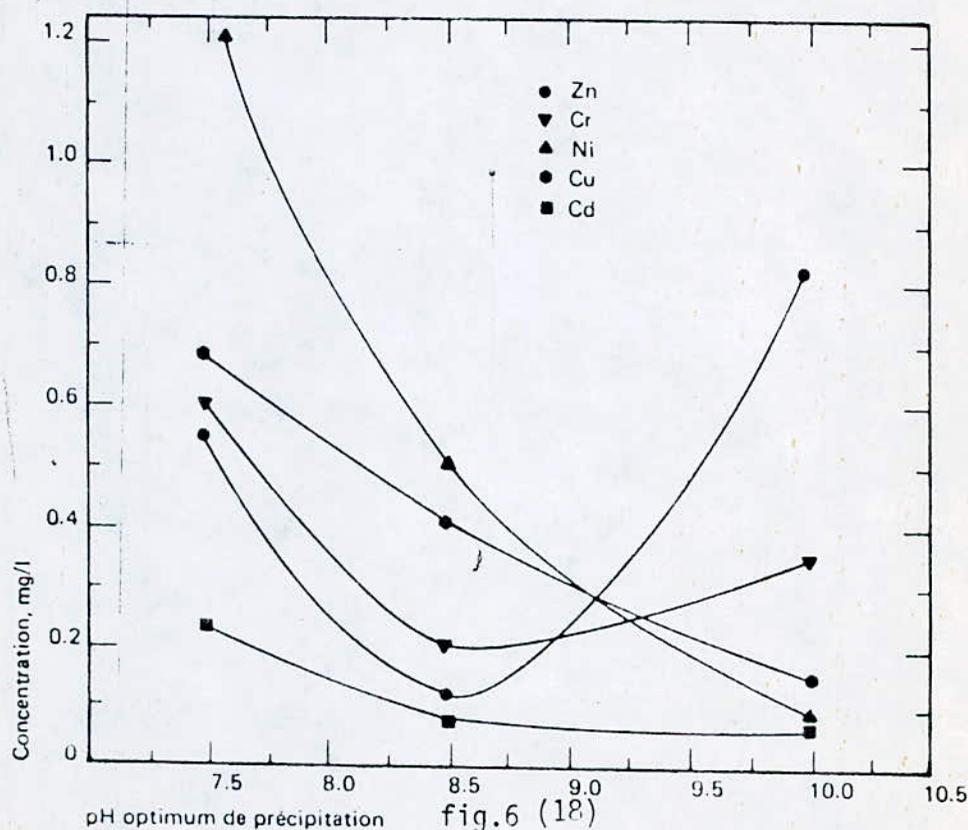


Fig .5
Cheminement des
polluants des
sédiments

III - 2.1 Echange de polluants entre les sediments et l'eau :

La charge métallique associée au sédiment se répartit entre les éléments métalliques fixés d'une manière irréversible et les éléments susceptibles de repasser en solution en fonction des variations des conditions physico-chimiques se produisant dans le milieu. Ces métaux non liés à la structure du sédiment sont soit absorbés, soit précipités comme le montre la fig 6.

Aussi la distribution des métaux entre sédiments et eau est régie par les conditions physico-chimiques (α :pH) et la composition granulométrique du sédiment. Une baisse de pH provoque une solubilisation plus poussée et une libération des métaux des sédiments par des processus d'échange d'ions (13).



" PH OPTIMUM DE PRECIPITATION "

III - 2.2 Effet des processus biologiques sous la forme des métaux présents à l'état de traces dans les sédiments :

D'après la théorie des acides/bases fort faibles. Les Métaux acides fort vont se coordonner facilement avec les bases fortes (4).

Les métaux acides faibles vont se coordonner de préférence avec des bases faibles voir Tableaux ci-dessous.

Acides Forts (a)	Cas limités	Acides Faibles (b)
Mn ²⁺	Fe ²⁺	Cu ⁺
La ³⁺	Co ²⁺	Ag ⁺
Cr ³⁺	Ni ²⁺	Ti ⁺
Co ³⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺
Fe ³⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺
Cr ⁶⁺	Pb ²⁺	Hg ²⁺
	Sb ³⁺	Pb ⁴⁺
	Bi ³⁺	Ti ³⁺

- a) complexation prédominante avec oxyde et azote
- b) complexation prédominante avec les sulfures adapté de PEARSON (14).

On voit ^{en} pour les métaux présentant un intérêt environnemental une préférence pour la combinaison avec des bases faibles (exemples sulfures). Partant de là il devient évident que la formation microbiologique des sulfures par les bactéries anaérobies des sédiments des fleuves et des cours d'eau est extrêmement importante aux fins de la précipitation de ces métaux. A cet égard le genre desulfovibrio revet une place importante dans la réduction des sulfites en sulfates.



Introduction au dosage des Métaux dans les sédiments :

Le dosage des métaux dans les sédiments nécessite un prétraitement des échantillons et une minéralisation de ceux-ci en vue d'être analysés.

III - 3 Prétraitement physique et conditionnement :

L'échantillon à prélever doit être au départ exempt de toute souillure susceptible d'altérer la composition du milieu étudié. Les échantillons prélevés sont tout de suite placés dans des flacons en plastique. De préférence, ces flacons ont l'avantage de ne pas libérer d'éléments traces, notamment les métaux lourds et sont relativement inertes par rapport au sédiment et conservés à 4°C pour éviter toute activité microbienne.

Au laboratoire les échantillons sont étalés dans des boîtes de petri pour permettre le séchage du sédiment à la température ambiante pendant une durée de trois jours.

Pour accélérer le processus de séchage, les échantillons sont mis à l'étuve à une température de 60°C. Cette température conserve la granulation naturelle des échantillons et évite toute dégradation de la matière organique.

Après l'opération de séchage qui permet l'obtention de boues cuites, succède l'opération de broyage à l'aide d'un broyeur en agate. Les poudres fines ainsi obtenues sont passées au tamis (63 μm) pour récupérer les fractions granulométriques inférieures à 63 μm en vue de leur minéralisation.

Il faut signaler que la nature du broyeur, du tamis ainsi que le matériel de laboratoire et les réactifs utilisés sont des sources de contamination des échantillons.

III- 4 Minéralisation :

Le dosage des métaux lourds dans les sédiments nécessite la digestion (minéralisation) qui doit conduire à une solution claire et limpide. Son principe repose sur la libération des éléments métalliques contenues dans la matière organique.

Les différents types de minéralisation commises sont :

III - 4.1 Les Minéralisations Totales :

Les minéralisations dites **totales** permettent de connaître la quantité globale d'éléments métalliques liée aux sédiments. Ce type de dosage permet donc de connaître les quantités déposées en un lieu donné mais ne peuvent en aucun cas donner des indications quant à la provenance de ces métaux. Sont-ils d'origine naturelle (érosion du bassin versant) ou au contraire sont-ils anthropogènes (rejets divers) ? (15).

D'autre part, la minéralisation totale ne permet pas de quantifier, la fraction mobilisable susceptible de repasser en solution.

III - 4.2 Minéralisations partielles :

La minéralisation partielle a pour but d'attaquer la partie des métaux qui pourra éventuellement repasser dans le milieu aquatique donc potentiellement toxique. Ces métaux non liés à la structure du sédiment, sont soit absorbés soit précipités, soit présents sous formes de complexes organiques

ils pourront donc être libérés par échange d'ions (absorbés, solubilisation précipité avec oxydes, sulfures, carbonate), ou par destruction d'un des composants du complexe par exemple celle de la matière organique.

Cette méthode nous permet de connaître le risque de pollution potentielle créée par le stock métallique associé au sédiment . Par contre il ne sera possible de savoir quelle part de la fraction ainsi déterminé pourra repasser en solution en fonction du type de modification intervenu dans les conditions physico-chimiques du milieu car chaque phase du sédiment sera partiellement attaquée y compris la phase silicatée (15). Il s'agit en somme d'une estimation maximaliste du risque . Les méthodes de minéralisation partielle sont nombreuses (variantes): une série de produits de base reviennent dans ces méthodes. Le choix d'une méthode dépendra de l'élément à analyser, de la reproductibilité, et de la simplicité de la méthode ainsi que de sa sécurité.

Pour notre cas nous avons choisi la méthode à l'acide chlorhydrique et nitrique avec calcination à 450°C, et la méthode à l'eau régale car elles donnent de bons résultats pour les éléments que l'on a doser (17). Le principe des deux méthodes est donné en annexe (1).

III - 4.3 Minéralisation sélective (15) :

La minéralisation sélective permet de libérer une fraction des métaux contenus dans les fractions du sédiment sans toutes fois toucher à la structure de celui-ci . Voir annexe 2 Schema de minéralisation sélective. Cette méthode est intéressante pour 3 raisons principales :

a) La destruction de chaque phase est régie par des conditions physico-chimique bien précise du milieu . Il sera donc possible en fonction de

modifications physico-chimiques intervenues sur le site de savoir quelle phase risque d'être détruite et ainsi connaissant la quantité de métaux associée à cette phase de définir la quantité de métal susceptible de repasser en solution; dans ce cas précis. voir FIG n°7.

b) Certaines de ces phases (complexes organo-métallique, ions absorbés) seront essentiellement **représentatives** des apports provenant de la civilisation humaine. Par contre d'autres phases (carbonates, sulfure) contiendront des métaux d'origine naturelle ou/et provenant de l'activité humaine selon que ces phases proviendront de l'érosion du bassin versant ou seront par précipitation dans le cours d'eau. enfin la phase résiduelle (Silicate) sera représentative de l'origine naturelle des métaux.

c) L'étude sur un site donné de la localisation des éléments métalliques permettra probablement

+ Sur un profil vertical, de suivre l'évolution des rejets.

+ Sur un profil longitudinal, de détecter un rejet et définir son comportement.

Phases chimiques atteintes	condition de Relargage
Elements adsorbés échangeables	augmentation de la force ionique
Phases oxydables (matières organiques)	augmentation du Eh et dégradation de la matière organique par voie bactérienne
Lessivage acide (carbonates)	Baisse du PH
Phases reductibles	Baisse du E h.
Minéraux silicatés	relargage à peu près impossible à l'échelle humaine.

FIGURE 7 : Condition de relargage des éléments associés aux différentes phases détruites lors de l'application du schéma de Minéralisation sélective d'après (16).

III - 5 Méthodes d'Analyse des métaux : (19)

Les contrôles périodiques des métaux toxiques et indésirables contenus à l'état de traces, dans l'eau et les sédiments, sont devenus actuellement une nécessité en raison des risques croissants de pollutions des rivières. Aussi, la recherche des éléments traces dans un milieu donné exige la mise en oeuvre de techniques sensibles et précises.

La méthode la plus employée pour le dosage des métaux traces dans les sédiments de cours d'eau, reste la spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Toutefois, la spectrométrie d'émission de flamme et la polarographie sont aujourd'hui particulièrement adaptées à la détermination quantitative des traces dans le contrôle du degré de pollution métallique des eaux.

Il existe d'autres méthodes d'analyse, dont on peut citer :

- + L'analyse fluorimétrique fondée sur la mesure du rayonnement de fluorescence émis par les ions en solution sous un flux ultraviolet.
- + La spectrométrie de fluorescence X étudiant le spectre X de fluorescence émis par une substance excitée par un rayonnement X convenable.
- + La spectrométrie de masse (voir annexe 4)
- + L'analyse par activation de neutrons.

III - 5.1 Spectrométrie d'absorption atomique :

La spectrophotométrie d'absorption atomique est basée sur le fait que des atomes en leur état fondamental sont en mesure d'absorber une lumière d'une énergie bien déterminée. Ce phénomène constitue une inversion de l'émission

de lumière par des atomes qui ont été excités par un apport d'énergie thermique dans le cas de la photométrie de flamme.

Dans la spectrophotométrie d'absorption atomique, une lumière de longueur d'onde définie est envoyée à travers la flamme enrichie de gaz atomique et est absorbée par les atomes qui s'y trouvent à l'état fondamental. La quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration en atomes dans la flamme.

L'absorption de la lumière s'effectuant à des longueurs d'onde très exactement définies pour chaque élément qu'il s'agit de déterminer. On utilise comme source de rayonnement des lampes à cathode creuse dont la cathode est constituée par l'élément qu'il s'agit de déterminer.

La spectrométrie à absorption atomique obéit dans de vastes plages à la loi de Beer-Lambert qui décrit une corrélation linéaire entre l'extinction (densité optique) et la concentration de l'élément en question.

Loi de Beer-Lambert :

$$\text{L'extinction } E = \log \frac{I_0}{I}$$

I_0 : intensité de la lumière monochromatique I introduite

I : intensité du faisceau lumineux qui ressort de l'échantillon.

$$E = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = K \cdot e \cdot C$$

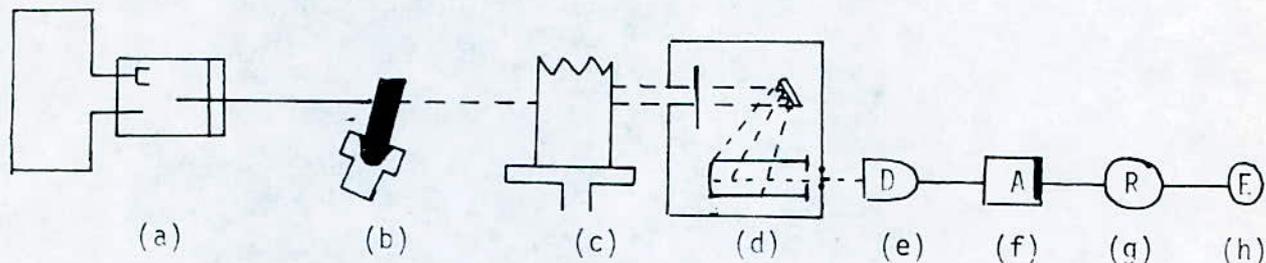
E : extinction

K : coefficient d'extinction ou d'absorption ($\text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$)

C : concentration molaire ($\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)

e : épaisseur de la couche (cm)

Structure de l'Appareil :



- (a) : lampe à cathode creuse
- (b) : diagramme rotatif à secteur
- (c) : dispositif d'atomisation (flamme)
- (d) : monochromateur
- (e) : detecteur
- (f) : amplificateur
- (g) : appareil indicateur
- (h) : enregistreur.

La spectrophotometrie d'absorption atomique se compose d'une source de lumière (a) qui emet le spectre de l'élément à déterminer, d'un dispositif d'atomisation (c), d'un monochromateur (d) qui tire la raie de raiesonance et d'un detecteur(e) qui transforme le flux photonique en flux electronique relié à un appareil indicateur (g). Un amplificateur (f) est intercalé entre le decteur (e) et l'appareil indicateur (g) estraccordé à la fréeuence modulante d'un diagramme rotatif à secteur.

Sources de lumière (a) + Lampe à cathode creuse

++ lampes à décharge sans électrodes

Dispositif d'atomisation (c) : + flamme

++ atomiseurs sans flammes

barre en graphite.

cuvette tubulaire en graphite.

Dans le cas du dispositif d'atomisation par flamme, l'échantillon pulvérisé dans une chambre est intimement mélangé à un gaz combustible (ex : acétylène) et à un agent oxydant (ex : air, N_2O). Le mélange parvient à la flamme par la fente laminaire d'un brûleur.

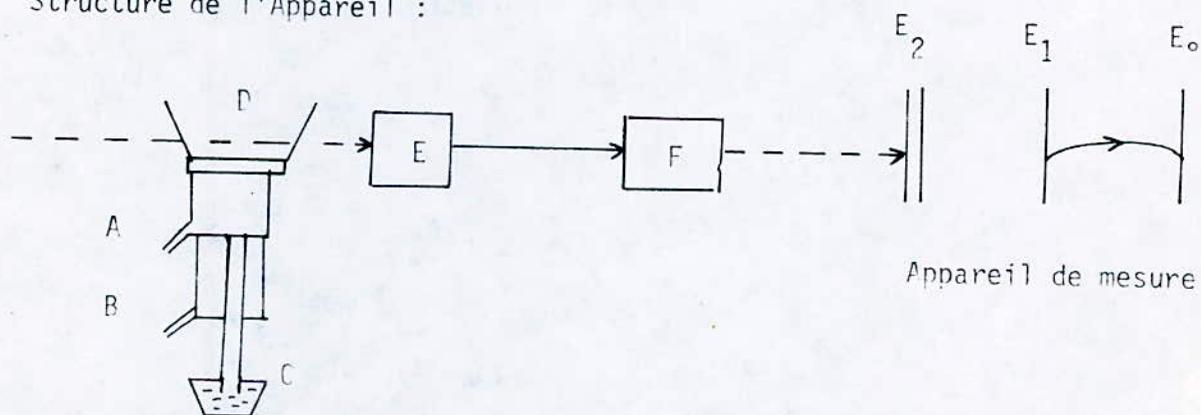
III - 5 .2 Spectrophotometrie d'emission de flamme : (19)

L'échantillon à examiner est convertie en vapeur atomique par addition d'énergie thermique (flamme). L'apport d'énergie thermique continue, amène l'atome de l'état fondamental initial à un état excité pendant 10^{-7} à 10^{-4} seconde . Après cet intervalle, les atomes excités dont les électrons périphériques ont occupé des niveaux d'énergie plus fortement excités (supérieurs) retournent à l'état initial pour emettre des radiations atomiques ΔE_λ spécifiques pour chaque élément.

La position des raies spectrales permet le decelement qualitatif des éléments présents alors que l'intensité I_λ des raies permet leur détermination quantitative.

Ainsi lorsque la flamme brûle régulièrement et qu'elle est constamment alimentée de substance pendant toute la durée de la mesure ; l'Intensité I_λ , des raies spectrales observées représente la concentration de ces substances.

Structure de l'Appareil :



- A : combustible
- B : Carburant
- C : Echantillon
- D : Aspirateur - brûleur
- E : Monochromateur
- F : Photomultiplicateur - Amplificateur.

L'échantillon qui se trouve à l'état de solution arrive à la flamme par un brûleur à turbulence (**atomisation directe**) pour être atomisé.

Le brûleur cylindrique comprend en général deux buses concentriques entourant un tube capillaire en acier inoxydable. Un courant d'hydrogène (acétylène) passe par la buse extérieure et un courant d'oxygène par la buse intérieure. Ainsi le courant de gaz provoque à l'extrémité supérieure du tube capillaire une succion qui aspire l'échantillon du récipient disposé sous le brûleur pour l'atomiser directement dans la flamme.

III - 5.3 Analyse des métaux par spectrométrie de plasma à couplage inductif (I.C.P) : (20)

La méthode de spectrométrie d'émission optique utilisant le plasma ICP apparaît être la mieux adaptée et la plus fiable pour un laboratoire de contrôle de routine des eaux provenant des filières de traitement et des eaux brutes.

III - 5.3.1 Caractéristiques de la spectrométrie d'émission optique ICP :

III - 5.3.1.1 Les Trois principaux avantages qu'apporte cette technique :

+ Rapidité d'exécution. L'échantillon est analysé directement par simple nébulisation (absence de dilution ou de concentration) et l'analyse est multiélémentaire, c'est à dire que l'on analyse plusieurs métaux simultanément dans le même échantillon.

++ Sensibilité de détection : Elle se situe entre la SAA sans flamme et avec flamme pour la plupart des métaux étudiés.

Facilité d'emploi : L'étalonnage effectué à partir d'un étalon à forte teneur et d'un blanc (concentration zéro) permet de doser toutes les concentrations comprises entre la limite de détection et une concentration 10 000 fois supérieure. L'utilisation en routine est simple (même pour du personnel peu spécialisé) grâce à un microordinateur qui traite le signal (amplification - lecture) et gère tous les paramètres instrumentaux du spectromètre.

III - 5.3.1.2 Principe de la spectrométrie ICP :

+ Un flux d'argon, soumis à un champ de radiofréquence, est ionisé et forme un " plasma " au niveau d'un inducteur. Ce plasma se présente alors sous la forme d'une flamme de chalumeau, constitué d'un mélange d'ions argon, d'atomes d'argon neutre, en perpétuel mouvement dans un espace réduit : " la torche à plasma ".

L'émission du plasma d'argon est très intense et sa température peut atteindre 10 000 °K . Un tel milieu convient parfaitement à l'excitation d'un grand nombre d'éléments chimiques et est donc très favorable à l'émission . De part sa haute température, les interférences de matrices (composition ionique du milieu) sont éliminées. Cependant, les interférences spectrales sont amplifiées mais on peut assez facilement s'en affranchir.

++ Un système optique, composé d'un ou deux monochromateurs isole les radiations d'émission caractéristiques des éléments à doser.

III - 5.3.2 Instrumentation :

Un spectromètre d'émission dans le plasma comporte quatre parties :

- La torche à plasma et son générateur haute fréquence
- La pompe d'alimentation de l'échantillon à analyser
- Les systèmes optiques
- Le système électronique de traitement du signal et les périphéries.

III - 5.4 Analyse polarographique :(12)

L'analyse polarographique classique (Heyrovsky 1922) est une méthode électrochimique fondée sur la réduction ou l'oxydation des ions à des potentiels spécifiques et la mesure des courants de diffusion dont l'intensité est fonction de la concentration des ions. Elle se base sur le tracé des courbes intensité - potentiel sur une électrode à gouttes de mercure tombantes (constituée par un capillaire de faible diamètre 50 à 80 μm) alimentée par une colonne de mercure et plongeant dans la solution à analyser . Les courbes obtenues se présentent sous forme de " vagues " dont la hauteur est proportionnelle à la concentration de l'espèce électroactive (courant de diffusion) ; Le potentiel de demi-vague étant caractéristique de cette espèce .

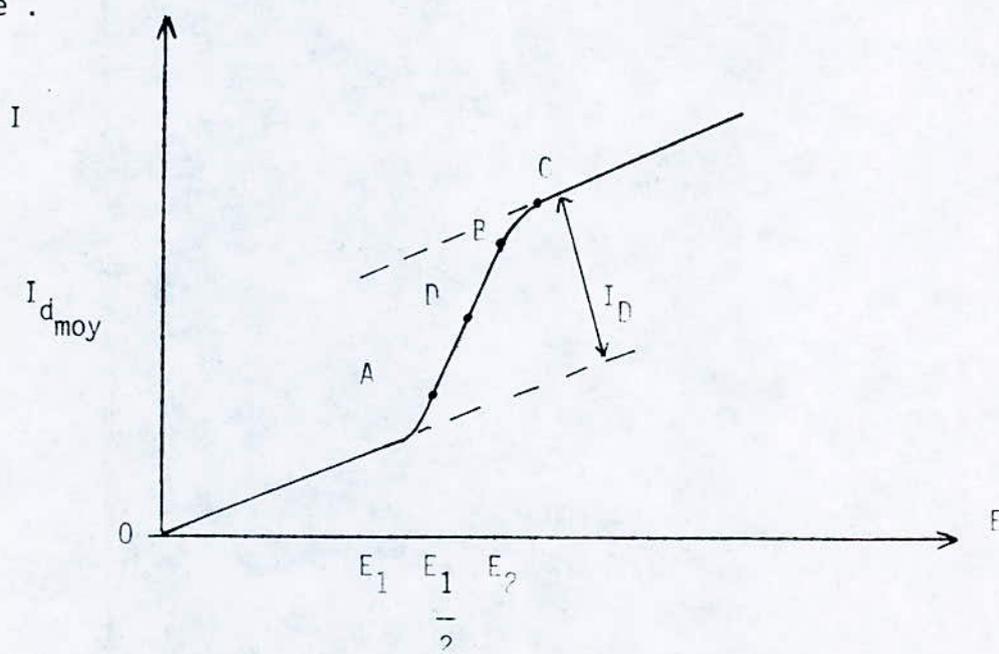


Fig " courbe de polarisation d'un ion ".

L'équation générale du polarogramme étant :

$$E = E_1 + \frac{23 PT}{n F} \cdot \text{Log} \frac{I_d - I}{I}$$

I_d : courant de diffusion au moment de la vague

I : courant au potentiel E .

partant de la loi de Fick relative à la diffusion et de la variation de la goutte en fonction du temps, Ilkovic a donné l'expression mathématique du courant de diffusion.

$$I_d = 607 n \cdot m^{2/3} \cdot D^{1/2} \cdot \tau^{1/6} \cdot C$$

n : nombre d'électrons mis en jeu dans la réaction

m : débit capillaire ($\text{mg} \cdot \text{s}^{-1}$)

D : coefficient de diffusion de l'espèce électroactive ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

τ : durée de vie de la goutte de mercure (s)

C : concentration de l'espèce électroactive ($\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$).

La sensibilité de la polarographie classique étant limitée par la présence d'un courant capacitif dû à la charge de la double couche à l'interface électrode - solution ; on utilise actuellement la surimposition de signaux plus ou moins complexes à la tension continue imposée à l'électrode et l'utilisation de systèmes de détection appropriés permettent de mesurer uniquement la composante faradique du courant en éliminant la composante capacitive (ex : polarographie impulsionnelle) qui permet d'atteindre des concentrations de l'ordre 10^{-8}M .

III - 5.4.1 Redissolution anodique :

Principalement utilisée pour la détermination quantitative des traces de cations dont le métal peut former un amalgame avec le mercure.

La redissolution anodique consiste à concentrer le corps à doser à la surface de l'électrode par une pré-électrolyse puis à effectuer une redissolution du dépôt permet d'accroître d'un facteur 100 à 1000 la sensibilité des méthodes électrochimiques d'analyse. Associée à la polarographie à impulsion cette méthode à une sensibilité de 10^{-10} à 10^{-11} . Elle s'est révélée d'un emploi particulièrement précieux pour le dosage des traces de métaux lourds dans l'eau de mer (constitue un excellent électrolyte) (12).

PARTIE EXPERIMENTALE

IV- PARTIE EXPERIMENTALE :

Le transport notamment des substances bioresistantes comme les métaux lourds constituent aujourd'hui un problème crucial à cause des effets nocifs sur la santé humaine et l'écosystème.

Notre travail a porté sur une quantification globale d'éléments métalliques associés au sédiment, sur un profil longitudinal et dans une première approche, l'évaluation de l'élimination des polluants métalliques par sédimentation dans l'Oued Réghaia.

IV-1 Points de Prélèvement :

Le charriage des substances bioresistantes comme les métaux, jusqu'à l'Oued Réghaia provient en grande partie du collecteur principal (pont RN5) réseau de collecte des eaux résiduaires de la zone industrielle Pouiba-Réghaia et des eaux résiduaires urbaines de la zone Rouiba-Réghaia. Il existe toutefois d'autres points de rejet le long de ce cours d'eau (Existence d'ENTREPRISES industrielles Privées, d'ouvrages communautaires,Situés le long de l'Oued).

L'étude de la pollution métallique associée au sédiment de l'Oued nous a amené à faire un choix de points de prélèvement qui tient compte des différents Points de rejets et de leur incidence le long de l'Oued mais aussi des possibilités d'accès de l'Oued.

La nature du site à certains points de prélèvement nous a obligé à effectuer des prélèvements au niveau des berges.

Ces différents points de prélèvement sont représentés sur la figure 1.

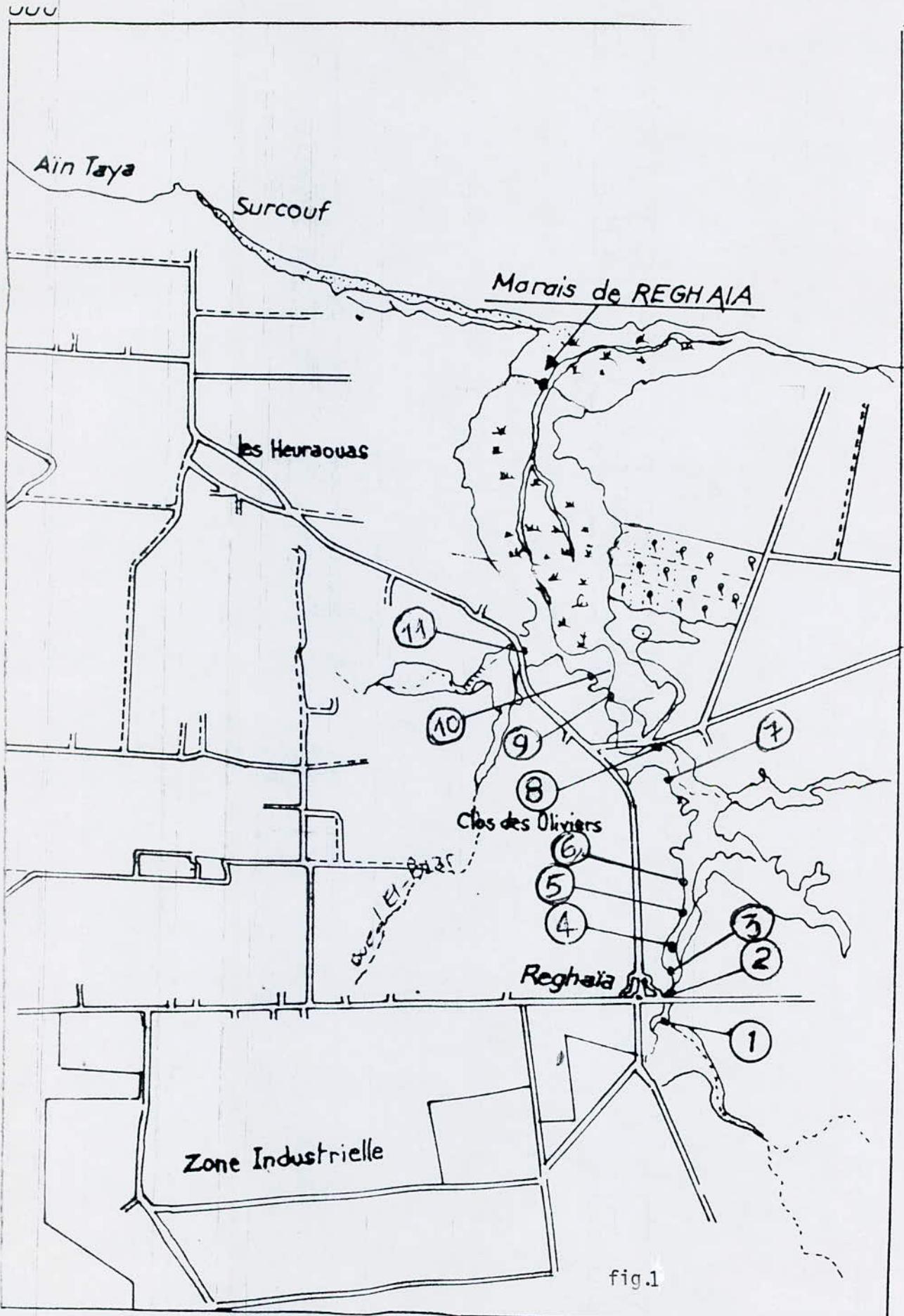


fig.1

Points de Prélèvement :

Point N°1 : Situé à 70 m en amont du collecteur principal.

Point N°2 : Sortie du collecteur principal.

Point N°3 : Situé à 50 m du collecteur principal avant le premier collecteur urbain de la cité MAFAL.

Point N°4 : Situé à 470 m du point N°3 après le premier collecteur urbain de la cité MAFAL.

Point N°5 : Situé à 275 m du point N°4 et avant le deuxième collecteur urbain.

Point N°6 : Situé à 280 m du point N°5 , juste après la sortie du troisième collecteur urbain de la cité DNC.

Point N°7 : Situé à 100 m en amont du pont de la RN24.

Point N°8 : Sous le pont de la PN24.

Point N°9 : Situé à 725 m du point N°8 , correspondant à l'embouchure de l'oued Réghaia, avec le lac Réghaia.

Point N°10: Pris à 130 m du point N°9.

Point N°11: Situé à l'embouchure de l'oued BIAP avec le lac Réghaia.

IV - 2 Méthodes de prélèvements :

Au cours de cette étude les échantillons sont prélevés soit à l'aide d'une benne de sédiments qui permet de capturer les sédiments se trouvant dans le fond d'un cours d'eau, soit à l'aide d'un carottier en P.V.C.

IV - 2.1 Prélèvement par la benne :

La benne utilisée est du type " VANVEEN " . Cet appareil est conçu de telle manière que sa fermeture soit automatique lorsqu'il est en contact avec le fond. Il appartient à une série de bennes de sédiments; son numéro est le 350 et ses dimensions sont :

- Surface : 0,05 m²
- Hauteur : 0,47 m
- Longueur : 0,30 m
- largeur : 0,21 m.

Ce type d'appareil permet de capturer 5 kg de sédiments.

IV-2.2 Prélèvement par carottage :

Le matériau utilisé est un tube en PVC de 63 mm de diamètre que l'on plante dans le sol par battage.

L'avantage de cette technique de prélèvement est de suivre sur un profil vertical , l'évolution des micropolluants dans le temps et l'épaisseur moyenne de dépôt.

IV - 3 Résultats expérimentaux :

Notre travail a porté dans une première étape à déterminer la charge métallique

associée aux sédiments, sur un profil longitudinal de l'oued, susceptible de repasser dans le milieu aquatique et dans une deuxième étape à déterminer les teneurs naturelles en métaux de l'oued afin d'apprécier le degré de pollution métallique .

IV -3.1 Etude de la charge métallique mobilisable le long de l'Oued Péchaia :

IV -3.1a Essai Préliminaire :

Dans un premier essai, nous avons choisi deux points de prélèvements (n°3) et (n°6) afin de (rechercher) localiser les éléments métalliques associés aux sédiments et de vérifier l'existence d'un gradient de dépôt métallique c'est à dire que les teneurs métalliques diminuent de l'amont vers l'aval.

Ceci nous a également permis de nous familiariser avec les méthodes de prélèvement (carottage) et l'étude pratique d'un sédiment de façon générale.

1 + Prélèvement :

Au point N°6 un seul échantillon de sédiment a été prélevé sous forme de carotte alors que pour le point N°3 , deux échantillons de sédiment ont été prélevés . Un premier échantillon par carottage et un deuxième à la pelle.

Les carottes ont été découpées en tranches de sédiment, d'épaisseur variables suivant, le profil minéralogique des carottes (Aspect - visuel) observé.

2 + Analyse :

Les échantillons de sédiment ainsi obtenus (tranches de carotte, prélèvement à la pelle) ont été étalés dans des boîtes de petri, puis laissés à sécher à la température ambiante pendant trois jours. Pour accélérer le processus de séchage, ces échantillons sont mis à l'étuve à une température de 60°C

pendant une heure . A l'opération de séchage, a succédé l'opération de broyage à l'aide d'un mortier en porcelaine afin de réduire le sédiment en poudre fine. Enfin les échantillons sont passés au tamis $710\mu\text{m}$ pour récupérer les fractions homogènes de particules fines inférieures à $710\mu\text{m}$.

2 - a Analyse qualitative :

Les fractions homogènes de particules fines inférieures à $710\mu\text{m}$ sont directement analysées par la méthode de spectrographie à étincelles (STE-1). Les résultats obtenus sont regroupés sous forme de tableaux n°1, n°2 pour chaque point de prélèvement.

2 - b Analyse quantitative :

Les fractions homogènes de particules fines ($710\mu\text{m}$) subissent une minéralisation partielle (Attaque acide chlorhydrique acide nitrique après calcination) voir annexe 1.1 pour être analysés par spectroscopie d'absorption atomique sur un appareil PERKIN ELMER modèle 603.
Les résultats d'analyse sont consignés dans les tableaux N°3, N°4.

TABLEAU N°1

Analyse qualitative " des métaux lourds à l'état de traces " (<1 %)

Date de prélèvement : 02.10.87

Prélèvement par carottage au point n°3

couches	Sr	Ba	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr	Cu	Pb	Ag	Zn	Sn	Ga	P	Li
A	0,21	0,06	0,05	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,5	$8 \cdot 10^{-3}$	$15 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,01	0,03	$4 \cdot 10^{-5}$	0,08	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,3	$3 \cdot 10^{-3}$
B	0,01	0,05	0,06	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	0,8	10^{-2}	$15 \cdot 10^{-3}$	0,1	0,01	0,01	10^{-5}	0,05	$8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,1	$3 \cdot 10^{-3}$
C	0,02	0,4	0,1	10^{-2}	$15 \cdot 10^{-4}$	0,6	$5 \cdot 10^{-3}$	0,25	10^{-2}	0,03	0,04	$30 \cdot 10^{-5}$	0,01	$40 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	0,5	10^{-3}

disposition des couches dans la carotte.

	Haut
A	A(Surface, vase noire fluide)
B	B(intermediaire, vase + humide)
C	C(fond vase , grise compacte)
	Bas

- Prélèvement à la pelle au point n°3

Point	Sr	Ba	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	W	Zr	Cu	Pb	Ag	Zn	Sn	P
N°3	0,01	0,35	0,05	$5 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	0,6	$3 \cdot 10^{-3}$	0,05	10^{-5}	0,03	0,01	0,04	10^{-5}	0,1	10^{-3}	0,1

Couches	Sr	Ba	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	W	Cu	Pb	As	Zn	Sn	Ga	P	Li
A	0,01	0,4	0,1	0,01	$3 \cdot 10^{-3}$	0,5	$6 \cdot 10^{-3}$	0,1	0,003	0,02	0,1	$2 \cdot 10^{-4}$	0,3	$4 \cdot 10^{-3}$	0,002	0,15	0,004
B	0,01	0,3	0,06	0,03	$4 \cdot 10^{-3}$	0,3	$2 \cdot 10^{-3}$	0,01	-	0,02	0,05	$2 \cdot 10^{-4}$	0,15	$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$< 10^{-1}$	$< 10^{-3}$
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	0,03	0,35	0,1	0,02	$5 \cdot 10^{-3}$	0,6	10^{-2}	0,2	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	0,06	$2 \cdot 10^{-4}$	0,6	$5 \cdot 10^{-3}$	0,002	0,1	0,003
E	0,01	0,2	0,06	0,002	$3 \cdot 10^{-3}$	0,6	$4 \cdot 10^{-3}$	0,08	$< 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	0,03	$15 \cdot 10^{-3}$	0,3	$15 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-3}$	0,3	$< 10^{-3}$

disposition des couches dans la carotte

- Haut
- A : A(Surface, vase noire très fluide)
-
- B : B(Sous la surface, vase silteuse)
-
- C : C(milieu, sable vaseux)
-
- D : D(Intermédiaire, vase griscompacte)
-
- E : E(fond, substratum argileux)
- Bas

TARLEAU N°2

Analyse qualitative "des métaux lourds à l'état de traces" (< 1%)

Date de prélèvement : 02.10.87

Prélèvement par carottage au point N°6.

TABLEAU N°3

Résultats d'analyses des métaux lourds par SAA en mg/kg de sédiment

Date de prélèvement : 02.10.87

Prélèvement par carottage au point N°3

Couches	Pb	Mn	Zn	Cu	Fe	
A	550	450	1450	400	29000	A
B	100	300	255	60	24000	B
C	100	400	130	75	29000	C

Haut
Bas

Prélèvement à la pelle au point N°3

Point	Pb	Mn	Zn	Cu	Fe
3	150	280	900	90	32000

TABLEAU N°4

Résultats d'analyses des métaux lourds par SAA en mg/kg de sédiment .

Date de prélèvement : 02.10.87

Prélèvement par carottage au point N°6

Couches	Pb	Mn	Zn	Cu	Fe	
A	100	300	550	80	21000	A
B	350	400	700	90	22000	B
C	400	450	1150	450	30000	C
D	350	360	1800	300	22000	D
E	250	300	1800	195	19000	E

Haut

Bas

Point	Pb	Mn	Zn	Cu	Fe
3	150	280	900	90	32000

Interprétation des Résultats :

L'analyse qualitative a révélée une multitude de métaux lourds associés aux sédiments de l'oued et en conséquent nous a orienté dans le choix des éléments métalliques à doser (Fer, Titane, Zinc, Plomb , Cuivre, Manganese, Cobalt, Chrome, Argent, Nickel). Nous avons du nous limiter au dosage de certains métaux lourds pour des raisons de disponibilités des lampes à cathodes creuses de ces éléments. Un prélèvement de carotte a permis le suivi de l'évolution des teneurs métalliques sur un profil vertical. Soit la répartition de la quantité totale du métal déposé entre les différentes tranches alors qu'un prélèvement à la pelle a permis de déterminer une teneur globale en éléments métalliques qui tient compte des premières tranches (A) et (B).

Pour tous les échantillons de sédiment de façon générale les teneurs métalliques augmentent de l'amont vers l'aval.

Au niveau du point de prélèvement n°3 le courant de l'oued diminue jusqu'à devenir pratiquement nul ce qui favorise un maximum de decantation des particules métalliques présentes dans les eaux à partir du point n°3 on remarque toutefois que les teneurs moyennes au point n°6 sont inférieures pour tous les métaux aux teneurs moyennes observés au point n°3.

Ceci nous amène à supposer que le point n°3 constitue une zone de concentration maximale.

IV - 3.1.b Evolution de la charge métallique sur un profil longitudinal :

Le prélèvement d'échantillons de sédiment a été réalisé au moyen de la benne aux points cités précédemment dans le chapitre IV voir figure 1. Afin de suivre l'évolution des teneurs métalliques des sédiments de l'oued de l'amont vers l'aval. Des mesures de PH et de température ont été effectuées in situ lors des prélèvements. Des échantillons de sédiment ont été séchés, puis broyés pour être enfin tamisés, des fractions inférieures ainsi obtenues ont été minéralisées pour être passées ensuite en absorption atomique.

Tous les métaux qui ont été dosés (fer, chrome, cuivre, zinc, plomb, argent, cadmium,...) ont été déterminés par spectroscopie d'absorption atomique en flamme air-acétylène . Nous avons utilisé deux méthodes de mise en solution des échantillons dans le but de comparer les rendements des méthodes d'attaque sur les teneurs métalliques.

+ Attaque par acide chlorhydrique acide nitrique après calcination en milieu ouvert.....Voir annexe 11

++ Attaque à l'eau régale.....Voir annexe 12.

Tous les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux n°5,n°6,et n°7. Sur la figure n°2 et n°3 nous avons reporté les teneurs métalliques pour chaque élément dosé de l'amont vers l'aval.

Interprétation des résultats :

Le pH est proche de la neutralité le long du lit de l'Oued . Ce qui permet de déduire que l'influence des paramètres physico-chimiques ramenés essentiellement au pH seront les mêmes sur tout le lit de l'Oued.

Les résultats obtenus pour le Fer (Fe) ne sont pas très significatifs, car il s'agit d'un constituant majeur des vases et par conséquent les variations

Tableau N°5 : " évolution du PH et de la température le long de l'Oued "

Essai du 03.11.87

-61-

Points	Température du sédi- ment °C	PH	heure de préleve- ment	Couleur de l'eau	OBSERVATIONS
1	18	6,8	10h14	Verte (grisâtre)	leger écoulement, pas de turbidité, pas d'odeur
2	24	6,6	10h55	marron claire	écoulement important, beaucoup de detritus (cuirs de la tannerie, piments; plaque de boue en surface, odeur importante
3	24	6,9	11h30	marron noire	écoulement moyen; laine et cuirs de la tannerie odeur nauseabonde
4	23	6,9	12h	noire	plaque de boue en surface; retrecissement de l'oued , pas d'écoulement en surface, odeur désagréable
5	19	7,4	12h29	grise avec des plaques vertes	pas d'écoulement ; peu profond
6	18,5	7,0	12h42	noire	pas d'écoulement , odeur nauseabonde; peu profond
7	21	6,8	13h29	noire	largeur de l'oued importante, bulle H ₂ S en surface courant très faible ; peu profond
8	22	6,8	14h09	noire	très large; profondeur importante mauvaise odeur; dégagement de bulles (H ₂ S)
9	20	6,9	14h42	verte olive	eau plus ou moins claire chargée de vase; écoulement lent; pas d'odeur
10	19	7,3	15h	noire blanchâtre	largeur importante ; pas d'écoulement végétation caractéristique (lac); pas d'odeur.
11	21	7,0	15h45	noire	pas d'écoulement ; non profond; très encombré(toute sorte de feraille). prélèvement à la main : pas d'odeur .

TABLEAU N°6

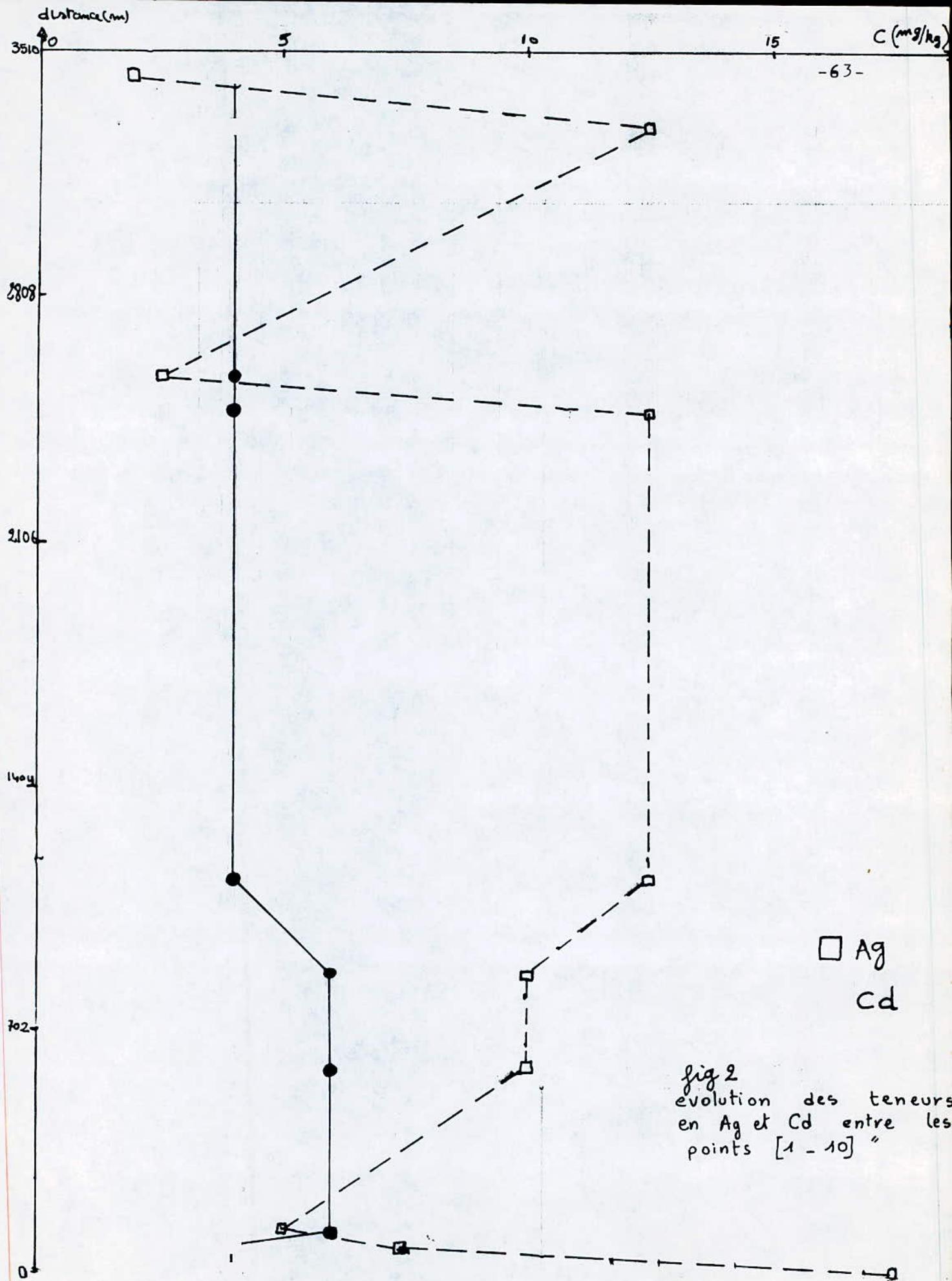
" teneurs en métaux lourds associés aux sédiments en mg/kg de sédiment " . Attaque aux acides HCl - HNO₃

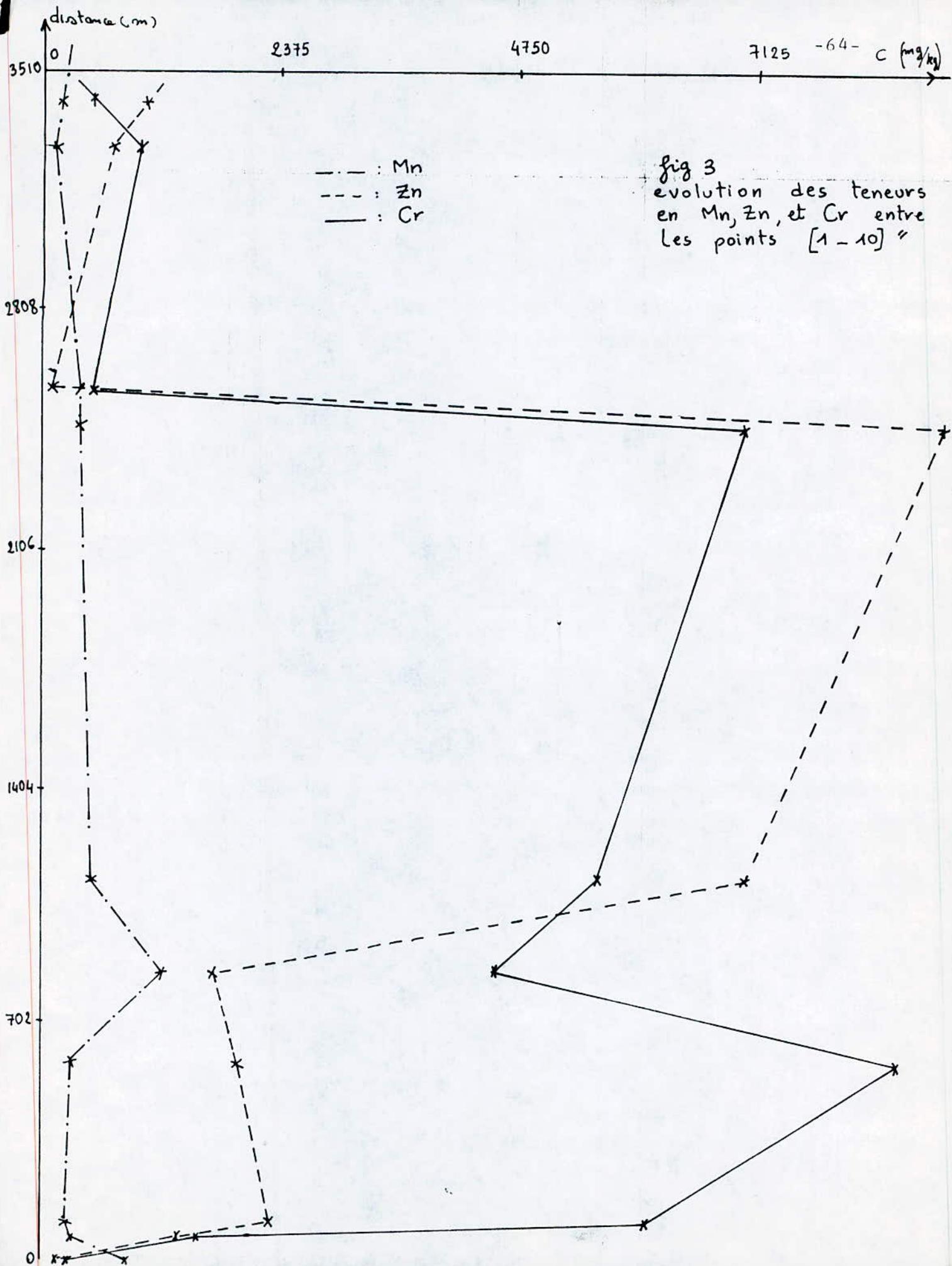
Date de prélèvement : 03.11.87

Prélèvement à la benne.

Points	Mn	Fe	Cu	As	Pb	Zn	Cd	Cr
1	850	23000	55	17,5	50	245	4	150
2	292,5	22500	117,5	7,5	425	13250	4	1550
3	230	15000	160	5	250	2300	6	6000
4	300	13000	160	10	300	1950	6	8500
5	1200	44000	135	10	500	1700	6	4500
6	500	33000	145	12,5	450	7000	4	5500
7	400	41000	165	12,5	400	9000	4	7000
8	400	33000	15	2,5	50	100	4	-
9	135	34000	65	12,5	100	750	4	950
10	190	24000	115	2,5	100	1050	4	500
11	350	29000	50	2,5	100	250	4	150

PERKIN ELMER Modèle 603.





" teneurs en métaux lourds associés aux sédiments en mg/kg de sediment ". Attaque à l'eau régale date de prélèvement : 03.11.87
- prélèvement à la benne.

Points	Cd	Cr	Zn	Cu
1	10,0	120	3382	284
2	11,3	1680	3867	405
3	3,8	1780	43.69	654
4	2,3	1470	4253	668
5	2,2	1410	3958	675
6	2,4	1200	5190	621
7	1,5	1770	5353	664
8	2,3	490	1778	275
9	Trace	1040	2346	423
10	Trace	660	3725	333
11	1,1	200	758	211

minéralogiques parfois importantes d'une couche à l'autre masquent l'évolution due à la pollution (17).

Entre les points N°4 et 7 les teneurs trouvées sont relativement élevées. Dans la zone comprise entre ces points il y a un taux de déposition élevé dû à la faiblesse de la vitesse de l'écoulement et à l'existence d'une végétation qui accentue la rétention des micro polluants. Par contre à partir du point n°7 l'écoulement devient fort pour empêcher tout dépôt.

Afin de comparer les rendements des deux méthodes d'attaques il aurait fallu analyser les échantillons mis en solution sur le même appareil. Ceci n'a pas été possible. Une comparaison sommaire entre les valeurs trouvées par les deux méthodes fait ressortir que les valeurs élevées en chrome et en zinc sont obtenus avec la méthode de minéralisation à l'eau régale. Par contre les teneurs les plus élevées pour le cuivre et le cadmium sont obtenus avec la méthode de minéralisation chloronitrique.

Nous remarquons, aussi que les teneurs en micro polluants métalliques tels que le chrome, le zinc, le cuivre, le plomb et l'argent sont relativement élevées dépassant dans certains cas la norme fixée par AFNOR (10).

Enfin en ce qui concerne Oued BIAR les teneurs en micropolluants métalliques ne sont pas alarmantes sauf pour le plomb.

IV - 3.2 Evaluation de l'élimination des polluants métalliques par sédimentation :

Les teneurs métalliques trouvées dans les sédiments lors de cette première étape ne nous renseignent nullement sur l'origine de ces métaux. Sont-ils d'origine lithogène (érosion du bassin versant...) ou au contraire, sont ils anthropogènes (rejets divers) ?.

A cet effet, dans toute tentative visant à déterminer l'étendue de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments, il est nécessaire d'établir le niveau de base naturel de ces substances et de le soustraire ensuite aux valeurs déterminées (13) (22).

Dans cette deuxième étape nous avons adopté une méthodologie de travail, qui permet de quantifier les apports métalliques anthropogènes dans une première partie, et de relier les teneurs métalliques à la granulométrie du sédiment dans une deuxième partie.

IV-3.2.1 Points de prélèvement :

Les échantillons de sédiments ont été prélevés sous forme de carottes à l'amont de l'oued. Les prélèvements ont été réalisés sur deux zones distinctes :

- + Zone fortement polluée point n°3, point n°6 (voir IV-1)
- + Zone non polluée point n°0.

Ce dernier point qui constituera notre échantillon témoin, a été choisi sur la base des observations suivantes :

- Situé en amont du collecteur principal, sur une côte géodésique élevée.
- Pas de rejets d'eau usées
- Eau claire, fond visible, écoulement fort.

Chaque carotte a été découpée en couches de différentes épaisseurs. Ces différentes couches rendent compte des différentes compositions du sédiment (vases, argiles....) soit le log de la carotte (Voir IV-3.2.3).

IV -3.2.2 Détermination des Apports anthropogènes :

Dés échantillons des différentes couches de la carotte n°0, ont subi un prétraitement pour être minéralisés par attaque à l'acide chlorhydrique acide nitrique après calcination . Les échantillons solubilisés sont passés en Spectroscopie d'absorption atomique pour le dosage des métaux lourds.

Les résultats d'analyse de métaux lourds sur un profil horizontal au point n°0 sont consignés dans le tableau n°8.

Dans le cas des carottes prélevées aux points n°3 et n°6 nous nous sommes référés aux résultats obtenus lors du premier essai (IV-3.1.a).

Tableau N°8

Résultats d'analyses " métaux lourds " par SAA

en mg/kg de sediment

date de prélèvement : 06.12.87

- prélèvement par carottage.

couche	Cu	Zn	Pb	Fe	Cr	Disposition des couches de la carotte
A	20	70	83,0	24000	40	A : 6cm en gravier
B	25	60	100	23000	40	B : 8cm Sable grossier
C	15	45	15	24000	40	C : 3cm Sable moyen
D	20	35	50	16000	40	D : 5cm Sable argileux
E	30	65	60	17000	20	E : 6cm Argile sableuse
F	30	55	30	20000	20	F : 6,5cm ARGILE graveleuse
G	45	105	100	18000	40	G : 9 cm vase silteuse
H	50	115	50	17000	60	H : 6cm vase graveleuse
I	15	55	30	20000	40	I : 7cm sol rougeatre
J	25	40	30	17000	40	J : 7cm substratum argileux.

a - Détermination des teneurs naturelles :

Les teneurs naturelles sont déterminées à partir d'un échantillon témoin. Ainsi le suivi de l'évolution des teneurs métalliques sur un profil vertical au point n°0 nous a permis de déterminer les quantités métalliques d'origine naturelle associées aux sédiments.

$$\text{Teneur naturelle moyenne}^+ : \frac{\sum C_i \times e_i}{\sum e_i}$$

(mg/kg)

i : couche

C_i : teneur métallique associée à la couche (i)

e_i : épaisseur de la couche (i)

- + Référence - Vase : nous tenons compte de toutes les couches (i) de vase.
- Sediment ou globale: nous tenons compte de toutes les couches du sediment

Le tableau n°9 ci-dessous nous renseigne sur les différentes teneurs métalliques naturelles - en mg/kg de sediment :

éléments	Chrome	Fer	Zinc	Cuivre	Plomb
teneur naturelles dans la vase	Cr	Fe	Zn	Cu	Pb
mg/kg +	48	17600	106	47	80
GLOBALE	37,95	19448,8	67,05	28,74	59,34
mg/kg ++					

b - Détermination des apports anthropogènes :

A cet effet nous nous sommes référés à deux niveaux de base naturels des métaux pour les soustraire aux valeurs déterminées dans la première étape de cette partie expérimentale.

Niveaux de base naturels + Teneur naturelle dans la vase
 ++ Teneur naturelle globale du sédiment.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux n°10 et n°11

TABLEAU N°10

en mg/kg de sédiment

: Elements	: teneurs globales moyennes		: Apports anthropogènes	
	: des Vases			
	: n°3	: n°6	: n°3	: n°6
: Plomb	: 295,3	: 228,5	: + 215,3	: 148,5
			: ++235,96	: 169,160
: Cuivre	: 207,6	: 164,10	: + 160,6	: 429,4
			: ++178,86	: 135,36
: Zinc	: 773,6	: 538,4	: + 664,6	: 117,1
			: ++ 706,55	: 471,35
: Fer	: 26169,8	: 27750	: + 8569,8	: 10150
			: 6721	: 8301

Détermination des apports anthropogènes
 dans une zone fortement polluée.

Les Commentaires :

Les apports en métaux lourds dus à l'activité humaine sont considérables. Ils dépassent dans certains cas (Plomb, Zinc, Chrome) les limites de toxicité fixées par les normes traduisant ainsi un degré de pollution de l'oued.

Les zones de forte contamination se situent à partir du collecteur principal entre les points n°2 et n°7.

Les résultats pour le fer, confirment que ce dernier reste un constituant majeur des vases.

Dans le cas du zinc et du chrome, le facteur d'enrichissement des sédiments est très important:

Il varie de 3 à 223 pour le chrome et de 0,5 à 133 pour le zinc. Ces fortes contaminations sont directement liées à la zone industrielle Rouiba-Réghaia.

L'existence de plusieurs points de rejets dont la charge polluante est pauvre en métaux se conjugue avec une hydrodynamique variable le long de l'Oued pour perturber le gradient des teneurs métalliques qui devrait augmenter de l'amont vers l'aval. On remarque toutefois, que pour la plupart des métaux, ils varient suivant un même profil excepté pour le fer.

TABLEAU N° 11

Apport anthropogène le long de l'Oued en mg/kg de sédiment :

Points de prélèvement	Eléments					
	Cu	Zn	Pb	Cr	Fe	
1.	+	7	136	<	102	5400
	++	26,26	177,95	<	112,05	3551,18
2	+	69,5	13141	345	1502	4900
	++	88,76	1382,95	365,66	1512,05	3051,18
3	+	112	2191	170	5952	<
	++	131,26	2232,95	190,66	5962,05	<
4	+	112	1841	220	8452	<
	++	131,26	1882,95	240,66	8462,05	<
5	+	87	1591	420	4452	26400
	++	106,26	1632,95	440,66	4462,05	24551,18
6	+	97	6891	370	5452	15400
	++	116,26	6932,95	390,66	5462,05	13551,18
7	+	117	8891	320	6952	23400
	++	136,26	8932,95	340,66	6962,05	21551,18
8	+	<	<	<	<	15400
	++	<	32,95	<	<	13551,18
9	+	18	641	20	902	16400
	++	36,26	682,95	40,66	912,05	14551,18
10	+	17	941	20	452	6300
	++	86,26	982,95	40,66	461,05	4551,18
11	+	67	141	20	102	11400
	++	21,26	182,95	40,66	112,05	9551,18

On remarque que pour certains éléments (Pb, Cr) dans certains cas leur concentration dépasse les limites fixées par la norme AFNOR. Par ailleurs, on remarque que les teneurs en métaux varient.

IV - 3.2.3 Analyse sedimentologique :

A - Méthodes et Techniques de laboratoire :

1° - Ouverture des carottes :

Les carottes sont ouvertes selon une coupe longitudinale . Avant de prélever les échantillons , il convient d'établir le "log" de la carotte qui consiste à faire une description rapide et précise de :

- L'aspect du sediment (homogène, heterogène....)
 - La granulometrie (sables, sables vaseux, vase....)
 - La couleur du sediment
 - Les discontinuités probables de la sedimentation.
- (voir fig 4 (a,b,c).

2° - Prélevement des échantillons :

Les échantillons sont prelevés à la spatule dans les différents horizons choisis au préalable. Nous procédons sur ces échantillons une analyse de la texture du sediment.

B - Analyse Sedimentologique :

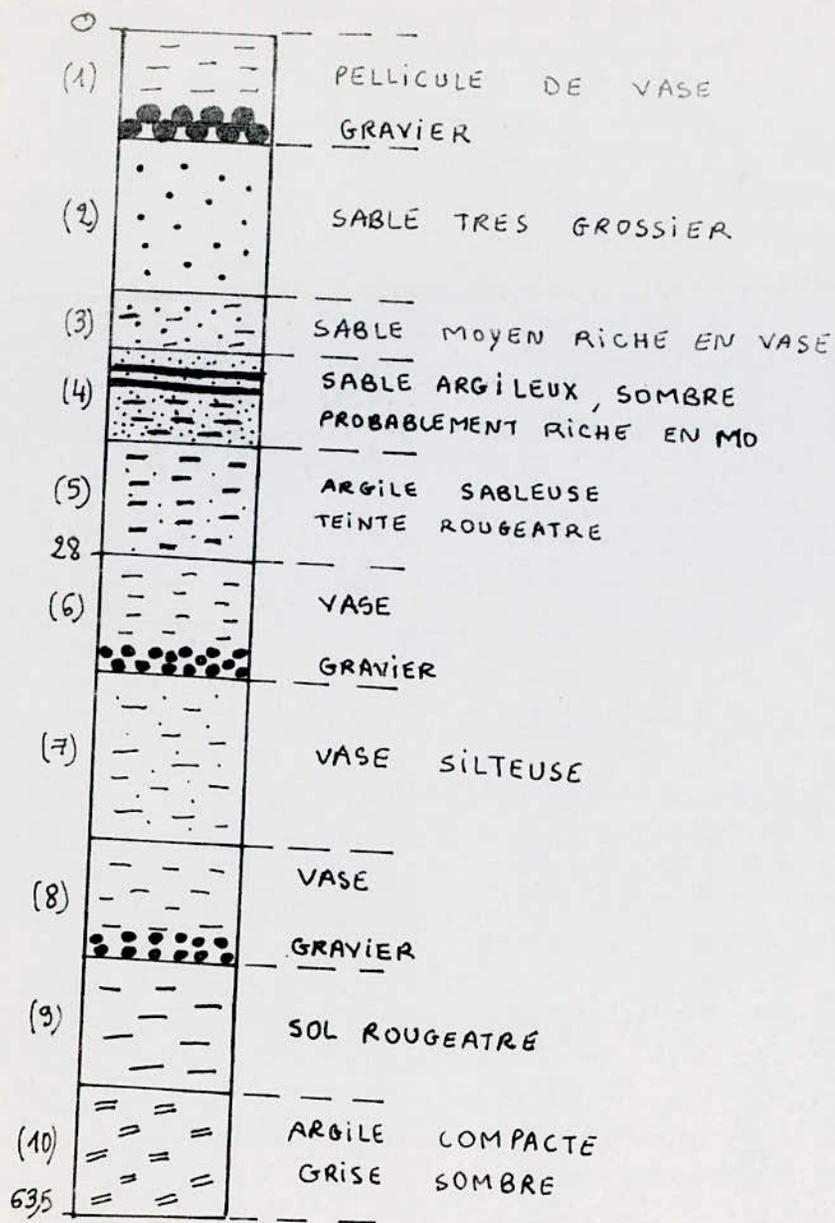
a) Teneur en matière organique :

Cette teneur correspond à la différence de poids sec de l'échantillon avant et après attaque à l'eau oxygénée (H_2O_2) à 30 volumes.

b) Teneur en $CaCO_3$:

Cette teneur correspond à la perte de poids de l'échantillon après attaque du sediment total à l'acide chloridrique (Hcl) . $\frac{N}{T0}$

c) Analyse granulometrique des sables : Le tamisage est la méthode la plus courante granulometrie des éléments sableux de taille supérieure à 40 μ .



Legende:

— vase

. sable

— argile

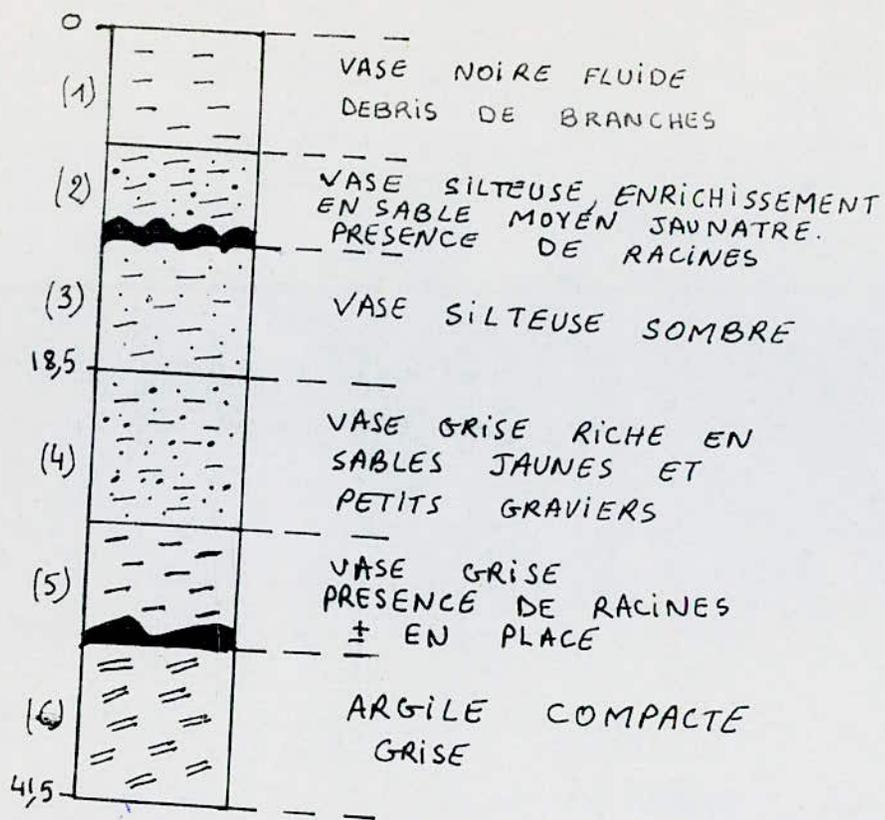
● gravier

— matiere organique (MO)

≡ argile compacte

0 50cm

Fig 4a : Log de la carotte 0



Legende:

- vase
- . sable
- ▨ argile compacte

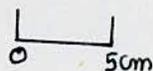
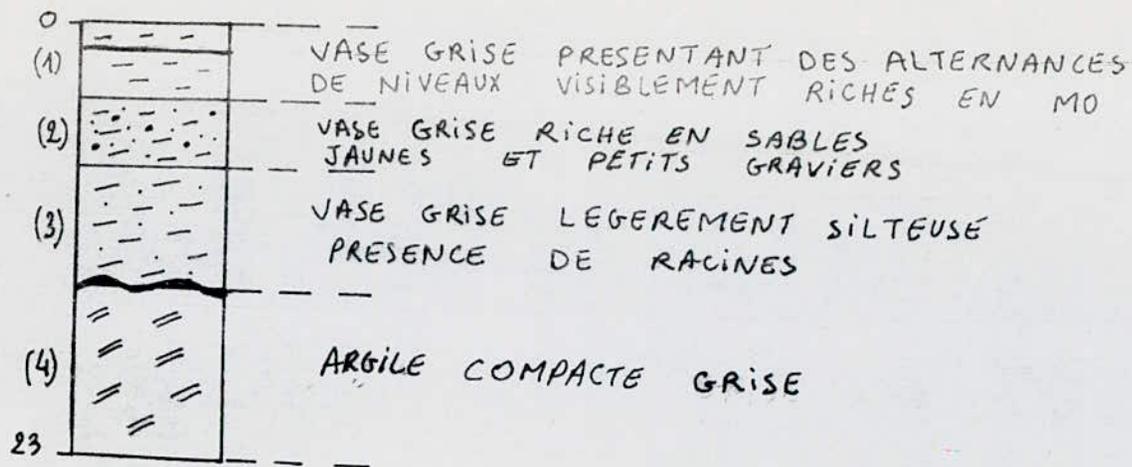


fig 4b : Log de la carotte 3



Legende:

- vase
- . sable
- // argile compacte
- matiere organique (MO)

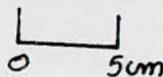


fig 4c : Log de la carotte 6

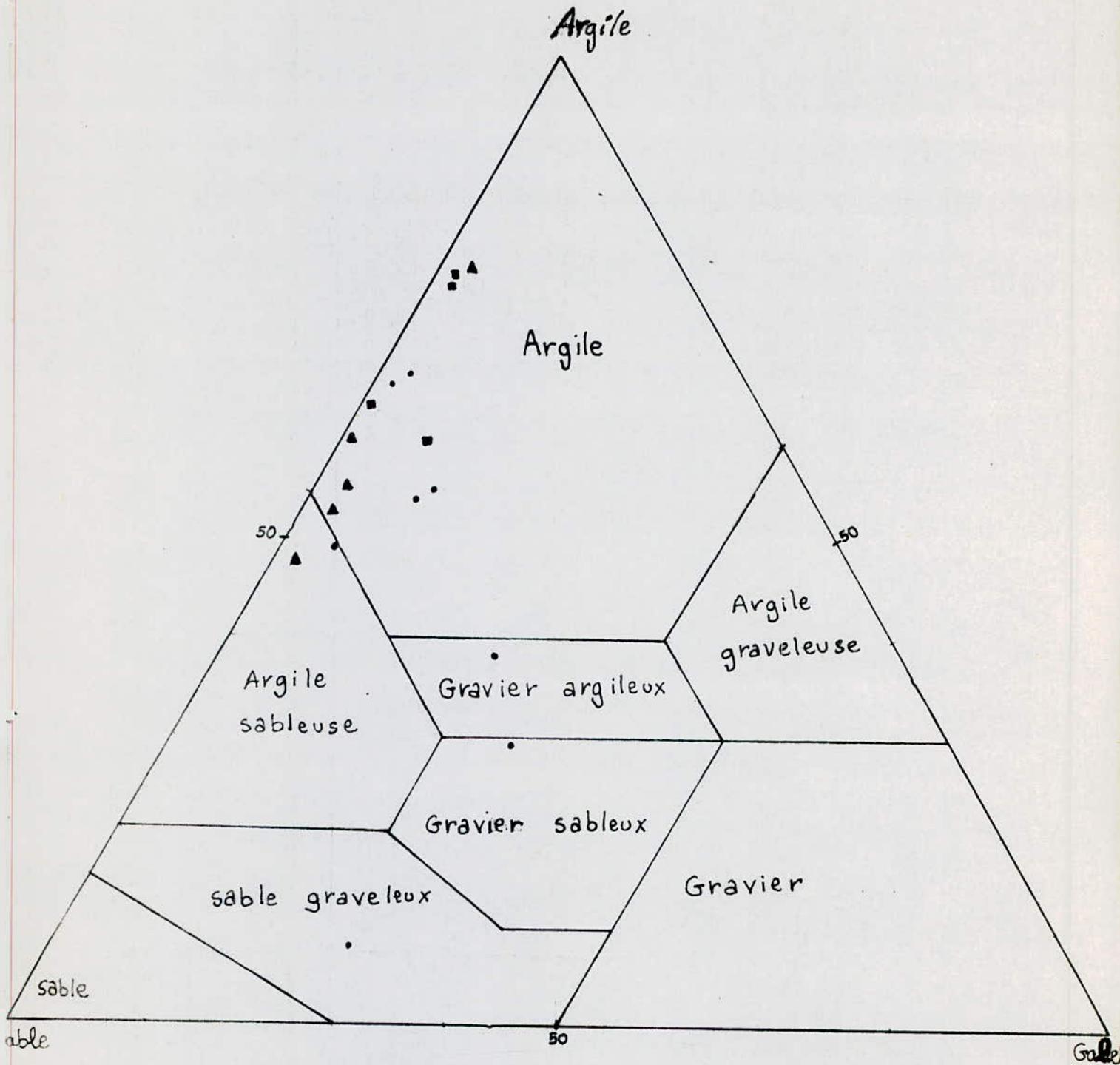


fig 5: triangle textural montrant les pourcentages d'argiles, de galet et de sable dans les classes fondamentales de texture du sol.

- C₀
- ▲ C₃
- C₆

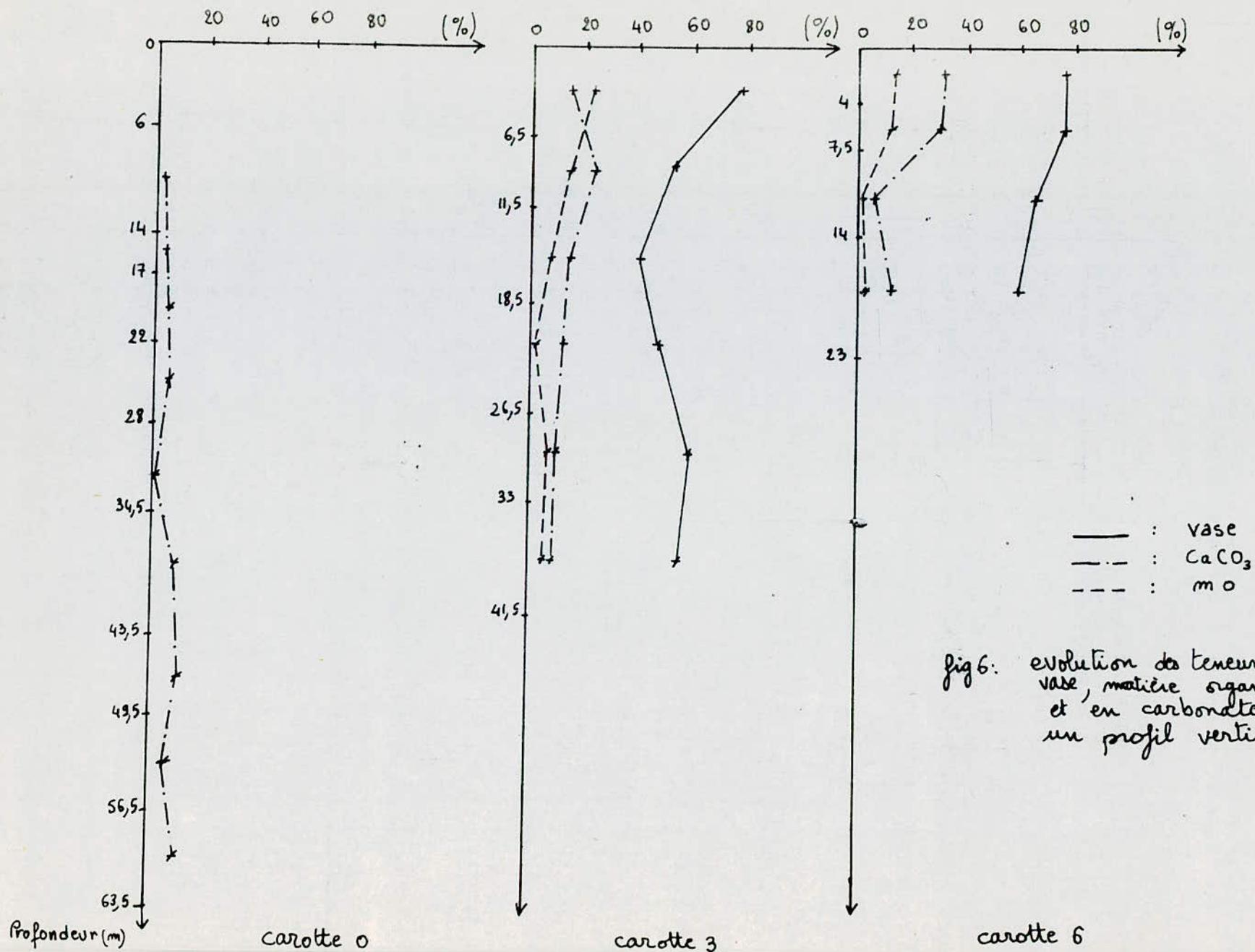


fig 6: evolution des teneurs en vase, matière organique et en carbonates sur un profil vertical

La granulometrie est effectuée sur le sediment brut non decalcifié. La granulometrie de la fraction sableuse a été réalisée sur une colonne de tamis de norme AFNOR (16000 à 40 microns) mise en mouvement sur une table vibrante pendant 15 minutes.

Au terme de l'opération de tamisage, on dispose d'une serie de poids représentant les refus de chaque tamis.

Les masses cumulées des refus de tamis sont consignées dans une fiche granulometrique.

Cette méthode nous permet de quantifier les différentes fractions granulometriques qui constituent le sediment.

Les coupures dimensionnelles choisies figurent dans le tableau ci-dessous :

	0,002	0,04	0,1	0,25	0,5	2,0 mm
:	:	: très	:	:	: très	:
:	Argile	: fin	: fin	: Moy	: gros-	:
:	lutite	-----			sier	: Gravier
:	:	:	Sable	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

" Classification de la société Internationale de Science du Sol" (21)

Résultats :

La projection des résultats sedimentologiques nous permet de classer d'après la figure 5, les sediments de l'Oued Réghaia dans les domaines de l'argile et de l'argile sableuse mis à part des niveaux particulièrement graveleux.

Les résultats de teneur en vase, en matière organique et en CaCO₃ sont donnés dans la figure 6.

Interprétation :

- Caractéristiques sédimentologiques des sédiments (description des carottes du bas vers le haut) :

+ Carotte n° 0 :

- Le niveau 10 correspondant au substratum argileux montre des teneurs en argile de l'ordre de 80% , et également de fortes teneurs en CaCO_3 voisines de 10 %.
- Le niveau 9 représenté par un sol rougeâtre également riche en lutite accuse une diminution du taux en CaCO_3 .
- Le niveau 8 est caractérisé par un gravier et sable grossier envasés montrant une augmentation des teneurs en CaCO_3 . Ces matériaux sont la trace d'une ultérieure hydrodynamique de l'oued suivi d'une période calme permettant le dépôt de l'apport fluviatil en suspension.
- Le niveau 7 indique que une continuité du confinement qui se traduit par un apport en vases silteuses s'accompagnant par une diminution de la teneur en CaCO_3 dans le sédiment.

Dans les niveaux 6 et 5 , de par la présence d'un matériau graveleux (niveau 6) découle l'idée d'un second épisode hydrodynamique provoquant un vannage du matériel fin préexistant. Après la crue, le courant d'une compétence beaucoup moindre permet le dépôt des particules fines encore en suspension dans l'eau (niveau 5) . Le niveau assez riche en vase est caractérisé par une faible teneur en CaCO_3 (0,52 %).

- Les niveaux 4 et 3 plus ou moins riches en fraction sableuse enregistrent une légère augmentation de la teneur en CaCO_3 .

- Les niveaux 2 et 1 constitués de sables grossiers et de graviers pauvres en CaCO_3 . Ce matériel sédimentaire est la preuve de courant compétant, conséquence d'une période de crue après laquelle a été effectué le prélèvement de la carotte.

Les sédiments de la carotte 0 sont particulièrement pauvres en CaCO_3 . Leur taux est toujours inférieur à 10 %.

++ Carotte n°3 :

- Le niveau 6 débute par un niveau d'argile grise (55%) compacte montrant la plus faible teneur en CaCO_3 (8%).
- Le niveau 5 est représenté également par un sol argileux dont la teneur de CaCO_3 est voisine de (10%). La présence d'un tissu de racines dans ce niveau suppose une période de dynamique calme plus ou moins prolongée ayant permis l'installation d'une végétation aquatique sinon subaquatique ayant joué un rôle de rétention du sédiment.
- Le niveau 4 montre un léger enrichissement en sable entraînant une augmentation de la teneur en CaCO_3 .
- Le niveau 3 est composé par une vase silteuse sombre probablement riche en matière organique.

La teneur en carbonate de Calcium reste sensiblement équivalente à celle du niveau précédent.

- Les niveaux 2 et 1 : Le terme inférieur (2) est constitué par une vase silteuse associée à un sable fin jaunâtre auquel sera attribué l'augmentation en CaCO_3 (23 %).

Cet horizon est jusqu'à aujourd'hui colonisé par une végétation qui provoque une diminution des vitesses d'écoulement de l'Oued. Comme précédemment, ce secteur d'hydrodynamisme faible, permet un dépôt de vase par percolation

et le dernier terme (1) de cette carotte, composé d'une vase noire fluide, montre une diminution de la teneur en CaCO_3 vers une valeur moyenne estimée voisine de 15 %.

Carotte n° 6 :

- Le niveau 4, présente les mêmes caractères que le niveau 6 de la carotte n°3, à savoir une argile grise, compacte à faible teneur en CaCO_3 (11 %).
- Le niveau 3, composé d'une vase légèrement silteuse, contient un réseau de racines montrant là aussi une occupation du sol par la végétation . Les teneurs en CaCO_3 restent faibles (10 %).
- Les niveaux 2 et 1, toujours composés d'une alternance de vase grise et de sable jaunâtre accusent une augmentation de la teneur en CaCO_3 vers des valeurs supérieures oscillant entre (18 et 35 %) . De nouveau , il est permis de supposer que cette augmentation en CaCO_3 est due à la présence de la fraction sableuse.

Le niveau caractérisé par une alternance de vase grise, et de vase noire est probablement riche en matières organiques .

Conclusion sur la description des Carottes :

L'étude de la carotte prise au point n°0 montre trois périodes d'activités d'hydrodynamique de l'Oued. La période antérieure à la première dynamique correspond à une phase de comblement par des sols rouges pauvres en CaCO_3 pouvant provenir de l'érosion des terrains agricoles environnants. Entre la première et la seconde dynamique s'opère un comblement du lit de l'Oued par des apports en matériaux vaseux pauvres en CaCO_3 , par contre la troisième période est caractérisée par des apports en sable fin et moyen riche en CaCO_3 . Ces deux phases d'apports de faciés sédimentologique différent montrent que les teneurs en carbonates sont surtout liées à la présence des sables fins à moyens.

Pour la carotte prise au point n°3 l'évolution verticale constatée est marquée par deux phases d'occupation du sol par des végétaux. Leurs présences engendrent un milieu calme favorable à la sédimentation. Chacune de ces phases est suivie par un dépôt de niveau sableux responsable d'une élévation ponctuelle de la teneur en CaCO_3 .

Cette période est suivie par une sédimentation argileuse. Pour ces faciés, la teneur en CaCO_3 est toujours voisine d'une valeur moyenne de l'ordre de 15 %. Actuellement le lieu de prélèvement de la carotte n°3 est le siège de dépôt de vase noire fluide probablement riche en matière organique.

Pour la carotte prise au point N°6 l'évolution verticale montre une phase d'occupation des sols par des végétaux suivie d'un dépôt de vase riche en CaCO_3 , due à la présence d'une fraction sableuse.

Dans une première approche, malgré le manque de données concernant l'évolution des teneurs métalliques sur un profil vertical aux points n°3 et n°6, nous remarquons l'existence de relations teneurs métalliques - Teneur en matière organique et teneurs métalliques granulométrée.

En effet au point n°3, à partir du tableau de valeur des teneurs métalliques n°3 et la fig 6 nous constatons que pour certains métaux (Pb, Zn, Cu) le taux de dépôt métallique est d'autant plus important que la quantité de vase est importante. Celle-ci est directement liée à la teneur en matière organique . Dans le cas du Zn une très nette différence apparait entre les niveaux de vase A et C pour la garotte n°3 où la teneur en vase passe de 80 à 40 %.

Par ailleurs, le piégeage des métaux par les sédiments dépend dans une large mesure de l'hydrodynamique de l'oued et du profil mais également des formes sous lesquelles sont présents les métaux dans les eaux de l'Oued.

Un autre paramètre lié à l'hydrodynamique et au profil de l'oued, serait le transport des sédiments d'une zone à une autre. Ceci pourrait expliquer l'existence de certains points d'accumulation concentration maximale exemple point n°3.

IV - 4 CONCLUSION SUR LA PARTIE EXPERIMENTALE :

Au cours de notre travail basé sur l'analyse des métaux lourds dans les sédiments de l'oued Réghaia, nous avons fait une approche quantitative sur les apports en polluants métalliques par l'activité humaine, notamment par la zone industrielle Rouiba-Réghaia. En effet les teneurs trouvées pour le chrome et le zinc sont très importantes. En revanche les teneurs en plomb et en cuivre sont relativement faibles comparées aux teneurs trouvées pour le chrome et le zinc.

Les prélèvements par carottage montrent une teneur métallique élevée dans les couches profondes du sédiment (au voisinage du substrat argileux) ce qui constitue une menace de contamination pour la nappe phréatique.

L'hydrodynamique est un paramètre important car il influe directement sur le taux de sédimentation (taux de pollution des sédiments). Un courant suffisamment fort empêche tout dépôt, pour entraîner les particules métalliques plus loin où elles décantent lorsque le courant devient pratiquement nul.

La connaissance de l'hydrodynamique et du profil actuel du lit de l'oued sont décisives quand à la détermination d'un gradient de teneurs métalliques de l'amont vers l'aval. Or jusqu'à la, on ignore tout du débit et donc des courants de l'oued sur toute sa longueur du collecteur jusqu'à l'estuaire du lac.

CONCLUSIONS ET
RECOMMANDATIONS.

Le transport des substances bioresistantes comme les métaux lourds constitue un problème crucial pour l'environnement de par les effets nocifs sur la santé humaine et l'écosystème.

Ce problème est directement lié au débit de l'Oued.

Pour une meilleure estimation de la pollution des eaux de surface de la zone Rouiba Réghaia, il est essentiel de mettre au point un Programme de recherche qui toucherait les aspects suivants :

1- Etude hydraulique qui tient compte :

+ Du mouvement de l'eau et des différents débits de rejets.

++ De la climatologie : Relevé des données sur les conditions climatiques annuelles.

2 - Sedimentologique : Il faut voir quels changements se sont produits dans cet écosystème, en ce qui a trait aux caractéristiques géomorphologiques du bassin de l'Oued.

Il est essentiel aussi de connaître les facteurs qui influent sur les concentrations métalliques dans les sédiments à savoir :

a) La composition physique des roches du lit de la rivière .

b) Le taux d'érosion des roches .

c) L'apport de matériaux par le bassin versant et l'atmosphère .

d) la composition chimique et l'équilibre de l'eau du cours d'eau.

En ce qui concerne les méthodes de minéralisations, il serait intéressant d'appliquer le schéma de minéralisations sélectives car celui-ci permet de connaître la quantité de métal susceptible de repasser en solution en fonction des modifications physico-chimiques du milieu.

Enfin en ce qui concerne les techniques d'analyse des éléments de l'état de traces, on peut citer la polarographie - l'Absorption atomique - la torche à plasma . Le choix d'une méthode dépendra essentiellement de la sensibilité de la détection, de la facilité d'emploi, et de la rapidité d'exécution qui évite des erreurs de manipulation.

+++++

A N N E X E S

+++++

A N N E X E 1

1 - Méthode de Minéralisation : (16)

1 - 1 Méthode en Milieu ouvert :

a) Attaque chloronitrique après calcination à 450°C en présence de nitrate d'ammonium :

Réactifs utilisés :

Acide chlorhydrique : $d = 1,19$

Acide nitrique : $d = 1,38$

NH_4NO_3 Solution à 10 % (100 g/l).

Mode opératoire :

Introduire 1 à 2g de sédiment prétraité dans une capsule en platine ou en silice, ajouter 2 ml de NH_4NO_3 par gramme de sédiment. Sécher dans une étuve à 100°C . Mettre la capsule dans un four froid et élever la température pour atteindre 450°C. Pendant 2 heures puis laisser refroidir à l'extérieure.

Reprendre le résidu de calcination par quelques ml d'eau distillée et transférer dans un bécher de 100 ml en le reprenant avec quelques ml d'eau distillée . Rincer la capsule avec 5 ml d'acide chlorhydrique chaud puis 2 fois avec 5 ml HCl chaud et transvaser dans le bécher.

Ajouter 5 ml de HNO_3 et couvrir le bécher avec un verre à montre et porter à douce ébullition pendant 12 minutes et laisser évaporer à sec.

Reprendre le résidu avec 20 ml HCl (2N) chauffer jusqu'à ébullition et puis filtrer sur papier filtre sans cendre, recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml.

Laver le filtre et le bécher avec 10 ml de HCl (2N) et 2 à 3 fois avec l'eau bouillante.

Laisser refroidir la solution est ajuster le volume avec de l'eau distillée.

Remarque : La calcination à 450° C est utilisée pour détruire la matière organique . Le nitrate d'ammonium est utilisé pour stabiliser les éléments sous forme moins volatile.

1 - 2 Méthode à reflux attaque à l'eau regale :

Réactifs :

- eau déminéralisée
- acide chloridrique d = 1,19
- acide nitrique d = 1,36.

Mode Opératoire :

- Eau regale ($\frac{2}{5}$ HNO₃ concentré pour $\frac{3}{5}$ HCl concentré pur)
- On ajoute à l'échantillon (1 g de sédiment prétraité) dans le ballon 25 ml d'eau regale on chauffe sous réfrigérant à reflux pendant 2 heures on ajoute 25 ml d'eau déminéralisée par le haut du réfrigérant et on laisse refroidir.

On filtre sur papier sans cendres, on rince le ballon et le filtre avec de l'eau déminéralisée et on complète à 100 ml d'eau déminéralisée.

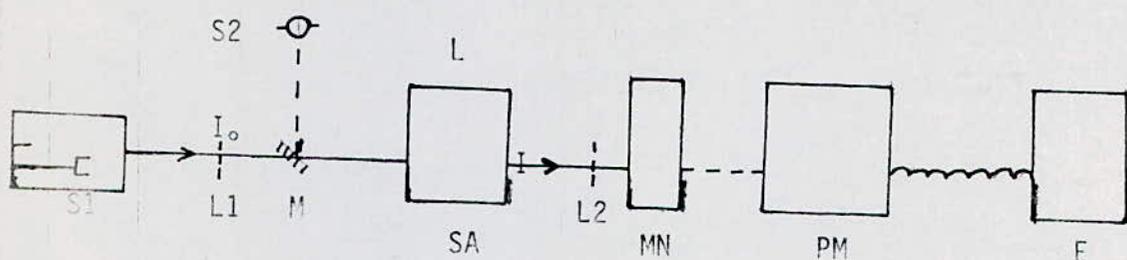
(ANNEXE 2)
Schéma de minéralisations sélectives

SOLUTIONS D'ATTAGES	CONDITIONS OPERATOIRES						PHASES CHIMIQUES ATTEINTES
	CONCENTRATION	VOLUME	TEMPS DE CONTACT	pH	AGITATION	TEMPERATURE	
BaCl ₂	1M	16cm ³ /g	2 heures	7	Continue	ambiante	éléments échangeables
H ₂ O ₂	30 %	5 V 16cm ³ /g	5 heures		continue	ambiante	phases oxydables (matières organi- ques, sulfures)
HNO ₃	0,02 M	3 V	1 heure		continue	98°C	
reprise par CH ₃ COONH ₄	3,5 M	10 cm ³ /g	1 heure		continue	ambiante	
CH ₃ COONa	1M/l	35 cm ³ /g	5 heures	5	continue	ambiante	lessivage acide (carbonates)
CH ₃ COOH	0,6 M/l						
NH ₂ OH; HCl	0,1M	35cm ³ /g	4 heures		continue	ambiante	phases réductibles (hydroxdes et oxydes de Fer et de Manganèse)
CH ₃ COOH	25% v/v		1 heure		continue	98°C	
reprise par CH ₃ COONH ₄	3,5 M	10 cm ³ /g	1 heure		continue	ambiante	
HF	Concentré	10 cm ³ /g	SICCITE			100 - 150°C	Minéraux Silicatés
HClO ₄	Concentré						
1° reprise		2 cm ³ /g	SICCITE			100 -150°C	
HClO ₄	Concentré						
2° reprise		2 Cm ³ /g	15 à 30 mn			60-80°C	
HNO ₃	Concentré						

ANNEXE (3) : " Spectrometrie d'Absorption Atomique "

3 - 1 Elements constitutifs d'un spectrophotomètre :

Nous avons utilisé un appareil de spectrophotometrie à absorption atomique " PERKIN ELMER modèle 2380 " dans le laboratoire de chimie marine de l'ISMAL. Ce spectrophotomètre est constitué des parties suivantes : fig (1)



Légende :

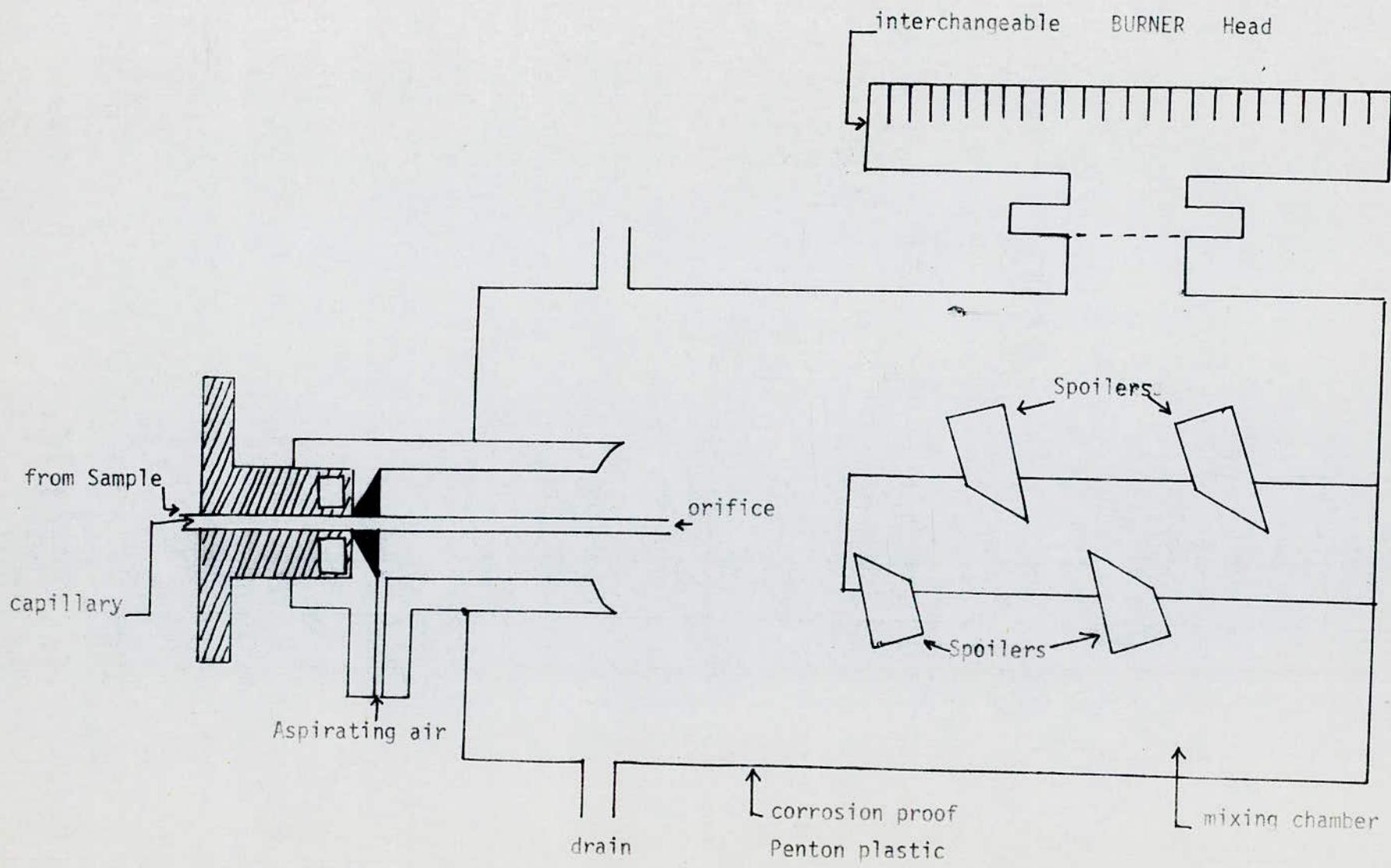
- Une source de radiation (S1, S2)
cathode creuse ou lampe, sans électrode, à décharge
- Une source d'atomisation (SA)
- Un système de lentilles et de miroir (L1, L2,M)
- Un monochromateur (MN)
- Un photomultiplicateur (PM)
- Un enregistreur (E).

3 - 1.1 Source de radiation :

3 - 1.1.1 La cathode creuse :

Elle est constituée par le métal que l'on veut doser. C'est un tube de tungstène formant l'anode. Un gaz de remplissage ne doit avoir d'interaction chimique ni avec le métal de l'anode, ni avec celui de la cathode. Les ions de ce gaz acquièrent une vitesse telle qu'ils arrachent les atomes du métal

fig 2' " flamme "



qui constitue la cathode. Le métal excité émet un spectre de radiations de différentes longueurs d'ondes, caractéristiques du métal considéré. Une longueur d'onde efficace est sélectionnée par un monochromateur (MN) (voir fig 3).

3 - 1.1.2 Lampe à décharge ou EDL : (électrode less discharge lamp)

Dans ce type de lampe, les atomes du métal considéré, soumis à l'action d'un champ électromagnétique de haute fréquence, émettent la radiation caractéristique. Le rayonnement obtenu est plus intense et plus stable, améliore par conséquent le rapport signal/ bruit de fond.

3 - 1.2 Source d'atomisation :

Nous avons utilisé comme source d'atomisation :

- la flamme air/acétylène

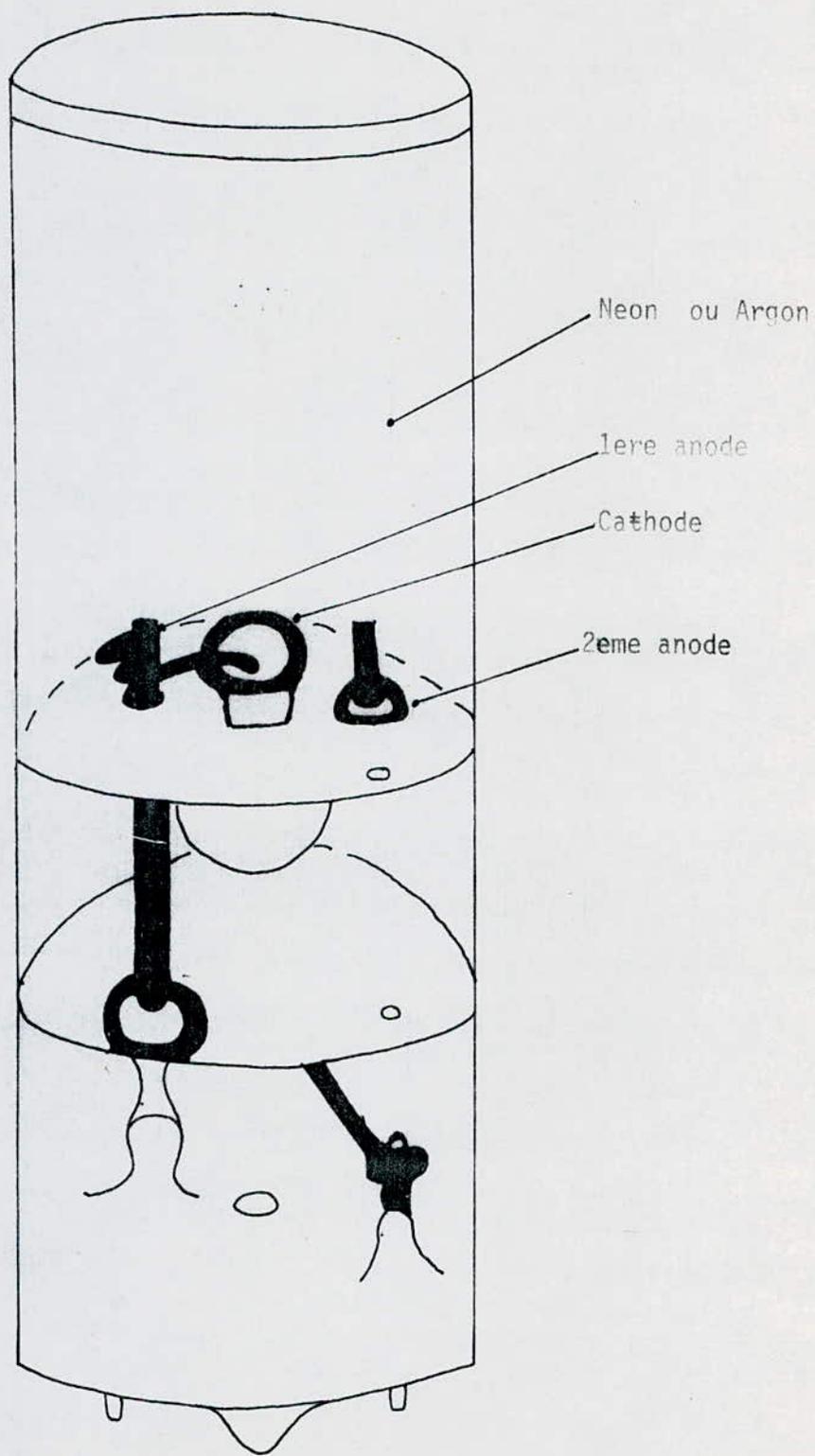
Toutefois l'appareil dispose d'un four à graphite en option.

3 - 1.2.1 - Flamme air/acétylène (fig 2,2')

Le Zinc est dosé selon cette méthode .

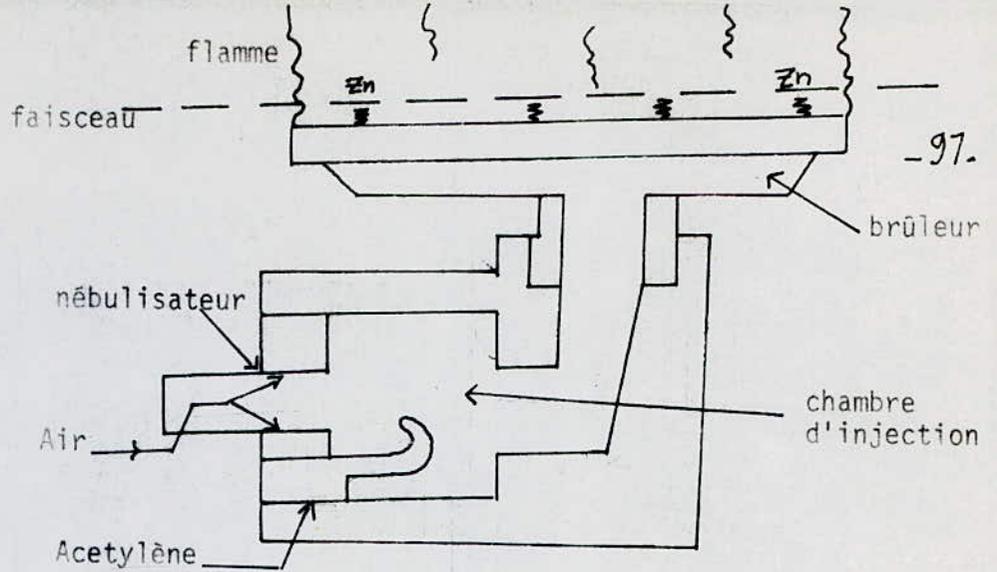
L'atomisation est produite par apport d'énergie. Comme la concentration en Zinc est relativement élevée dans les échantillons, cette source d'atomisation est convenable pour le dosage de ce métal malgré qu'elle soit la moins sensible des deux. Pour obtenir une flamme oxydante, nous avons choisi un apport air/C₂H₂ (ou carburant/ combustible) de 2 volumes sur 1.

Ce rapport améliore le rendement de l'atomisation sur le Zinc. Dans le même souci d'optimiser l'atomisation, la fente du brûleur doit être parfaitement alignée avec le trajet optique du faisceau. L'échantillon en solution est aspiré le long d'un capillaire sous forme d'aérosol, grâce au nébulisateur pneumatique.

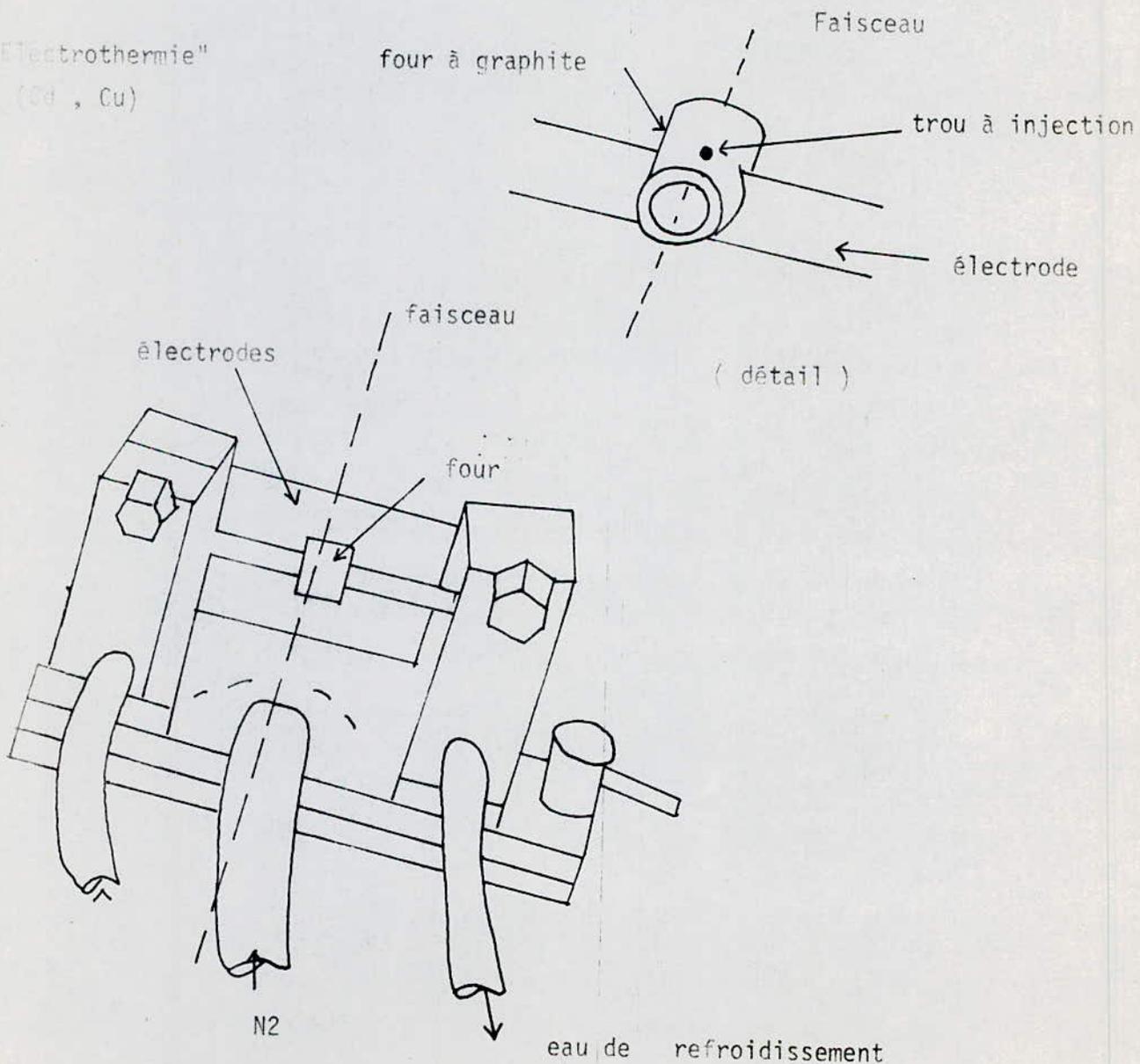


fig(3) "lampe à cathode creuse"

fig(2) " Flamme "
(Zn)



fig(4) " Electrothermie "
(Cd, Cu)



En réalité, la production d'atomes par la flamme air/acétylène s'accompagne de phénomènes complexes à l'intérieur de la flamme : il s'y passe aussi des ionisations, des recombinaisons qui conduisent à la formation de molécules. Ces dernières peuvent être la cause d'une absorption parasite moléculaire, qu'il convient de préciser (voir 3 - 3).

3 - 1.2.2 Atomisation électrothermique (four à graphite)

Cette source d'atomisation est utilisée pour la détermination du cuivre et du cadmium qui sont en faible concentration. Le PERKIN ELMER est équipé d'un atomiseur de type C.R.A 90 (carbon Rod atomizer) en tube de graphite, dont la partie interne est recouverte d'une pellicule de graphite pyrolitique ; Le rendement du four est augmenté.

Le tube est placé entre deux électrodes (voir fig4) qui conduisent un courant électrique au four, ainsi chauffé par effet Joule. Le four est placé sur l'axe du trajet optique. Un module programmable permet de sélectionner les différentes températures et les temps des différentes étapes de l'atomisation. Un courant d'azote est utilisé pour créer une atmosphère inerte et éviter ainsi une oxydation rapide du four. Celui-ci est refroidi par une circulation d'eau.

5 ml de l'échantillon sont injectés dans le four par un trou prévu à cet effet, à l'aide d'une seringue Eppendorf à embout polyéthylénique interchangeable. Cette injection doit s'effectuer de manière précise afin de réaliser une bonne reproductibilité des mesures. Cette injection est supprimée sur le PERKIN ELMER doté d'un dispositif automatique empêchant la solution injectée subir les étapes suivantes :

+ Evaporation du solvant :

Elle s'effectue à la température d'ébullition du solvant. La température

d'évaporation est fixée à 100°C pour tous les métaux, car ceux-ci se trouvent dans de l'eau.

++ Pyrolyse ou mise en cendre :

Elle aboutit à la simplification de la matrice, qui se décompose. On assiste ainsi à l'élimination de fumées et vapeurs et à la destruction des sels et des composés organiques. C'est une étape très importante, car si la température est trop élevée, il en résulte des pertes de l'élément à doser.

+++ Atomisation :

Porté à température d'atomisation, l'échantillon se transforme en atomes susceptibles d'absorber les radiations émises par la source. La combinaison chimique où le métal est engagé (ex, en oxyde), est vaporisée et dissociée en atome.

3 - 2 Etalonnage :

3 - 2.1 Méthode des standards seuls :

La mesure de la concentration d'un élément à doser dans un échantillon se fait par comparaison directe avec des teneurs connues du même élément. Ainsi les appareils sont étalonnés à partir de solutions standards qui contiennent des teneurs connues du métal, et sont dissoutes dans le même solvant que l'échantillon.

La gamme d'étalonnage doit, autant que possible, être comprise autour des valeurs des échantillons à analyser. Les solutions étalons sont préparées à partir de solutions mères (Titrisol) qui contiennent 1g/l de l'élément à doser. Elles peuvent être gardées pendant une année. A partir de celles-ci des dilutions sont effectuées afin d'obtenir les solutions standards pour chaque métal.

Les standards ne sont préparés qu'au moment de l'analyse d'une série d'échantillons et complétés avec de l'eau déminéralisée.

+ Les unités utilisées sont exprimées de la manière suivante :

- ppm ou partie par million soit $\mu\text{g/ml}$ ou même $\mu\text{g/g}$
- ppb " " " billion " ng/ml " " ng/g .

L'appareil PERKIN-ELMER 2380 dispose d'un integrateur incorporé.

Nous avons aussi travaillé également sur un appareil de spectrophotométrie d'absorption atomique modèle 603 à l'EREM (Boumerdes) moins sophistiqué que celui de l'ISMAL (plus ancien) .

La structure de base de l'appareil est identique à celle du PERKIN-ELMER 2980 à la différence que celui-ci ne permet pas une lecture directe de la concentration mais uniquement de la densité optique.

3 - 3 Les effets de matrice sur le dosage des traces en SAA :

D'une manière générale, on peut entendre " par effet de matrice " en chimie analytique l'influence du milieu analysé sur l'élément dosé. Enfin l'effet de matrice peut se traduire par des perturbations d'ordre spectral qui résultent de la superposition de bandes d'absorption moléculaire sur la raie atomique mesurée.

a/ Quand les interférences sont observées, on a recours à la méthode des ajouts dosés, qui permet de corriger partiellement les perturbations dues à la matrice organique . En absence de perturbation, la droite obtenue par cette méthode est parallèle à celle obtenue avec la méthode des standards seuls.

b/ Les interférences correspondent à des perturbations de l'atomisation . Il en existe plusieurs catégories :

- interférences spectrales : Elles sont plus rares et sont dues à une superposition des raies.
- interférences physiques : Des facteurs physiques (viscosité, densité) affectent le rendement des vapeurs atomiques formées.

- Interférences chimiques : La formation de composés parasites entraîne une modification de la vitesse d'atomisation.

c/ L'emploi de la correction de fond ou "background" par une lampe au deuterium (représentée S2 sur la figure 1) permet de supprimer les absorptions parasites.

3 - 4 Conditions opératoires : (PERKIN ELMER 803)

+ Argent (Ag)

- longueur d'onde : 328 nm (UV)
- fente : 4 (0,7 nm)
- lampe à cathode creuse (Ag)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre bleue

+ Cadmium : (Cd)

- longueur d'onde : 228,8 nm (UV)
- fente : 4 (0,7 nm)
- lampe à cathode creuse (Cd)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre bleue

+ Chrome (Cr)

- longueur d'onde : 357,9 nm (UV)
- fente : 4 (0,7 nm)
- lampe à cathode creuse (Cr)
- air acétylène : flamme reductrice riche, jaune.

+ Cuivre (Cu)

- longueur d'onde : 324,7 nm (Uv)
- fente
- lampe à cathode creuse (Cu)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre bleue.

+ Fer (Fe)

- longueur d'onde : 248,3 nm (UV)
- fente : 3(0,2 nm)
- lampe à cathode creuse (Fe)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre, bleue

+ Manganèse (Mn)

- longueur d'onde : 279,5 nm (UV)
- fente : 3 (0,2 nm)
- lampe à cathode creuse (Mn)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre, bleue

+ Plomb (Pb)

- longueur d'onde : 283,3 nm (UV)
- fente : 4 (0,7 nm)
- lampe à cathode creuse (Pb)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre, bleue

+ Zinc (Zn)

- longueur d'onde : 283,3 nm (UV)
- fente : 4 (0,7nm)
- lampe à cathode creuse (Pb)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre , bleue

+ Zinc (Zn)

- longueur d'onde : 213,9 nm (UV)
- fente : 4(0,7 nm)
- lampe à cathode creuse (Zn)
- air acétylène : flamme oxydante pauvre, bleue.

ANNEXE (4)

4 - "Spectrometrie de masse à étincelles "

Elle est surtout appliquée en geologie pour des problèmes d'analyse isotopique concernant l'étude des roches et leur dotation.

C'est une des méthodes les plus efficaces pour déterminer en une seule opération, la totalité des impuretés présentes dans un échantillon, à des niveaux atteignant le millième du ppm.

L'échantillon doit être transformé partiellement en ions positifs qui sont représentatifs de sa composition.

Si l'on se rend compte que chaque élément émet des ions pour chacun de ses isotopes l'ensemble des ions émis pour tous les éléments d'un échantillon, constitue finalement un spectre de masse assez complexe. Pour couvrir un large domaine de leur, on enregistre sur la plaque photographique une quinzaine de spectres reflète alors la composition de l'échantillon où toutes les impuretés présentes à ce niveau se manifestent sous forme de raies. Au simple examen visuel de la plaque, on peut déjà se faire une idée de la pureté de l'échantillon et des principaux constituants.

4 - 1 Réalisation du spectre de masse :

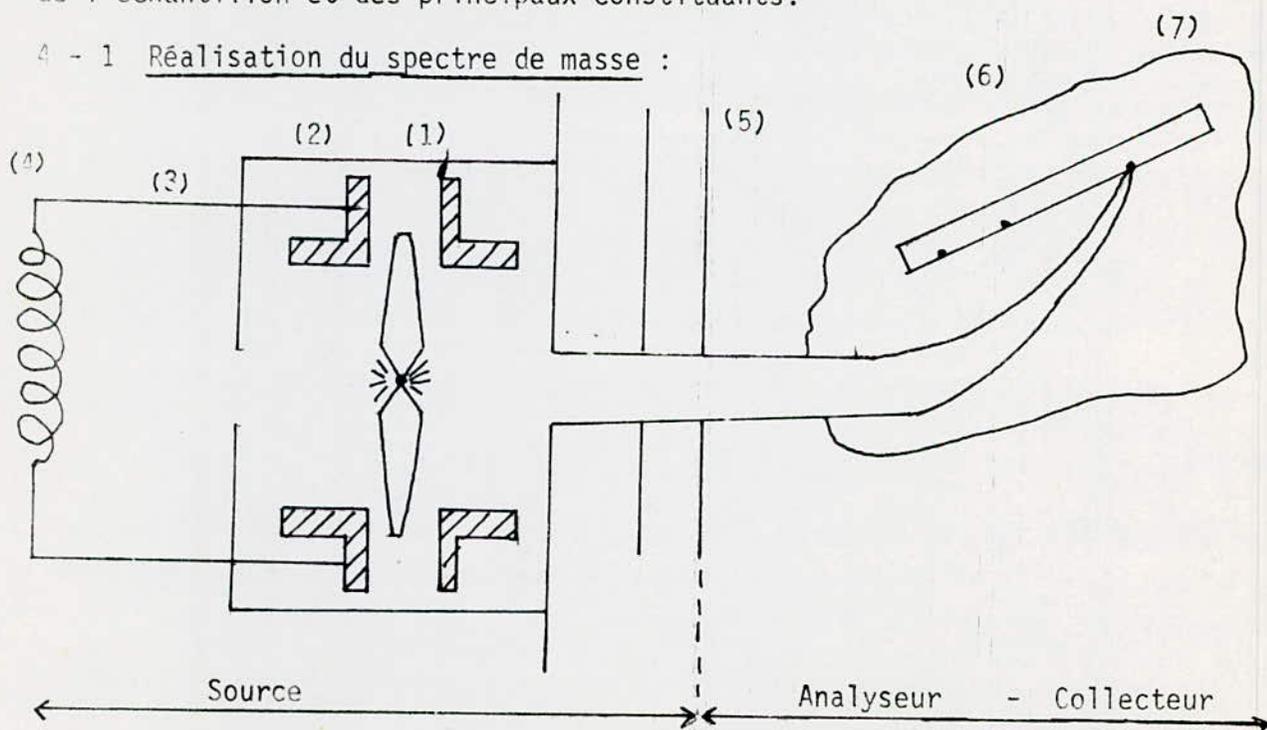


Fig.1 Spectrographe de masse à étincelles " Schéma de principe " (19).

Les électrodes sont placés dans la source de l'appareil qui est en tantale pour éviter la contribution d'impuretés autres que ce métal provenant par ionisation secondaire.

La figure 1 schématise le principe de réalisation d'un spectre de masse sur une plaque photographique.

Les électrodes (1) sont serrées sur un support en tantale (2). Après évacuation de la source et lorsque le vide est de l'ordre de 10^{-6} torr on provoque une étincelle (3) entre les électrodes à l'aide d'une alimentation HF. allant de 25000 à 40000 volts (4).

Lors de l'étincelage, l'échantillon est vaporisé et ionisé. L'énergie d'étincelage étant de quelques 10èmes de mille volts, donc de loin au dessus des potentiels d'ionisation de tous les isotopes on peut assurer que tous les éléments sont ionisés avec la même efficacité et que la population d'ions à la même composition élémentaire que l'échantillon. La réalisation d'une analyse chimique à l'aide d'une source à étincelles est donc basée sur le principe d'une absence de selectivité de ce type de source (+).

Les ions créés sont collimés et accélérés vers l'analyseur de l'appareil par un système de fentes (5), dans l'analyseur (6) (qui est dans notre cas une combinaison de champ électrostatique et électromagnétique). Les ions sont séparés et focalisés par groupes de particules chargées de même rapport $\frac{m}{e}$, m étant la masse atomique et e représentant la charge de l'électron.

Le lieu géométrique de focalisation est un plan. Il est donc possible de placer sur ce plan une plaque photographique (7) sur laquelle seront collectées et matérialisées simultanément les particules de différentes masses $m_1 < m_2 < \dots < m_n$ si l'on considère les ions portant une seule charge élémentaire.

(+) En fait les différences de sensibilités existent, mais en général, elles ne dépassent pas un facteur 3, . Des coefficients de sensibilité sont établis pour les différents éléments avant l'analyse d'un matériau.

4 - 2 Conditions opératoires (STE-1)

L'appareil utilisé étant un spectrographe d'émission à dispersions croisées (prisme + réseau).

- intensité : 15 - 18 A (arc alternatif)
- temps d'excitation : environ 30s
- domaine spectrale d'utilisation : UV moyen (2500 Å° - 3500Å°).

ANNEXE 5 : TABLEAU N°1

TENEUR EN METAUX LOURDS RENCONTRES DANS LES BOUES DE STATIONS
D'EPURATION . LES SOLS ET LES VEGETAUX. EN mg/kg DE MATIERE SECHE (10)

Metaux	teneur des boues domestiques	Teneur externe des boues contaminées	teneur moyenne des sols	teneur des végétaux	Valeurs limites fixée par la norme AFNOR.
Zn	2000 à 3000	4000	50	15 à 150	3000
Mn	200 à 1000	1500	250	15 à 150	1500
Cu	200 à 1000	22 500	20	3 à 40	500
Pb	100 à 300	4000	10	0,05 à 0,2	300
Cr	50 à 200	675	200	0,1 à 0,5	200
Ni	25 à 100	610	40	0,1 à 1	100
Cd	5 à 15	4000	0,5	-	20
Hg	2 à 8	53	0,03	0,01 à 0,01	15

-°- B I B L I O G R A P H I E -°-

=====

- 1 MINISTERE de L'HYDRAULIQUE et de L'ENVIRONNEMENT
PLAN D'ACTION ANTI POLLUTION MARAIS REGHAIA MARS 85.
- 2 N. BOUZAHER
Contribution à l'étude de l'assainissement des rejets des eaux résiduaires industrielles et domestiques de l'Oued Réghaia .
P.F.E .1978 (I.N.A).
- 3 M. TEKOUK
ETUDE analytique des eaux USEES DE L'UNITE BATIMETAL DE ROUIBA.
P.F.E JUIN 1986 (EN.P.A°).
- 4 A CHERGUI
Quantification de la charge polluante des eaux usées d'ANABIB
Unité profil à froid et unité GROS-TUBE
P.F.E JUIN 87 (E.N.P.A.).
- 5 F. BOUCHENE et M. BELKACEM.
Contribution à l'amélioration du SUIVI des eaux de rejet du CVI (ROUIBA)
méthodologie de prélèvement et contrôle Périodique
P.F.E FEVRIER 1987 (E.N.P.A.).
- 6 K. BOUZIRI.
Traitement des eaux usées de l'unité de production de lames ROUIBA
P.F.E 1986 (E.N.P.A.).
- 7 L. ALLIA , M. SEGHOUANI.
Contribution à l'étude de la pollution engendrée par l'ENAD U et son impact sur le lac de Réghaia
P.F.E JUIN 1986 (E.N.P.A.).

- 8 S.BOUTRIA
Contribution à l'étude de la pollution de la zone ROUIBA Réghaia
cas de la Megesserie
P.F.E 1986 (E.N.P.A).
- 9 M.DJEDID
Analyse et traitement des eaux residuaires . ENAL Réghaia
FEVRIER 1987 (E.N.P.A.).
- 10 M.LEGREY
Valorisation agricole et EXTRACTION TOXIQUE, 1984
- 11 J.BAUDRY TARDY-HENRY "CHIMIE DES EAUX "
Edition griffon d'Argile 1984
QUEBEC.
- 12 G.CHARLOT
Les méthodes de la chimie analytique . Analyse quantitative minérale
4eme edition refondue
Edition Masson PARIS 1961.
- 13 Les MICRO POLLUANTS dans les sediments fluviaux
Rapport sur une Réunion de l'OMS EURO 61.
- 14 PEARSON, R.G HARD AND SOLF acides and bases
CHEMISTRY IN BRITAIN 3 .103 (1967)
- 15 INTERET des MINERALISATIONS Sélectives
JOURNAL FRANCAIS D'HYDROLOGIE 1982, FASC 3 N°39, pp 275-287.

- 16 ANALYSE des BOUES
ASSOCIATION FRANCAISE pour l'étude des eaux TOME 1.
- 17 Bulletin de LIAISON de LABORATOIRES des ponts et chaussés
MARS - AVRIL (1985).
- 18 W - W EKEN FELDER
" Gestion des eaux urbains et industrielles "
techniques et documentation LAVOISIER, 1982, PARIS
- 19 M.PINTA
" Recherche et dosage des éléments traces "
Ed. DUNOD PARIS 1962.
- 20 Techniques, Sciences municipales de l'eau (TSM)
Mars (1986)
- 21 DANIEL HILLEL " L'eau et le sol "
CABAYlibrairieediteur 1984.
- 22 Laboratoires des ponts et chaussées
N°112 MARS - AVRIL 1981.

