

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

8/87

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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

15x

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat

SUJET

**CONTRIBUTION AU TRAITEMENT  
DES EAUX USEES  
DE  
L'UNITE BATIMETAL**

Proposé par :

Dr. R. KERBACHI

Etudié par :

Mr. H. ABASSI

Dirigé par :

Dr. R. KERBACHI

PROMOTION

JUIN 87

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

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 Diplôme d'Ingénieur d'Etat

SUJET

# CONTRIBUTION AU TRAITEMENT DES EAUX USEES DE L'UNITE BATIMETAL

Proposé par :

Dr. R. KERBACHI

Etudié par :

Mr. H. ABASSI

Dirigé par :

Dr. R. KERBACHI

PROMOTION

JUIN 87

# DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- à ma fiancée qui m'a beaucoup aidée par son soutien moral ,
- à mes parents qui m'ont beaucoup conseillés,
- à mes sœurs ,
- à mes frères ,
- à tous mes amis .

H. ABASSI

# REMERCIEMENTS

- Je tiens à remercier vivement mon promoteur Mr.R.KERBACHI qui m'a beaucoup aidé et guidé dans cette présente Etude .
- Je tiens à remercier Mr.MAHICOUT ,enseignant au département de Génie de l'Environnement.
- Je tiens à remercier Mr.A.DOWGIALLO ,enseignant au département de Génie de l'Environnement.
- Je tiens à remercier Mme.BOUCHTAOUI,enseignante au département de Génie de l'Environnement.
- Je tiens à remercier Mrs.B.BERRABAH etM.BENDJBARA, respectivement Directeur et Chef de production, à l'unité BATIMETAL .
- Je tiens à remercier Melle.B.ALLOUN, chargée de l'arabisation à l'unité BATIMETA
- Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à tous les Enseignants qui ont contribué à ma formation.
- Tous mes respects aux membres du Jury qui feront l'honneur d'apprécier ce Travail.

# PLAN DE TRAVAIL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

## I- INTRODUCTION

### I- 1 PREAMBULE

### I- 2 BUT DE L'ETUDE

### I- 3 PRESENTATION DE L'UNITE

#### I-3-1 PROCEDE DE FABRICATION

#### I-3-2 PRODUITS CHIMIQUES UTILISES

#### I-3-3 CONSOMMATION EN EAU

#### I-3-4 REJETS DE L'UNITE

## II- PARTIE THEORIQUE

### II-1 POLLUTION DES EAUX PAR LES METAUX LOURDS

### II-2 ORIGINE DE LA POLLUTION DES EAUX PAR LES METAUX LOURDS

### II-3 EFFETS TOXIQUES DES METAUX LOURDS SUR L'ENVIRONNEMENT

#### II-3-1 EFFETS TOXIQUES DU ZINC

##### II-3-1-1 SUR LES POISSONS

##### II-3-1-2 SUR LES VEGETAUX

##### II-3-1-3 SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS

##### II-3-1-4 SUR LES HOMMES

#### II-3-2 EFFETS TOXIQUES DU FER

##### II-3-2-1 SUR LES POISSONS

##### II-3-2-2 SUR LES VEGETAUX

##### II-3-2-3 SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS

##### II-3-2-4 SUR LES HOMMES

#### II-3-3 EFFETS TOXIQUES DU CHROME

##### II-3-3-1 SUR LES POISSONS

##### II-3-3-2 SUR LES VEGETAUX

##### II-3-3-3 SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS

##### II-3-3-4 SUR LES HOMMES

#### II-3-4 EFFETS TOXIQUES DU PLOMB

##### II-3-4-1 SUR LES POISSONS

##### II-3-4-2 SUR LES VEGETAUX

##### II-3-4-3 SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS

##### II-3-4-4 SUR LES HOMMES

II-4 EFFETS TOXIQUES DES EAUX ACIDES

II-5 DETOXICATION DES EAUX RESIDUAIRES DE LA GALVANOTECHNIQUE

II-5-1 NEUTRALISATION

II-5-2 PRECIPITATION

II-5-2-1 INFLUENCE DU pH SUR LA PRECIPITATION

II-5-2-2 INFLUENCE DE FORMATION DES COMPLEXES SUR LA PRECIPITATION

II-5-2-3 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA PRECIPITATION

II-5-3 SEPARATION DES BOUES DE NEUTRALISATION

II-5-3-1 FLOCCULATION

II-5-3-2 DECONTATION

II-5-3-3 FILTRATION

III-PARTIE EXPERIMENTALE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

III-1 PRELEVEMENTS

III-2 CRITERES ANALYTIQUES

III-2-1 LA TEMPERATURE

III-2-2 LE pH

III-2-3 LES TITRES ALCALIMETRIQUES SIMPLE ET DOUBLE (Titre T.A.C)

III-2-4 LES METAUX LOURDS

III-2-4-1 ANALYSE QUALITATIVE

III-2-4-2 ANALYSE QUANTITATIVE

III-2-5 LES CHLORURES

III-2-6 LA CONDUCTIVITE

III-2-7 LES MATIERES EN SUSPENSION

III-2-8 LES MATIERES DECANTABLES

III-2-9 LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

III-2-10 LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

III-3 RESULTATS DES ANALYSES

III-4 INTERPRETATION DES RESULTATS

III-5 TRAITEMENT

III-5-1 EXECUTION DU TRAITEMENT

III-5-2 RESULTATS DES ANALYSES APRES TRAITEMENT

III-5-3 EFFICACITE DU TRAITEMENT

IV CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

- ANNEXES

- BIBLIOGRAPHIES

## I - INTRODUCTION :

### I - 1 PRÉAMBULE

En Algérie, le développement technique et économique est avant tout industriel. Ce développement exerce une influence négative sur les conditions naturelles et parmi celles-ci l'eau, l'air et le sol.

La pollution peut atteindre un tel degré que la vie de la population est mise en danger.

L'intensification de l'industrie a entraîné un très fort accroissement des rejets d'eaux résiduaires qui provoquent sans cesse la dégradation de l'environnement. Ainsi, il n'est plus à prouver que l'essor industriel est accompagné de nuisances de nature biologique, physique et chimique qui se repercutent à court ou à long terme sur notre organisme et ce à travers la chaîne alimentaire dont nous dépendons.

Pour que les perturbations de l'équilibre écologique puissent être évitées, il est opportun de promouvoir des mesures de protection de la nature.

Ces mesures cherchent surtout à préserver la propreté de l'air, de l'eau, et du sol de façon qu'il soit possible aux hommes, aux animaux et aux plantes de continuer à mener une vie saine.

De toutes les mesures à prendre pour la préservation de la propreté de l'Environnement, l'épuration des eaux résiduaires industrielles et professionnelles est l'une des plus décisives. Ces eaux seront traitées jusqu'à la capacité d'auto-épuration du milieu récepteur et ne présenteront aucun danger pour toute autre utilisation.

Le traitement des eaux usées provenant des installations industrielles, artisanales ou de commerce, est une obligation fondamentale qui accompagne la planification de toute installation nouvelle.

Le sauvegarde de la nature écologique et de l'espèce humaine en dépend énormément

### I - 2 BUT DE L'ÉTUDE

Notre étude s'inscrit dans le cadre du plan d'action anti-pollution du lac de REGHAIA (1).

Vu sa situation à proximité de la zone industrielle, des villes de REGHAIA et de ROUIBA ; le lac est le point de rencontre des effluents de 58 unités industrielles.

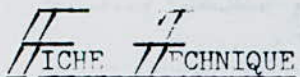
Ces effluents contiennent des matières organiques biodégradables et non biodégradables ainsi que des polluants chimiques toxiques.

Le lac reçoit aussi toutes les eaux usées urbaines des villes de Réghaïa et Rouiba.

Parmi les unités implantées dans cette zone, l'unité " BATIMÉTAL " qui par ces activités de traitement de surface des pièces métalliques ( atelier galvanotechnique ), prend une place importante dans le problème de la pollution d'origine industrielle.

Le but de notre travail est d'effectuer une étude d'évaluation et de quantification de la pollution des rejets liquides de Batimétal, étude qui sera suivie par des essais de traitements appropriés de ces rejets.

L'étude devrait aboutir à une diminution sensible de la charge polluante du milieu récepteur qui est le marais de Réghaïa.



UNITE : ..... Charpente et Galvanisation  
 ADRESSE : ..... Zone Industrielle de Rouiba (W. Boumerdes)

Date de Création ..... [ - Début chantier ..... 1959  
 - Début d'exploitation ..... 1962  
 - Nationalisation ..... le 08 . 02 . 1968 ]

STATUT JURIDIQUE ..... Public

SUPERFICIE ..... [ - Globale ..... 45,555 m<sup>2</sup>  
 - Batiments administratifs et ateliers .. 13000 m<sup>2</sup>  
 - Aire de stockage (non couverte) .... 17 100 m<sup>2</sup>  
 - Voies de circulation ..... 10 200 m<sup>2</sup>  
 - Surface non exploitable ..... 9 255 m<sup>2</sup> ]

ACTIVITE ET CAPACITE DE PRODUCTION [ - Fabrication pylônes haute et basse tension ...  
 8 750 T  
 - Fabrication supports B.S (bonts soudés) .....  
 32 000 T  
 - " armements ..... 950 T  
 - " caillebotis ..... 150 T  
 - Galvanisation ..... 12 000 T ]

EFFECTIF ..... 629 personnes.



I-3-1 - PROCEDE DE FABRICATION

Les différents processus technologiques exercés dans cette entreprise sont le décapage, le rinçage, le fluxage, le préchauffage et la galvanisation. Le cycle de ces opérations est représenté dans la fig. 1.

## a) Décapage

Tous les métaux ferreux présentent à l'air libre une couche externe oxydée (la calamine). Cet état de surface doit être modifié par décapage chimique avant de procéder aux opérations de fluxage et de galvanisation. Le décapage se fait en général à température ambiante avec l'acide chlorhydrique dilué à 55 % ( 2 ).

## b) Rinçage

Les pièces ( tuyaux d'irrigation, cornières, ballons, caillebotis, etc...) subissent après décapage un rinçage poussé à l'eau courante.

## c) Fluxage

Pour empêcher la réoxydation de l'acier décapé et le préparer à la galvanisation, les métaux sont trempés dans un bain composé d'un sel double : chlorure de zinc et chlorure d'ammonium ( densité de 36° Baumé ). Il s'agit dans cette opération d'un fluxage par voie humide.

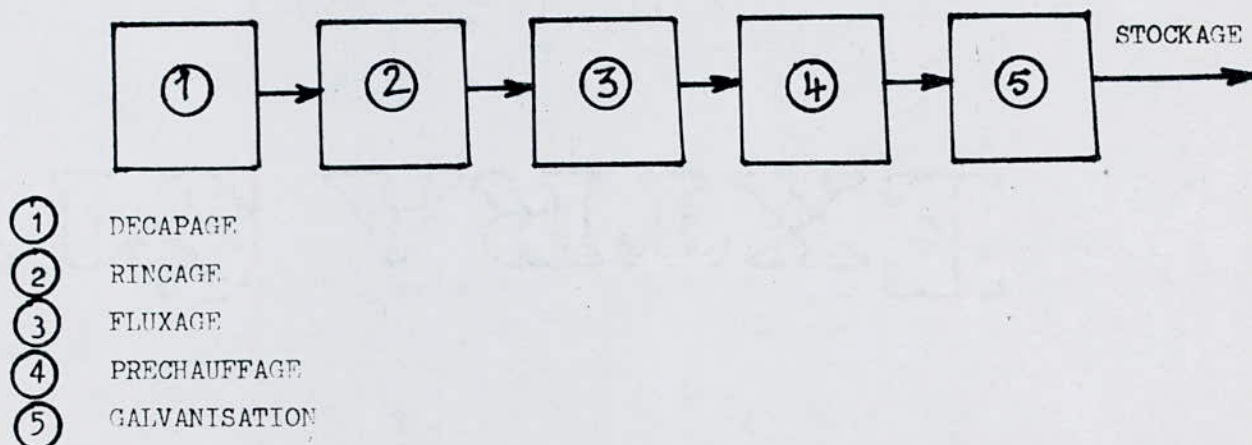
## d) Préchauffage

Afin d'éviter les projections de métal dues à l'immersion des pièces humides et froides dans le bain de zinc en fusion, les pièces à traiter subissent un préchauffage à 140°C ( 3 ).

## e) Galvanisation

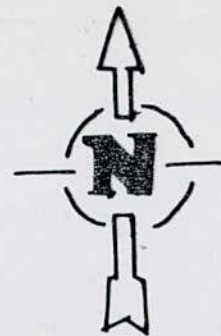
Lors de l'opération de galvanisation, on effectue sur la surface propre du métal un revêtement protecteur. Cette protection du fer et de l'acier contre l'oxydation se fait principalement par le zinc qui se caractérise par la parfaite adhérence sur la surface de contact et sa plus forte résistance cathodique à la corrosion (3, 4). En pratique, on immerge les pièces propres et préchauffées dans un bain de zinc en fusion contenant en plus certains additifs d'aluminium et de plomb.

fig. 1. SCHEMA DU PROCEDE DE FABRICATION DE L'UNITE BATIMETAL :



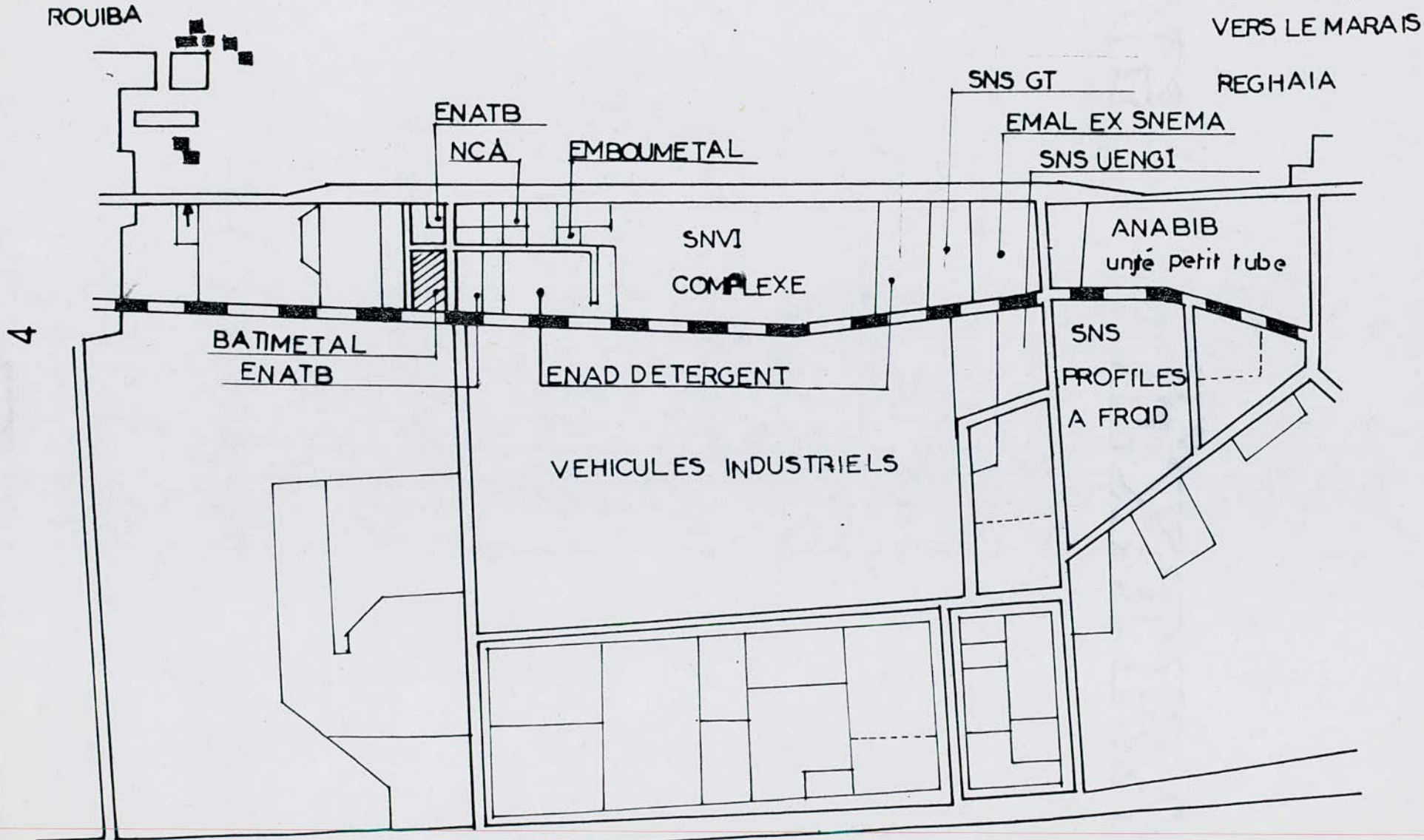
# ZONE INDUSTRIELLE ROUIBA-REGHAIA

Ech 1/20000 (Source ANAT)



VERS LE MARAIS

ROUIBA



I - 3 - 2.

5

PRODUITS CHIMIQUES UTILISES

L'unité BATIMETAL utilise pour une capacité de production de 12 000 tonnes/an, les produits chimiques suivants :

- Bains de décapage : 491 tonnes/an d'acide chlorhydrique concentré,
- Bain de fluxage : 44 tonnes/an de  $NH_4Cl$  44% et  $ZnCl_2$  56%
- Bain de galvanisation : 1 000 tonnes/an de zinc, 17 tonnes/an d'aluminium et 280 Kg/an de plomb.

En pratique, 50 tonnes de zinc avec les additifs de plomb et d'aluminium sont en fusion, chauffées à 460°C par une résistance électrique.

I - 3 - 3.

CONSOMMATION EN EAU

L'entreprise BATIMETAL consomme une quantité très importante qui est de 500 m<sup>3</sup>/mois. Cette quantité provient d'un château d'eau alimenté par le réseau urbain.

I - 3 - 4.

REJETS DE L'UNITE

Mise à part les rejets de vapeurs acides (HCl fumant), l'unité rejette un débit d'eau usée industrielle qui est de l'ordre de 280 m<sup>3</sup>/mois.

II.



ARTIE THEORIQUE

II - 1 -

POLLUTION DES EAUX PAR LES METAUX LOURDS

En environnement, on réunit sous le nom de métaux lourds on micropolluants minéraux, une série d'éléments qui occupent les cases centrales de la classification périodique et qui ont plus ou moins tous, soit à l'état d'élément, soit à l'état combiné, des propriétés toxiques et certains ~~produits~~ sont indispensables, car ils entrent dans la constitution des enzymes : le zinc dans les deshydrogénases, le magnésium dans les peptidase (5).

Cependant, si le milieu naturel est surchargé en métaux lourds, ils deviennent toxiques pour les animaux et les végétaux qui absorbent cet excès.

Chez l'homme, le seuil de toxicité des métaux lourds est d'autant plus bas que l'élément est moins utile. Ainsi le plomb, le mercure et le chrome sont les plus toxiques. Plusieurs métaux lourds sont la cause de maladies devenues classiques : maladie d'Hoffmann pour l'arsenic, maladie d'Itai-Itai pour le cadmium, maladie de Minamata pour le mercure (6).

D'autres métaux peuvent être des polluants dont l'action peut difficilement être mise en évidence par suite de leurs propriétés insidieuses.

De nos jours, les cours d'eau sont de plus en plus chargés en métaux lourds, le Rhin, fleuve sans doute le plus pollué d'Europe offre un bon exemple de la quantité de métaux lourds apportés à l'océan. On estime que ce Fleuve a charrié en 1972, 2 000 tonnes de cadmium, 3 000 tonnes de chrome, 1 000 tonnes d'arsenic et 2 000 tonnes de plomb (6).

II - 2 -

ORIGINE DE LA POLLUTION DES EAUX PAR LES METAUX LOURDS

En Algérie, comme de par le monde la majeure partie des industries responsables de l'intoxication des eaux par les métaux lourds appartient aux groupes suivants :

- Industrie de traitements de surface
- Atelier de petites mécaniques (anti-corrosifs anti-oxydants, sels métalliques, etc...)
- Tanneries - mégisserie

Les principaux ions métalliques présents dans les effluents de ces types d'industrie sont le cuivre, le plomb, le zinc, l'aluminium, le cadmium, le fer, le chrome et le mercure.

En ce qui concerne les industries galvanotechniques, le décapage, dont le but est d'éliminer les écailles et la rouille des surfaces métalliques, est l'une des sources de pollution de l'eau les plus importantes au stade du parachèvement (7). Après décapage à l'acide chlorhydrique, sulfurique, nitrique, fluorhydrique ou autre les produits sont lavés et séchés dans des appareils spéciaux. Ces opérations donnent deux types d'eaux résiduaires : les solutions épuisées des bains de décapage, qui ont perdu leurs propriétés décapantes, et l'eau de rinçage. Les liqueurs de décapages épuisées sont saturées en sels de fer, tandis que l'eau de lavage a une teneur en acides et en sels relativement faible.

Le tableau 1 donne les caractéristique polluantes des eaux de décapage et des eaux de rinçage. Le déversement des eaux résiduaires des ateliers de décapage dans les cours d'eau et les égouts est particulièrement dangereux en raison de la présence de concentrations d'acides et de sels de fer. Les principales formes de pollution de l'eau imputables au décapage sont les suivantes :

- transformation par hydrolyse des sels ferreux en hydroxydes ferreux insolubles qui, oxydés par l'oxygène dissous dans l'eau, se transforment en hydroxydes ferriques donnant un important précipité brunâtre.

- réduction de la teneur en oxygène dissous ce qui diminue le pouvoir auto-épuration du cours d'eau.

- action du dépôt ferrique sur la faune et la flore et prolifération des bactéries assimilant les matières ferrugineuses ( 7 ) .

- présence de fer en solution qui, même en petites quantités, rend l'eau impropre à bon nombre d'utilisations.

Suivant la nature de l'alliage traité, on rencontre dans les eaux de décapage aussi d'autres métaux lourds toxiques tels que le chrome, le zinc, etc. ( 8 ).

En pratique, les eaux résiduaires concentrées sont rejetées de façon intermittente lorsqu'on vide les bains après épuisement complet, les eaux de rinçage diluées coulent le plus souvent de manière uniforme. Le volume et la concentration dépendent entièrement du type d'atelier.

Outre les bains de décapage résiduaires et les eaux de rinçage, il faut mentionner aussi les liquides de suintement qui se perdent par suite de la non étanchéité des bacs utilisés pour le décapage pendant tout le temps où ils sont remplis, et qui selon la composition des bains décapants considérés, peuvent entraîner des quantités plus ou moins importantes d'acides et de sels.

TABLEAU 1 : Caractéristique des eaux résiduaires provenant du décapage à l'acide sulfurique et du décapage à l'acide chlorhydrique ( 7 ) :

Paramètres	rejet concentré	rejet dilué
pH	0 - 1,4	1,5 - 7
M.E.S.	640 - 2000 mg/l	15 - 60 mg/l
Fer	35 - 120 g/l	25 - 200 mg/l
Sulfates	65 - 220 g/l	50 - 500 mg/l
Chlorures	10 - 1600 mg/l	45 - 150 mg/l
Acide libre ( $H_2SO_4$ )	17 - 150 g/l	0 - 400 mg/l
pH	0 - 0,9	2 - 7
M.E.S.	40 - 60 mg/l	60 - 400 mg/l
Fer	14 - 105 g/l	10 mg/l - 1,5 g/l
Sulfates	50 - 1800 mg/l	50 - 150 mg/l
Chlorures	20 - 145 g/l	300 mg/l - 2,25 g/l
Acide libre ( HCl )	13 - 80 g/l	0 - 350 mg/l

## II-3 - EFFETS TOXIQUES DES METAUX LOURDS SUR L'ENVIRONNEMENT

L'un des problèmes les plus difficiles réside dans la fixation de la concentration maximale de diverses impuretés pouvant être admises dans les eaux résiduaires.

Les concentrations de toxiques exerçant une action néfaste pour certains organismes végétaux ou animaux dans l'émissaire peuvent être déterminées, jusqu'à un certain point par des essais et par l'expérience pratique.

Les organismes présentent toutefois une sensibilité extrêmement variable vis à vis des toxiques ( 3 ). La toxicité de certains ions par une espèce d'organisme peut être 1 000 fois plus élevée pour une autre espèce. Un bon nombre de toxiques peut être emmagasiné par les organismes, il peut toutefois en cas d'exposition prolongée, finir par provoquer de graves dégâts ( 9 ) .

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

Dans une eau douce, les métaux tels que le plomb, le chrome, le cuivre, le mickel, l'argent et le zinc ont une action beaucoup plus toxique que dans une eau dure ( 3 ).

Si plusieurs ions toxiques sont présents en même temps , leurs effets toxiques peuvent non seulement s'ajouter, mais ils peuvent aussi se multiplier.

Par exemple, si du zinc et du cadmium sont présents simultanément, les actions toxiques de ces deux ions s'additionnent. Si par contre, il existe du zinc ou du cadmium en présence du cuivre ou du mickel ; il se produit une multiplication de leurs effets toxiques. On parle dans de tels cas de phénomène de synergie ( 9 ).

Pour évaluer les effets toxiques d'une eau résiduaire, il faut tenir compte non seulement de son comportement dans l'émissaire vis à vis des poissons et des animaux dont ceux-ci se nourrissent, mais aussi de leurs comportements vis à vis des bactéries et autres organismes inférieurs, des végétaux et enfin des boues de stations d'épuration.

Dans les eaux contenant des matières humiques, l'influence de certains métaux lourds comme le cuivre, le plomb, le mercure, le chrome et le cadmium, ressort plus fortement. Par contre les matières humiques sont toutefois sans effet sur d'autres métaux notamment le zinc, le nickel et le cobalt ( 3 ).

En vertu de tous ces facteurs influençant la toxicité et d'autres facteurs comme la situation géographique, climatique et économique, les normes de rejets sont aussi variées que les pays qui les imposent.

Quelques exemples illustrant la situation actuelle sont donnés dans les tableaux 2, 3, 4 et 5. Pour les normes algériennes, il ne s'agit que de recommandations provisoires en attendant les textes officiels non encore divulgués.

TABLEAU 2 : Directives suisses concernant la qualité des eaux résiduaires à rejeter (3)

Substance polluante	Valeur limitée pour le rejet	
	En émissaire	En réseau d'égout
pH	6,5 - 8,0	6,5 - 9,0
Aluminium	10 mg/l	-
Baryum	10 mg/l	1 mg/l
Plomb	1 mg/l	1 mg/l
Cadmium	1 mg/l	1 mg/l
Chrome ( III )	2 mg/l	2 mg/l
Chrome ( VI )	0,1 mg/l	0,1 mg/l
Fer	1 mg/l	Valeur plus élevée
Cuivre	1 mg/l	1 mg/l
<del>Etse</del>		
Zinc	2 mg/l	2 mg/l

// ABLEAU 3 : Réglementation anglaise (10)

Matières nuisibles	Décharge dans des rivières piscicoles	Décharge dans des rivières industrielles	Décharge en égouts
p H	5 - 9	5 - 9	5 - 10
Matières Solides	30 p. p. m.	4 p.p.m.	400 - 1400 p.p.m.
Cyanures	0,1 - 0,2 p.p.m.		2 - 10 p.p.m.
Métaux toxiques	0,5 - 1 p.p.m.	1 p.p.m.	1 - 5 p.p.m.
Chlore libre	1 p.p.m.	1 p.p.m.	pas de limite
Huiles et graisses	4 - 10 p.p.m.	10 p.p.m.	400 p.p.m.

// ABLEAU 4 : Normes de rejets en R.F.A (10)

Substance polluante	Evacuation dans les égouts	Evacuation dans les eaux de surface
p H	6,5 - 9,5	6,5 - 9,0
Métaux (en mg/l)		
- Chrome (Cr)	4	2
Chromates (Cr - VI)	0,5	0,5
- Cuivre (Cu)	3	1
- Nickel (Ni)	5	3
- Zinc (Zn)	5	3
- Fer (Fe)	(*)	2
- Cyanides (Cn)(**)	1	0,1

(\*) Dans le cas d'évacuation dans les égouts, la teneur en fer ne peut, en aucun cas, perturber le fonctionnement de la station d'épuration.

(\*\*) Dégradable par le Chlore.



TABLEAU 5 : Normes de rejets en Algérie (\*)

Paramètres	Valeurs limites (maximales) mg/l
p H	6,5 - 8,5
Température	30 °C
M. E. S.	20
D. B. O <sub>5</sub>	30
D. C. O.	90
Aluminium	2
Argent	0,1
Cadmium	0,01
Chrome Total	2
Fer	1
Plomb	0,1
Zinc	2
Salinité	-
Cuivre	0,1

(\*) Source : Le Centre d'Etude et de Réalisation en Urbanisme (L'URBASE).

## II-3-1 - EFFETS TOXIQUES DU ZINC

### II-3-1-1 - SUR LES POISSONS

Parmi tous les organismes aquatiques, ce sont certainement les poissons qui sont les plus sensibles au zinc. La sensibilité des poissons varie selon l'espèce, l'âge et la condition des organismes, ainsi que des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Pour la plupart des poissons testés, la concentration létale se situe entre 0,01 mg/l et 10 mg/l pour le zinc.

D'une manière générale, ce sont les oeufs et les stades larvaires des poissons qui présentent la plus grande sensibilité au zinc.

Les chlorures et les sulfates de zinc, du fait de leur très grande solubilité dans l'eau, sont les composés qui présentent le plus de dangers pour la vie piscicole.

La période moyenne de survie de la truite arc en ciel exposée à une concentration de 7 mg/l de zinc est de 220 minutes pour une dureté de 12 mg/l de CaCO (pH: 6,6 - 6,7) et 470 minutes pour une dureté de 320 mg/l de CaCO (pH : 7,6 à 7,8).

Donc le zinc est plus toxique en eau douce qu'en eau dure ( 5 ).

Le zinc s'accumule principalement dans le foie et les reins des poissons contaminés, l'accumulation étant plus importante au niveau des reins que du foie. On trouve également une certaine quantité de zinc au niveau des ouies mais par contre très peu dans la chair et le squelette des poissons.

L'exposition au zinc abaisse le nombre moyen des globules blancs dans le sang des poissons, cet effet n'étant significatif que pour concentrations de zinc correspondant à la moitié ou plus de la concentration létale. La réduction du nombre de globules est imputée à la diminution des petits lymphocytes en circulation. Le nombre de globules rouges ne varie pas.

La réduction de lymphocytes dans le sang des poissons exposés au zinc peut résulter en un affaiblissement de leur résistance à des agents pathogènes, tels les virus.

Les lésions vertébrales sont le signe le plus évident d'une contamination des poissons par le zinc ( 5 ).

Il suffit de 25 mg/l de sulfate de zinc pour provoquer la mort chez *Salmo-gardneri* en 133 minutes, une quantité de 10 mg/l s'est montrée mortelle pour des truites, après un temps de contact de 30 heures.

S'il y a présence simultanée de sels de cuivre, les effets toxiques s'additionnent.

L'addition de chlorure de calcium a pour conséquence une diminution de l'effet toxique ( 9 ).

### II-3-1-2 - SUR LES VEGETAUX ( 9 )

Les sels de zinc provoquent, chez les végétaux, une détérioration de l'appareil chloroplastique, et, par suite, compromettent l'activité d'assimilation. Une dose de 1 mg/l de zinc sous forme de sel soluble est inoffensive pour tous les végétaux ; une quantité de 2,0 à 3,3 mg/l de zinc influe défavorablement sur la croissance en longueur et 5,0 mg/l de zinc représentent la limite de toxicité sans exception.

En dilution plus forte, par contre, les sels de zinc ont une action favorable sur la croissance des plantes.

L'ion  $Zn^{2+}$  a un effet stimulant sur la croissance végétative des végétaux inférieurs

et sur la germination des graines, mais par contre, il influe toujours dans un sens défavorable sur le développement des plantes vertes.

En présence de fer, l'effet toxique du zinc est atténué.

#### II-3-1-3 - SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS

Le zinc, à des concentrations de l'ordre de 50 p.p.b., réduit notablement l'activité hétérotrophique de la microflore des cours d'eau sans toutefois réduire le nombre de micro-organismes. D'autre part, le cuivre et le zinc ont un effet synergique sur l'inhibition de cette activité. Une concentration de 136 mg/l de zinc entraîne une réduction de 50 % de l'activité des micro-organismes, assurant la digestion des boues.

Le zinc présente un effet toxique vis à vis des protozoaires et des bactéries.

Une concentration de zinc de 62,5 mg/l diminue de 50 % la D.B.O<sub>5</sub> des cours d'eau. Pour une concentration de l'ordre de 1 mg/l, le zinc a un effet stimulant vis à vis des bactéries nitrifiantes, alors qu'il présente un effet d'inhibition pour une concentration de 10 mg/l ( 5 ).

Des phénomènes d'intoxication apparaissent pour des quantités supérieures à 20 mg/l. Il se produit un ralentissement des processus biologiques dans l'eau, se traduisant par une diminution de la respiration aérobie et une forte perturbation de l'assimilation de l'azote ( 9 ).

#### II-3-1-4 - SUR LES HOMMES

Le zinc présente un effet gênant en ce sens qu'il confère à l'eau de boisson un goût désagréable qui peut être détecté selon les personnes pour des concentrations de zinc comprises entre 4,3 et 8,6 mg/l. Selon l'O.M.S., la concentration limite de zinc pour une eau potable est de 15 mg/l.

Si le zinc présent, dans l'eau ne semble pas affecter la santé de l'homme, il n'en est pas de même des fumées de zinc et principalement d'oxyde de zinc. Celles-ci, quand elles sont inhalées par l'homme, peuvent occasionner une fièvre qui n'est cependant pas fatale. Les fumées de chlorure de zinc sont très modérément toxiques pour l'homme ( 5 ).

Les quantités de zinc se trouvant dans les eaux de distribution proviennent généralement des canalisations de laiton ou de fer galvanisé.

L'appoint quotidien chez l'adulte est de 10 à 15 mg par 24 heures. Du point de vue physiologique et sans que la toxicité puisse entrer en jeu, il apparaît surtout que le zinc toléré dans l'eau est rapidement limité par le goût désagréable des sulfates de zinc au dessous de 5 à 10 mg/l ( 11 ).

### II-3-2 - EFFETS TOXIQUES DU FER

#### II-3-2-1 - SUR LES POISSONS

Vis à vis des poissons, la toxicité du fer dépend du pH et est liée au dépôt d'hydroxyde ferrique sur les branchies.

Le seuil est de 0,9 mg de fer à pH supérieur à 6,5. Une exposition prolongée des truites juvéniles à des taux d'hydroxyde de fer de 12,25 et 50 mg/l résulte en une mortalité accrue des individus entre le 9ème et le 13ème mois d'exposition.

Le fer, à une concentration de 0,52 mg/l cause la mort d'oeufs de poissons incubés. Celle-ci résulte d'une précipitation du fer sous forme d'oxydes sur la membrane de l'oeuf. Il est certain que le fer peut être très toxique pour les poissons d'eau douce, cette toxicité ne se manifestant cependant que pour des concentrations élevées en fer et après un temps d'exposition suffisamment long ( 7 ).

### II-3-2-2 - SUR LES VEGETAUX

Le sulfate du fer subit, dans l'eau et le sol, une décomposition par hydrolyse et une oxydation. Il se forme par conséquent un dépôt d'hydroxyde ferrique dans le sol et un lessivage des sels de calcium et de potassium.

Dans l'émissaire, les eaux résiduaires contenant du sulfate de fer provoquent surtout des envasements et des modifications dans la composition chimique du sol.

Lorsqu'on irrigue des prairies avec des eaux renfermant du sulfate de fer, on voit disparaître graduellement les diverses espèces de trèfle et les herbes douces, qui sont remplacées par des prêles, des herbes acides et des monsses.

### II-3-2-3 - SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS ( 9 )

Le sulfate de fer est relativement peu toxique. Après 24 heures de séjour dans des solutions de sulfate de fer à 1 g/l, la moitié environ des cellules de Spirogyres étaient détruites de façon incontestable ; la solution à 100 mg/l avait une action 20 fois plus faible. Au bout de 6 jours, cependant, les algues, même dans cette solution, avaient péri pour plus de la moitié, par contraction du tube plasmatique, et avaient pris une coloration bleu-noir.

En solution de chlorure ferrique à 0,1 g/l, des Spirogyres n'étaient pas tuées en 12 heures, mais les filaments présentaient toutefois une tendance à se désagréger en fragments isolés. Au bout de 6 jours, un très grand nombre de cellules étaient mortes.

Pour les levures, la concentration mortelle du sulfate de fer se situe entre 0,2 et 0,5 %.

Ce sel fait donc partie du groupe des toxiques puissants vis à vis des levures.

### II-3-2-4 - SUR LES HOMMES ( 11 )

Etant donné les quantités importantes apportées par l'alimentation ( viande, 20 à 40 mg/kg ; poisson, 10 mg/kg ; lait, 1 à 4 mg/kg ; pain 20 à 40 mg/kg ; fruits et légumes, 5 à 10 mg/kg ) le fer de l'eau ne présente aucun inconvénient au point de vue physiologique. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j, mais 60 à 70 % seulement de la quantité ingérée par les aliments sont métabolisés.

Les normes européennes ont adopté comme concentration limite approximative le chiffre de 0,1 mg/l, la réglementation française celui de 0,2 mg/l et les normes américaines 0,3 mg/l ; 0,4 mg/l peut être considéré comme une limite supérieure.

## II-3-3 - EFFETS TOXIQUES DU CHROME

### II-3-3-1 - SUR LES POISSONS

Après un temps de contact de 6 heures dans l'eau distillée à 21°C, 130 à 160 mg/l de sulfate de chrome ont une action toxique sur le Vaison.

Il ressort que les sels de Cr ( III ) en concentrations inférieures à 20 mg/l de chrome, ne sont plus toxiques pour les poissons.

Les sels Cr ( III ) sont d'autre part moins toxiques que les sels chromiques vis à vis des poissons.

### II-3-3-2 - SUR LES VEGETAUX ( 9 )

L'action toxique des sels chromiques sur les végétaux se manifeste par un dépressement général de toutes les parties du végétal, et par une destruction graduelle de l'appareil chlorophyllien. Les composés de chrome trivalent sont toutefois infiniment

moins toxiques que les sels de l'acide chromique.

#### II-3-3-3 - SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS

Le chromate de potassium a sur les algues une action forte et très rapide. A des dilutions de 0,1 à 0,001 %, il ne permet plus aux levures de se développer, tandis que certaines bactéries poussent très misérablement à 0,005 %, et un peu mieux à 0,0001 %. Le seuil de toxicité du chromate de potassium pour les bactéries se trouve à une concentration de 2 mg/l.

La présence de 1 mg/l de chromate compromet le rendement d'épuration d'installations biologiques; les processus de nitrification s'arrêtent lorsque la teneur en chrome dépasse 0,9 mg/l ( 9 ).

L'efficacité de l'épuration dans un bassin d'oxydation est réduite de 50 pour une concentration de 5 mg/l de chrome hexavalent alors qu'elle n'est réduite que de 20 % pour une même concentration de chrome trivalent ( 10 ).

#### II-3-3-4 - SUR LES HOMMES

Pour la santé de l'homme, le plus important danger relié au chrome se retrouve dans l'industrie où le chrome ( VI ) a été reconnu comme ayant une action néfaste sur les voies respiratoires (ulcération de la muqueuse nasale, perforation du septum nasal, cancer des voies pulmonaires) et sur la peau. On considère le chrome (III) comme étant moins dangereux, son effet principal étant une forme de dermatite de contact chez les sujets sensibilisés au chrome.

L'ingestion de composés de chrome hexavalent peut provoquer une importante irritation du tube gastro-intestinal se traduisant par des fortes douleurs épigastriques, des nausées, des vomissements, une importante diarrhée et des hémorragies. Un collapsus circulatoire, une perte de connaissance et la mort peuvent résulter quand les doses sont importantes ( 10 ).

#### II-3-4 - EFFETS TOXIQUES DU PLOMB

##### II-3-4-1 - SUR LES POISSONS ( 12 )

Le plomb a deux voies de pénétration dans les poissons : au niveau des branchies d'une part, et par voie intestinale d'autre part.

Dans une eau contenant des sels de plomb, il se forme un film de mucus coagulé, d'abord sur les branchies, et puis sur tout le corps du poisson, ce film résulte probablement d'une réaction entre le plomb et un constituant organique du mucus. La mort du poisson résulte d'une asphyxie.

##### II-3-4-2 - SUR LES VÉGÉTAUX ( 9 )

Des légères additions de sels de plomb au sol favorisent les processus de nitrification, mais l'ammoniation, par contre, est inhibée. Le plomb ralentit la croissance des racines et provoque une nette atténuation de la respiration. Son action est toutefois moins toxique que celle des sels de zinc.

L'effet dépend de la nature du végétal, de l'état du terrain, et du type de composé de plomb.

La détérioration est probablement plus accentuée en terrain acide que dans un sol neutre ou alcalin.

##### II-3-4-3 - SUR LES ORGANISMES INFÉRIEURS ( 9 )

Les micro-organismes qui effectuent la dégradation aérobie des matières organiques présentent des symptômes d'intoxication, quand la concentration atteint ou dépasse le chiffre de 0,1 mg/l. L'effet toxique vis à vis des Flagellés et des Infusoires débute vers 0,5 mg/l, vis à vis des bactéries nitrifiantes vers 0,5 à 1,0 mg/l, et vis à vis d'autres bactéries vers 1 mg/l.

## II-3-4-4 - SUR LES HOMMES ( 12 )

Le plomb n'est pas un élément essentiel à la vie et est, au contraire, considéré jusqu'à maintenant comme un poison. Il est reconnu qu'il s'accumule dans l'organisme et le meilleur indicateur de contamination de l'homme par le plomb est certainement la teneur trouvée dans les os puisque c'est dans le squelette que le plomb se concentre le plus.

L'augmentation des taux de plomb dans le sang et dans l'urine sont les signes les plus immédiats et les plus spécifiques de l'augmentation de l'absorption du plomb.

Pour des valeurs supérieures à 800  $\mu\text{g/l}$  de sang des symptômes apparaissent.

Trois formes de saturnisme sont reconnues à l'heure actuelle. " La forme la plus commune se manifeste par un dérèglement léger ou sérieux de l'appareil digestif, qui se traduit par la perte de l'appétit, la constipation, des coliques ou des crampes abdominales ( qui en sont la caractéristique principale ) accompagné de maux de têtes, d'une faiblesse générale, de fatigue et de malaise. Une deuxième forme, beaucoup moins fréquente aujourd'hui, est le syndrome neuromusculaire, caractérisé par la faiblesse et un certain degré d'atrophie des muscles extenseurs des avant-bras, ou par la paralysie de ces muscles et par une atrophie beaucoup plus frappante. La troisième forme est l'encéphalopathie due au plomb qui survient fréquemment dans les cas de saturnisme chez les jeunes enfants, mais qui se produit rarement dans les cas de saturnisme industriel ".

L'imprégnation plombique se révèle également par l'apparition au niveau des gencives d'un liseré gris dénommé " liseré de Burton ", ce symptôme étant l'un des meilleurs éléments de diagnostic d'une intoxication saturnine.

Notons enfin que dans les eaux potables, la concentration maximale admissible fixée par l'O.M.S est de 0,05  $\text{mg/l}$ .

### II-4 EFFETS TOXIQUES DES EAUX ACIDES

Une légère teneur des eaux en acides compromet les processus biologiques qui s'accomplissent lors de l'épuration.

A pH = 6, l'épuration biologique des eaux marque une très forte régression, elle disparaît totalement à pH = 5,5.

En outre, au bout d'une assez longue période de contact, une teneur de l'eau en acide provoque des détériorations dans les ouvrages maçonnés et les constructions en métaux ferreux. Les canalisations en béton des réseaux d'égouts sont dissoutes graduellement par les acides ( 3 ).

### II-5 DETOXICATION DES EAUX RESIDUAIRES DE LA GALVANOTECHNIQUE

Les eaux résiduaires issues des industries galvanotechniques sont en général des eaux acides, chargées de métaux lourds. Leur détoxication se fait par voie chimique qui consiste à neutraliser ces eaux et à faire précipiter les métaux lourds sous forme d'hydroxydes insolubles.

#### II-5-1 NEUTRALISATION

Ce terme concerne tous les traitements destinés à ramener une eau acide ou basique à un pH voisin de 7. La neutralisation des eaux résiduaires acides se fait au moyen d'alcalis ( soude caustique, chaux, carbonate de sodium ) que l'on peut mettre en oeuvre sous les formes les plus diverses .

La neutralisation d'eau résiduaire acide ou basique constitue la réaction la plus importante de détoxication. Elle est largement utilisée dans le traitement des eaux résiduaires des industries galvanotechniques.

La neutralisation des eaux résiduaires répond a deux buts :

- amener les eaux résiduaires à un pH ne présentant pas de danger pour le processus biologique ; le pH idéal varie de 7,5 à 8,5.
- convertir les métaux lourds toxiques en hydroxydes très peu solubles ou en plus basiques, ce qui permet de les éliminer des eaux résiduaires ( 3 ).

## II-5-2 PRECIPITATION

La précipitation chimique consiste à convertir par action de réactifs appropriés, les éléments indésirables dans une eau en de composés insolubles ( 13 ). Ces insolubles peuvent être par la suite éliminés par séparation.

La précipitation à la chaux est la méthode la plus couramment employé car elle donne généralement de bons résultats pour l'élimination des composés métalliques et est relativement peu onéreuse. La formation des hydroxydes métalliques nécessite un pH alcalin de l'ordre de 10 ( 5 ).

Les métaux lourds cadmium, cuivre, nickel, zinc, fer que l'on retrouve en particulier dans les effluents des ateliers de traitement de surfaces, ont la propriété de précipiter à l'état d'hydroxydes dans une zone de pH caractéristique de chacun d'eux.

Cette zone de précipitation pour les divers métaux est très variable, et s'écarte surtout notablement du point de neutralisation ( 3 ). Le tableau 6 montre la zone du pH pour la précipitation de certains métaux lourds et met en évidence le caractère amphotère de certains hydroxydes.

### II-5-2-1 : INFLUENCE DU pH SUR LA PRECIPITATION

L'un des facteurs le plus important qui a une influence sur l'effet de la précipitation est le pH.

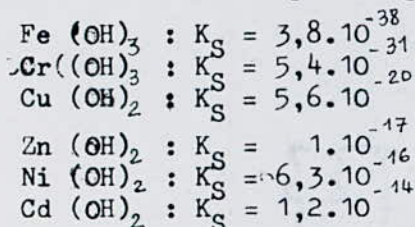
La précipitation des hydroxydes métalliques peu solubles dépend de l'ion précipitant  $\text{OH}^-$ , dont la concentration est d'autant plus grande que le pH de la solution est plus élevé.

Il faut remarquer que dans ce cas l'ion qui provoque la précipitation est l'ion  $\text{OH}^-$  et que la concentration de cet ion est liée à celle des ions  $\text{H}^+$  par la relation :

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = (\text{H}^+) (\text{OH}^-) = K_e = 10 \quad (\text{à } 22^\circ\text{C})$$

Il est clair que plus l'hydroxyde est soluble, plus la concentration des ions  $\text{OH}^-$  nécessaire pour dépasser son produit de solubilité est grande, et plus le pH du début de précipitation est élevé ( 14 ).

Ceci est illustré par le graphe n° 1 et les produits de solubilité suivants :



Dans le cas des eaux acides, la précipitation des hydroxydes débute à une certaine limite inférieure de pH, et est pratiquement totale à une limite supérieure.

// ABLEAU 6 : ZONE DE pH DE PRECIPITATION DE DIFFERENTS METAUX (3).

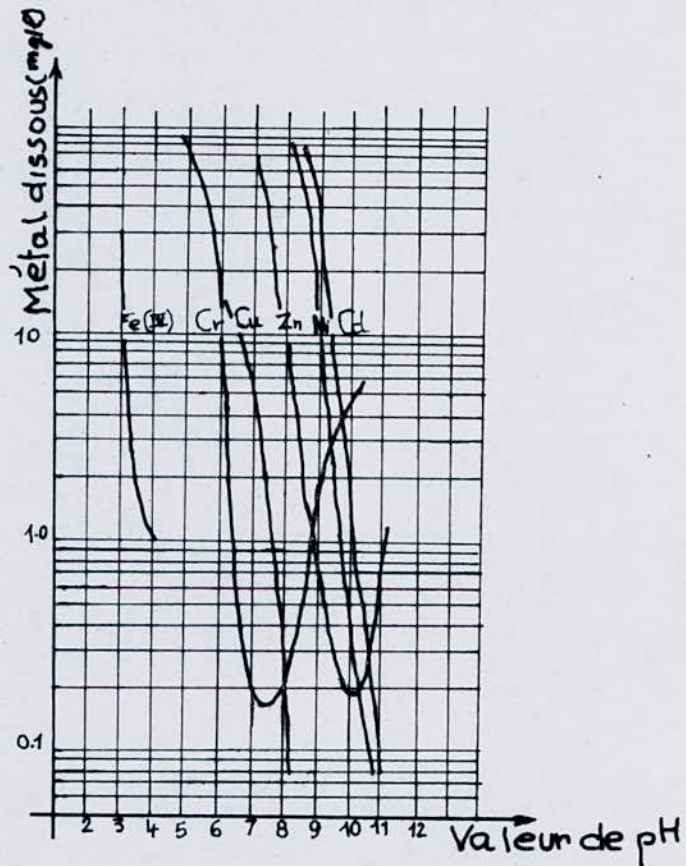
Ion métallique	Valeur de pH				Valeur prise comme base pour la précipitation quantitative (2)
	Début de précipitation	Précipitation quantitative	redissolution	réactif de précipitation (1)	
Fe <sup>3+</sup>	2,8	3,5	-	N K S	2 mg/l
Sn <sup>2+</sup>	3,9	Colloïdal	10,6	N	-
Al <sup>3+</sup>	4,3	4,8	8,5	N K S	2 mg/l
Cr <sup>3+</sup>	5,5	6,3; 6,5	9,2	N S	2 mg/l
	5,5	6,3; 6,5	-	K	-
Be <sup>2+</sup>	5,8	non mesuré	-	N S	-
Cu <sup>2+</sup>	5,8	7,5	-	N K	1 mg/l
	5,8	8,5	-	S	-
Zn <sup>2+</sup>	7,6	8,3	11	N	3 mg/l
	7,4	7,9	11	S	-
	7,6	8,3	-	K	-
Fe <sup>2+</sup>	non mesuré	Environ 9	-	N	-
Ni <sup>2+</sup>	7,8	9,3	-	N K S	3 mg/l
Pb <sup>2+</sup>	7,0	9,5	-	N K	1 mg/l
	5,5	6,5	9,0 Colloïdal	S	-
Cd <sup>2+</sup>	9,1	9,5; 9,8	-	N K	3 mg/l
Ag <sup>+</sup>	7,0	7,2	-	S	-

- (1) N = Soude caustique  
 K = Chaux  
 S = Carbonate de soude

- (2) encore en solution



GRAPHE N° 1 : ALLURE DE LA PRECIPITATION DES PRINCIPAUX  
METAUX ( PRECIPITATION ISOLEE ) (3)  
( D'après H. Schlegel )



C U  
INFLUENCE DE LA FORMATION DES COMPLEXES  
SUR LA PRECIPITATION

Divers complexants, comme les tartrates, les citrates, que l'on utilise parfois dans les bains de décapage ou des bains galvaniques, empêchent la précipitation des métaux lourds sous forme d'hydroxydes, par suite de la formation de complexes solubles (3).

II est à noter que non seulement la valeur de la concentration en ion précipitant joue un rôle important dans l'équation du produit de solubilité, mais aussi la concentration en ion précipité.

C'est par dissimilation qu'on arrive à arrêter complètement la précipitation ou la rendre incomplète.

La dissimilation est la diminution de la concentration en ion précipité dans la solution par fixation de ce dernier par un ion complexe quelconque peu dissocié (14).

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA PRECIPITATION

La précipitation est déterminée en premier lieu par la valeur du produit de solubilité du précipité. Mais la valeur n'est constante qu'à une température donnée.

Si la température varie, la valeur du produit de solubilité du précipité se modifie également; la variation de solubilité en fonction de la température est due à l'effet thermique de la dissolution.

Pour la majorité des sels, la dissolution est une réaction endothermique. La solubilité de ces sels conformément au principe de Lechatelier, doit augmenter avec l'accroissement de la température. Au contraire, dans le cas où la dissolution est exothermique, la solubilité diminue avec l'augmentation de la température (13).

SEPARATION DES BOUES DE NEUTRALISATION

Aussi bien dans la transformation des matières premières par l'industrie que lors du traitement des eaux résiduaires, il y a production des boues et de résidus boueux.

Ces boues sont de composition variable selon leur origine, elles possèdent des propriétés différentes, et nécessitent le plus souvent un traitement variable.

Ces boues se caractérisent par une teneur très élevée en eau 98 à 99 %.

L'élimination des boues d'hydroxyde des eaux résiduaires se fait par décantation ou sédimentation mais, même cette opération est difficile à réaliser et nécessite parfois l'ajout des flocculants.

F L O C U L A T I O N

L'action des flocculants est basée sur le fait que les valences libres de ces corps agissent directement sur les particules solides en suspension et les ralentissent, ce qui provoque un grossissement des flocons et favorise leur précipitation. II existe plusieurs sortes des flocculants; les uns plus efficaces que les autres, dont certains sont solubles dans l'eau.

A des températures inférieures à 16° C, l'effet des flocculants diminue, et il faut une plus grande quantité pour obtenir le même résultat.

Les flocculants agissent durant la première phase du processus de décantation, et produisent une agglomération rapide des précipités et une sédimentation accélérée (13).

Comme flocculants on utilise souvent les sels de fer et d'aluminium.

## II - 5 - 3 - 2.

### DECANTATION

Vu le poids spécifique des boues très proche de celui de l'eau, les boues décantent très lentement, on parlera :

- D'épaississement : si les boues contiennent entre 100 et 85 % d'eau.
- Déslydratation : Si les boues contiennent entre 85 et 65 % d'eau.
- Séchage : Si les boues contiennent entre 65 et 30 % d'eau.

Il existe des boues qui ont un comportement thixotropique, ce qui signifie qu'au repos elles sont visqueuses (85 à 92 % d'eau) ou pâteuse (80 à 85 % d'eau), mais si on les agite on les secoue elles se liquifient immédiatement.

La décantation des boues peut être favorisée par un léger mouvement, non turbulent du liquide au moyen d'agitateur avec une durée de décantation de 4 à 5 heures; on peut compter sur une clarification suffisante des eaux résiduaires.

Pour faire sécher les boues décantées, on les fait passer dans des lits de séchage (9).

Le séchage des boues présente des difficultés particulières car les sédiments provenant du traitement des eaux résiduaires confèrent à ces boues une haute capacité de rétention d'eau, l'élimination de cette eau demande un temps relativement long.

La réalisation des lits de séchage exige de vastes superficies, vu ce problème, on fait appel à d'autres procédés, comme la filtration.

## II - 5 - 3 - 3.

### FILTRATION

La filtration des boues fluides se faisait très souvent au moyen de filtres à précouches ou l'aide de filtres sous vide.

La filtration immédiate d'eaux résiduaires traitées chimiquement sans décantation préalable, est aujourd'hui fréquemment pratiquée.

On parle de filtration directe lorsque l'eau résiduaire après détoxification et neutralisation ne subit pas d'autres traitements sauf peut-être l'addition des flocculants.

L'encombrement plus réduit est un grand avantage de la filtration directe par rapport au bassin de décantation ou à une combinaison de décanteur (3).

Les boues solides sont les boues obtenues après filtration ou prise des lits de séchage, ces boues contiennent une teneur en solides, malgré cela, elles représentent toujours un produit encombrant vu le problème de transport et de stockage.



## III - 1.

Prélèvements

Afin d'évaluer la charge polluante des rejets de l'unité BATIMETAL, nous avons jugé utile de faire des prélèvements séparés aux points portés sur la fig. 2. II s'agit donc de prélèvements :

- Au niveau des bains de décapage : ①
- Au niveau de bain de rinçage : ②
- Au niveau de la fosse de neutralisation : ③

On a procédé à des prélèvements manuels; les échantillons ont été transportés dans des flacons en PCV, et durant le transport, ils furent conservés dans une glacière à 4°C.

L'analyse des paramètres tels que le pH, la conductivité, la demande chimique en oxygène, les matières en suspension et décantables, ont été effectués immédiatement dès l'arrivée au laboratoire.

Pour l'analyse des autres paramètres, les échantillons furent conservés dans un réfrigérateur maintenu à 4°C.

## III - 2.

CRITERES ANALYTIQUES

Pour la détection et la quantification de la pollution des rejets de l'unité BATIMETAL et leur traitement, nous avons opté pour l'analyse des paramètres suivants :

- La température
- Le pH
- Le titre alcalimétrique complet (T.A.C.)
- Le titre alcalimétrique simple (T.A.)
- Les métaux lourds (fer, plomb, zinc et chrome)
- Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)
- La conductivité
- Les matières en suspension (M.E.S.)
- Les matières décantables (M.D.)
- La demande biochimique en oxygène (D.B.O.)
- La demande chimique en oxygène (D.C.O.)

III - 2 - 1. LA TEMPERATURE

C'est une caractéristique physique importante qui a une influence sur l'activité biologique, sur les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (cristallisation et solubilité de sels métalliques).

Les variations importantes de température affectent tous les processus biologiques où la température optimale pour l'activité se situe entre 25 et 30°C (15).

III - 2 - 2. LE pH

Le pH est un facteur important car il détermine la limite d'une auto-épuration biologique et définit le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du béton des métaux de canalisation avec entrainement de plomb par exemple (15).

Un pH plus élevé, peut conduire à des dépôts incrustants dans les réseaux d'évacuation. II possède en outre une grande influence sur la précipitation des métaux lourds.

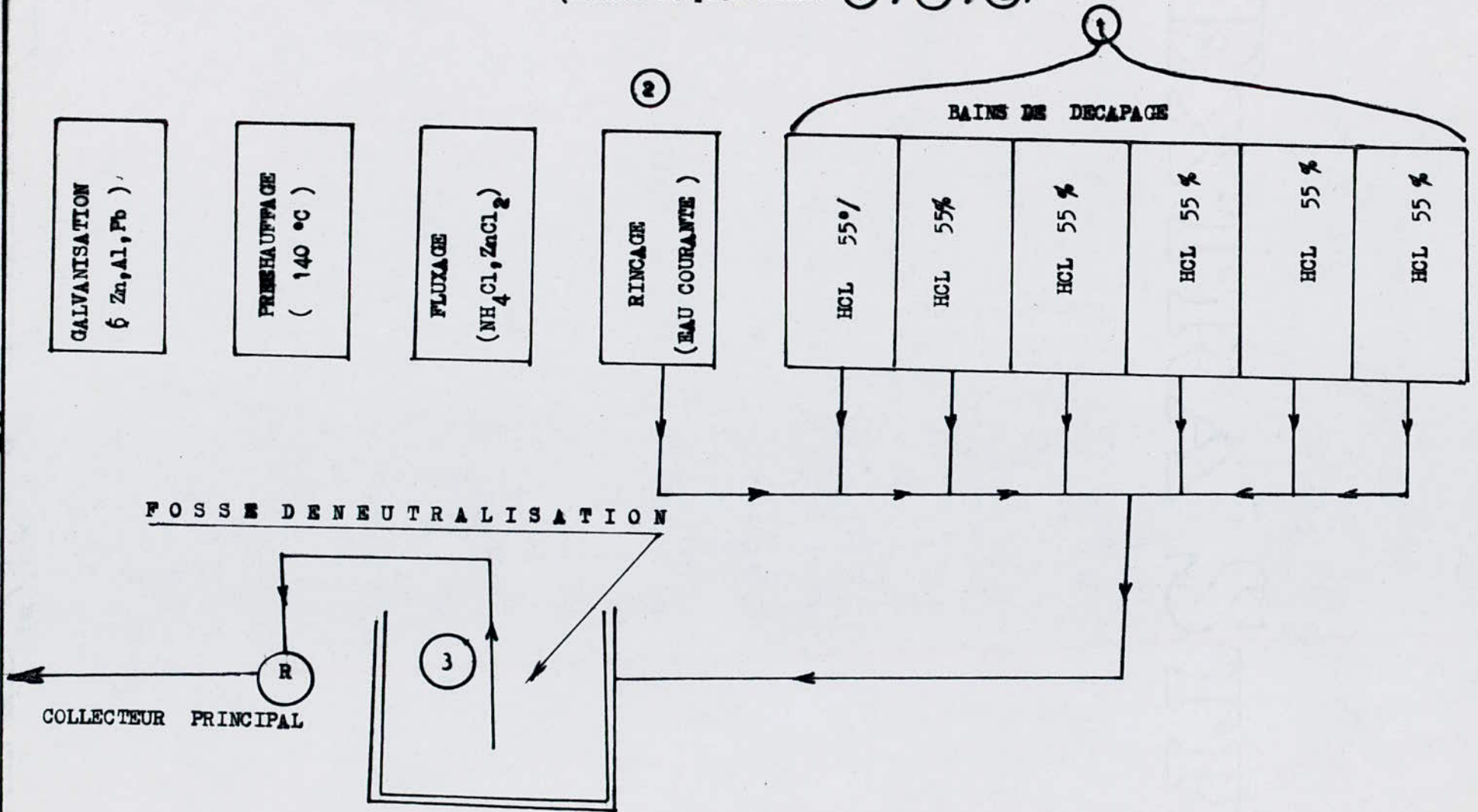
Pour les eaux résiduaires, la mesure du pH doit s'effectuer sur place, par la méthode électrométrique.

Les mesures du pH on été faites au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre.

Fig.2 .

SCHEMA GENERAL DE TIMETAL

(Points de prélèvement ①, ②, ③)



III - 2 - 3. LES TITRES ALCALIMETRIQUES SIMPLE ET COMPLET (T.A. ET T.A.C.)

La détermination du T.A. et du T.A.C. permet d'évaluer les teneurs en bicarbonates, en carbonates et en hydroxydes alcalins et alcalino-terreux.

La décoloration de la phénolphtaléine se produit dès que le pH est inférieur à 8,3, c'est à dire lorsque l'anhydride carbonique à l'état libre commence à apparaître dans la solution. Les réactions suivantes sont alors complètes :

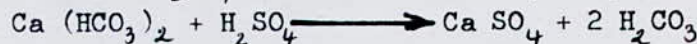


La troisième réaction commence seulement à se produire :



Le T.A. permet donc de connaître la teneur en hydroxydes, la moitié de la teneur en carbonates et un tiers environ des phosphates présents.

Le virage du méthylorange se produit dès que le pH est inférieur à 4,5, c'est à dire dès qu'un excès d'acide fort commence à apparaître. Les réactions suivantes sont alors complètes :



Ainsi le T.A.C. donne la teneur totale en hydroxydes, carbonates, bicarbonates alcalins et alcalino-terreux (16).

La détermination du titre alcalimétrique simple est effectuée par volumétrie par contre le titre alcalimétrique complet est déterminé par potentiométrie.

III - 2 - 4. LES METAUX LOURDES

Certains métaux lourds ont des effets bénéfiques, du moins à faible concentration (cas des oligo - éléments).

(Cependant, à concentrations plus élevées; ils peuvent devenir toxiques.

Parmi les métaux les plus toxiques et les plus dangereux il faut retenir l'argent, le sélénium, le mercure, le plomb et le chrome. Il importe de doser ces éléments avec précision dans les eaux naturelles ou usées, ainsi que dans l'eau potable afin de s'assurer que les normes sont respectées.

Une analyse qualitative des métaux lourds doit être toujours effectuée avant d'entamer l'analyse quantitative.

III - 2 - 4 - 1 ANALYSE QUALITATIVE

L'analyse qualitative des métaux lourds dans la solution à étudier est une opération qui nous permettra d'éviter les dosages inutiles; pour cela nous avons analysé qualitativement les éléments qui peuvent être présents dans l'eau résiduaire de l'unité BATIMETAL.

Les analyses qualitatives ont été effectuées par des méthodes classiques et elles nous révèlent la présence du plomb, du chrome, du fer et du zinc.

ANALYSE QUANTITATIVE

Pour la plupart des métaux lourds, il existe des méthodes de dosages colorimétriques et instrumentales. Ces dernières sont souvent préférables, car elles sont rapides et nécessitent moins de séparation préliminaire. Elles exigent un appareillage plus sophistiqué. Parmi ces méthodes, les plus utilisées et les plus précises dans le cas des métaux lourds sont la polarographie, l'absorption atomique et la spectroscopie d'émission (18).

Dans notre étude, la détermination des teneurs en métaux lourds (plomb, chrome, fer et zinc) a été faite par les méthodes de Spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma ICP (Chrome) et par spectrométrie d'absorption atomique (plomb, chrome, zinc, Fer).

Au niveau du bain du décapage et de la fosse de neutralisation, la teneur en fer étant très élevée, nous avons utilisé l'analyse volumétrique par manganimétrie.

LES CHLORURES

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés.

Habituellement, la teneur en ion chlore des eaux naturelles est inférieure à 50 mg/l, mais elle peut subir des variations provoquées:

- Dans les zones avides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies ;
- Dans les zones industrielles par des pollutions liées à des eaux usées (mines de potasse, industries chimiques, galvanisation etc...);
- En zone côtière par des infiltrations d'eau de mer dans les nappes, en particulier lors des pompages excessifs.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium.

Les chlorures très facilement solubles ne participent pour ainsi dire pas aux processus biologiques, ils ne jouent aucun rôle dans les phénomènes de décomposition et ne sont donc pas modifiés. Ils augmentent par contre la conductivité de l'eau et peuvent participer aux phénomènes de corrosion.

La réglementation française et les normes américaines suggèrent que en chlore (Cl<sup>-</sup>) des eaux ne dépasse pas 250 mg/l (11).

Les facteurs entrant en jeu pour la fixation des limites de concentrations des chlorures, sulfates et des matières dissoutes totales dans l'eau potable sont en général d'ordre esthétique et économique. Une forte concentration de chlorures rend l'eau complètement inutilisable à la boisson; les sulfates la rendent laxative, ce qui est ennuyeux pour certains et intolérables pour d'autres, mais de petites quantités de ces composés peuvent être ou sont supportés par les consommateurs s'ils ne croient pas devoir exiger une autre eau de meilleur goût (19).

Les chlorures ont été déterminés par la méthode de Mohr.

La conductivité nous renseigne sur la minéralisation ou la salinité globale de l'eau, et nous donne de nombreux renseignements sur l'eau à étudier. En effet, la valeur de la conductivité est influencée par la force de l'électrolyte, la nature des ions libérés et leur concentration dans la solution (15). Les mesures de la conductivité ont été faites au laboratoire à l'aide d'un conductimètre.

III - 2 - 7. LES MATIERES EN SUSPENSION

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

L'asphyxie des poissons par colmatage des branchies est souvent la conséquence d'une teneur élevée en matières en suspension (M.E.S.).

Les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de trace que sur les microorganismes (15). Pour la détermination du taux des matières en suspension, la méthode utilisée est la filtration.

III - 2 - 8. LES MATIERES DECANTABLES

Les matières décantables constituent le dépôt obtenu au bout de 2 heures dans une éprouvette conique graduée (cône d'Imhoff) d'une contenance de 1 litre. Les matières décantables sont exprimées en volume en ml/l.

III - 2 - 9. LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par l'eau usée pendant une certaine durée. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et avec l'intervention des bactéries, les matières organiques de l'eau usée (20).

Cette quantité d'oxygène est exprimée en mg/l consommée dans les conditions de l'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité) pendant un temps donné (13). Pour la détermination de la demande biochimique en oxygène, on a utilisé une méthode instrumentale.

III - 2 - 10. LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (6)

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène dissous cédée, par voie chimique (donc sans intervention biologique), pour oxyder les substances réductrices présentes dans les eaux polluées. La mesure de la D.C.O. s'impose lorsque les eaux contiennent des polluants qui ne peuvent être oxydés par voie bactérienne (comme par exemple les détergents cationiques à action bactéricide).

Les valeurs de la D.B.O. et de la D.C.O. donnent des indications précieuses sur la nature et l'état de la pollution. L'échantillon est porté à reflux en milieu sulfurique concentré pendant 2 heures en présence d'une quantité et en excès de bichromate de potassium. Une fois la réaction est terminée, on dose le bichromate de potassium résiduel par addition de sulfate ferreux d'ammonium, de normalité connue en présence de ferroïne comme indicateur.



III - 3 RESULTATS DES ANALYSES

21

- Les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sont récapitulés dans les tableaux n°s 1 à 13.
- La détermination de la B.B.O<sub>5</sub> et de la D.C.O. a été réalisée uniquement sur l'échantillon n°3.

TABLEAU 7 : RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 12.04.87 .  
 HEURE DE PRELEVEMENT : 8h .  
 TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 17°C .

Ech . N°	1 (*)	2 (**)	3 (***)
T(°C)	15,0	15,0	15,5
pH	0,0	2,2	0,3
T.A.C.(°F)	0,0	0,0	0,0
T.A.(°F)	0,0	0,0	0,0
Fer total(mg/l)	51000,0	2900,0	31000,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	-	-	-
Pb <sup>2+</sup> (mg/l)	-	-	-
Cr total (mg/l)	39,6	< 1,0	-
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	12425,0	7206,5	10650,0
M.E.S. (mg/l)	635,0	320,0	450,5
M.D. (ml/l)	3,0	1,0	1,4
Conductivité (mS/cm)	560,0	3,3	550,0

- (\*) Ech. N°1 : échantillon d'eau prélevé du bain de décapage .  
 (\*\*) Ech. N°2 : échantillon d'eau prélevé du bain de rinçage .  
 (\*\*\*) Ech. N°3 : échantillon d'eau prélevé de la fosse de neutralisation .

D.B.O<sub>5</sub> . = 70,0 mgO<sub>2</sub>/l .

D.C.O . = 280,0 mgO<sub>2</sub>/l .

TABEAU 8 : RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 19.04.87 .

HEURE DE PRELEVEMENT : 8h.

TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 16°C .

Ech .N°	1	2	3(*)
T (°C)	11,0	11,0	11,5
p H	0,0	5,2	10,0
T.A.C.(°F)	0,0	15,5	25,0
T.A. (°F)	0,0	0,0	18,0
Fer total (mg/l)	930,0	390,0	780,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l )	116,0	22,5	94,5
Pb <sup>2+</sup> ( mg/l )	55,0	1,0	8,0
Cr total (mg/l)	78,9	< 1,0	1,9
Cl <sup>-</sup> (mg/l )	14377,5	3550,0	12780
M.E.S.(mg/l)	680,5	310,0	35,0
M.D. (ml/l)	6,2	2,0	> 100,0
Conductivité (mS/cm)	200,0	2,4	2,1

(\*) Ech.N°3 est prélevé après un essai de traitement effectué par BATIMETAL avec de la soude à 50% .

D.B.O<sub>5</sub> = 25,0 mgO<sub>2</sub>/l

D.C.O = 450,0 mgO<sub>2</sub>/l .

TABLEAU 9 : RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 26.04.87.

HEURE DE PRELEVEMENT : 8h .

TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 16°C .

Ech. N°	1	2	3
T(°C)	20,0	20,0	20,0
pH	0,0	3,2	2,0
T.A.C.(°F)	0,0	0,0	0,0
T.A.(°F)	0,0	0,0	0,0
Fer total (mg/l)	11000,0	200,0	910,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	80,0	30,0	90,0
Pb <sup>2+</sup> (mg/l)	103,0	1,5	10,0
Cr total (mg/l)	140,0	3,0	96,0
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	11892,5	816,5	8875,0
M.E.S.(mg/l)	565,0	495,3	602,6
M.D.(mg/l)	2,0	1,6	2,2
Conductivité ( mS/cm)	420,0	20,0	92,0

TABLEAU 10 RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 29.04.87.

HEURE DE PRELEVEMENT : 8h .

TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 16°C .

Ech . N°	1	2	3
T( °C)	21,0	21,0	21,0
p H	0,0	1,2	2,8
T.A.C.(°F)	0,0	0,0	0,0
T.A. ( °F )	0,0	0,0	0,0
Fer total(mg/l)	900,0	125,0	880,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	120,0	40,0	100,0
Pb <sup>2+</sup> ( mg/l)	114,0	2,0	7,5
Cr total ( mg/l)	102,3	1	67,0
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	14981,0	4437,5	11360,0
M.E.S.(mg/l)	620,0	402,0	582,0
M.D.(ml/l)	3,2	2,0	1,8
Conductivité ( mS/cm)	300,0	16,0	98,0

D.B.O<sub>5</sub> = 100,0 mgO<sub>2</sub>/l .D.C.O. = 410,0 mgO<sub>2</sub>/l.

TABEAU 11. RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 3.05.87.  
 HEURE DE PRELEVEMENT : 8h30mn  
 TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 18°C.

Ech . N°	1	2	3
T (°C)	21,0	21,0	21,0
p H	0,0	2,1	3,0
T.A.C.(°F)	0,0	0,0	0,0
T.A.(°F)	0,0	0,0	0,0
Fer total ( mg/l)	25000,0	850,0	12000,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	80,5	12,0	89,0
Pb <sup>2+</sup> ( mg/l)	112,0	2,0	13,0
Cr total(mg/l)	135,5	4,5	103,0
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	21300,0	7100,0	17750,0
M.E.S. (mg/l)	765,5	620,0	665,3
M.D. (ml/l)	6,0	4,2	4,4
Conductivité ( mS/cm )	510,0	35,0	103,0

TABLEAU 12 RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 19.05.87.

HEURE DE PRELEVEMENT : 8h .

TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 16°C.

Ech.N°	1	2	3
T(°C)	18,0	18,0	18,0
p H	0,0	4,1	3,2
T.A.C.(°F)	0,0	0,0	0,0
T.A. (°F)	0,0	0,0	0,0
Fer total (mg/l)	35000,0	420,0	13500,0
Zn <sup>2+</sup> ( mg/l)	100,0	4,3	105,0
Pb <sup>2+</sup> (mg/l)	80,5	1,0	8,0
Cr total ( mg/l)	120,5	trace	88,0
Cl <sup>-</sup> ( mg/l)	8875,0	177,5	38695,0
M.E.S.(mg/l)	460,0	305,5	720,6
M.D. ( ml/l)	1,6	0,4	3,6
Conductivité ( mS/cm )	350,2	18,0	120,0

TABEAU 13 RESULTATS DE L'ANALYSE DES ECHANTILLONS PRELEVES LE 26.05.87.

HEURE DE PRELEVEMENT : 8 h .

TEMPERATURE DE PRELEVEMENT : 18°C.

Ech. N°	1	2	3
T (°C)	18,0	18,0	18,0
pH	0,0	2,4	0,8
T.A.C.(°F)	0,0	0,0	0,0
T.A. (°F)	0,0	0,0	0,0
Fe <sup>2+</sup> total (mg/l)	35000,0	320,0	98000,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	115,0	trace	85,0
Pb <sup>2+</sup> ( mg/l)	70,0	trace	12,0
Cr total ( mg/l)	108,0	trace	95,0
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	8875,0	177,5	40008,5
M.E.S.(mg/l)	420,0	260,5	740,0
M.D.( ml/l)	3,2	1,0	6,0
Conductivité ( mS/cm)	560,0	18,0	100,0

## \* LA TEMPERATURE :

Le point de rejet de l'unité BATIMETAL a une température pratiquement égale à la température ambiante. Elle varie dans un intervalle qui ne présente aucun effet sur les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux, et n'inhibe pas l'auto-épuración dans les cours d'eau.

## \* LE pH :

Le pH des eaux de l'unité BATIMETAL est pratiquement acide sauf dans le cas rare où on procède à une neutralisation (Cf. analyse du 19. 04. 1987. pour l'échantillon n°3). Dans ce cas les eaux sont très alcalines. Le pH élevé est dû à une utilisation non contrôlée de NaOH.

Il est conseillé de réajuster le pH de ces eaux résiduelles à des valeurs faiblement alcalines (pH: 7,5 - 8,5) et de procéder à une neutralisation plus exacte, un pH très élevé peut conduire à la corrosion du ciment, des métaux, des canalisations et à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution ainsi qu'à la redissolution des boues d'hydroxydes.

## \* LE T.A. et LE T.A.C. :

La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude d'une eau et spécialement de son agressivité ou de sa tendance à l'incrustation, puisque ces deux phénomènes dépendent de l'équilibre entre l'acide carbonique libre et les bicarbonates.

Les eaux des échantillons analysés sont pratiquement tous acides. En concordance avec leur pH qui est en général inférieur à 4,3, on obtient des T.A. et T.A.C nuls. Ces eaux sont agressives. La dureté carbonatée peut être ramenée par un traitement de neutralisation à la chaux de façon que le T.A.C. résiduel soit compris entre 10 et 20°F.

## \* LE FER :

Comme les opérations de décapage ont pour but essentiel l'élimination de la calamine des différents métaux immergés, il est tout à fait normal de rencontrer des teneurs en fer très élevées dans les bains de décapage. Ces teneurs dépassent parfois 50 g/l. Ce qui correspond à un taux de saturation d'environ 12% en  $FeCl_2$ . A titre de comparaison, la solubilité de  $FeCl_2$  à 20°C est de 38,6% (4). Ainsi les concentrations rencontrées dans ces bains de décapage ne donnent pas encore lieu à la précipitation du chlorure ferreux.

Dans les eaux de rinçage, les teneurs en fer sont encore très élevées ce qui fait croire qu'il n'ait pas procédé à une opération d'égouttage avant immersion dans le bain de rinçage. Ceci explique aussi le pH acide des eaux de rinçage.

Dans la fosse de neutralisation où sont déversés d'une manière intermittente les bains de décapage et où arrivent continuellement les eaux de rinçage, le fer issu des deux opérations s'accumule et malgré la dilution due aux eaux de rinçage, sa teneur reste extrêmement élevée. En vu de ces résultats un traitement de neutralisation-précipitation s'impose avant rejet dans l'émissaire.

## \* LE ZINC :

La pollution par le zinc provient aussi bien des opérations de décapage et de rinçage que du fluxage où cet ion métallique est utilisé comme agent de traitement.



55

Comme dans le cas du fer les eaux de rinçage contiennent moins de zinc que dans le décapage; la fosse de neutralisation par contre qui reçoit aussi les restes du bain de fluxage donne des teneurs en zinc du même ordre de grandeur. En moyenne, la teneur en zinc dans la fosse de neutralisation est 50 fois plus élevée que la norme de rejet qui est de 2 mg/l.

\* LE CHROME :

Le chrome se rencontre surtout dans les bains de décapage. Des teneurs faibles par rapport à celles du fer résultent certainement de la composition de l'alliage traité.

Après dilution avec les autres eaux on le retrouve à de plus faibles concentrations dans la fosse de neutralisation. Le pH acide de cette dernière ne permet pas encore une précipitation.

Dans ce composé, il s'agit essentiellement du chrome trivalent car après neutralisation sans réduction préalable la teneur résiduelle est pratiquement nulle (Cf. échantillon

3 \* du 19. 04. 1987). Il est rappelé que le chrome hexavalent ne précipite pas sous forme d'hydroxyde lors de la neutralisation - précipitation.

\* LE PLOMB :

Des teneurs très élevées en  $Pb^{2+}$  sont rencontrées dans les bains de décapage. Elles sont certes très faibles par rapport à celles du fer, mais par rapport au seuil de toxicité ces valeurs sont extrêmement élevées et très dangereuses.

Nous n'avons malheureusement pas pu déterminer si le plomb provient de l'alliage (l'unité ne connaît pas la composition de l'alliage utilisé) décapé ou s'il résulte aussi des projections de bain de galvanisation.

A notre avis ces valeurs ne doivent être utilisées qu'avec précaution et nécessitent encore des études supplémentaires, car il faut signaler que l'analyse a été faite par absorption atomique et qu'en présence d'énormes quantités de fer il y a des interférences non négligeables (12).

\* LES CHLORURES :

Les chlorures issus des bains de décapage usés se retrouvent à des teneurs excessives dans la fosse de neutralisation. Elles contribuent à l'énorme salinité de ces eaux et sont responsables des valeurs élevées de la D.C.O. (oxydation de  $Cl^-$  en  $Cl_2$ ). La possibilité de les récupérer sous forme d'acide chlorhydrique reste à envisager.

\* LES M.E.S :

Vu le mode de fabrication dans cette unité, les M.E.S. qui se trouvent dans les eaux, se composent essentiellement d'oxydes de fer. Ces métalliques ont la propriété de déposer sur les parois des conduites. Les rejets de l'unité BATIMETAL ont une teneur en M.E.S. qui dépassent les normes.

\* LES M.D. (matières décantables) :

Généralement, la teneur de l'eau brute en matières décantables se situe entre 1 et 20 ml/l. Ainsi les eaux usées de BATIMETAL dépassent la norme de législation des eaux, 0,3 ou 0,5 ml/l en matières décantables.

## \* LA CONDUCTIVITE :

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minirralisation de l'eau selon les normes françaises une conductivité supérieure à  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$  indique une minéralisation excessive (11).

Une eau destinée à l'alimentation doit avoir une conductivité de l'ordre de  $400\mu\text{S}/\text{cm}$  à  $20^{\circ}\text{C}$ . En comparaison à ces normes, la salinité ou minéralisation des eaux de l'unité BATIMETAL est parfois 100 fois plus élevée. C'est surtout le fer et les ions  $\text{H}^+$  et  $\text{Cl}^-$  qui contribuent à cette conductivité électrique. Une neutralisation - précipitation réduirait en partie ce taux de minéralisation.

### III - 5 T R A I T E M E N T

Le but du traitement est d'amener le pH des eaux résiduaires de l'Unité BATIMETAL à des valeurs acceptables et d'éliminer les métaux lourds par précipitation, sous forme d'hydroxydes.

La neutralisation des eaux résiduaires acides et renfermant des métaux lourds se fait au moyen d'alcalis que l'on peut mettre en oeuvre sous les formes les plus diverses ; lors de notre traitement les alcalis utilisés sont les suivants :

LA SOUDE CAUSTIQUE : Na OH

La soude caustique peut être utilisée sous forme solide (en blocs, en pastilles) ou liquide (lessives de différentes concentrations). Elle doit être manipulée avec précaution et sa mise en solution s'accompagne d'un dégagement important de chaleur (1,066 kJ / Kg de soude pour une concentration finale de 5 %). Son utilisation pour la neutralisation des eaux résiduaires acides et chargées en métaux lourds est assez répandue et ce malgré son coût assez élevé.

Dans nos essais de traitement, on a utilisé Na OH à 30 %.

- LA CHAUX VIVE : C a O

La chaux vive est utilisée dans le traitement des eaux sous forme de poudre ou en solution (lait de chaux).

La solubilité de la chaux vive diminue quand la température augmente. Son utilisation conduit non seulement à une bonne neutralisation des eaux acides à l'exception des eaux à forte teneur en acide sulfurique, fluorhydrique ou phosphorique) mais aussi contribue à l'amélioration de la filtrabilité et à l'augmentation en matière solide des boues de décontation (21).

L'emploi de la chaux sous forme de morceaux est déconseillé car ces derniers se recouvrent d'un dépôt imperméable du sel de calcium correspondant et ainsi la réaction ne peut pas se poursuivre.

Dans nos essais de traitement, on'a utilisé une solution, de lait de chaux à 7 %. Ce pourcentage présente une bonne viscosité et une faible vitesse de sédimentation du lait de chaux.

#### III - 5 - 1 EXECUTION DU TRAITEMENT

Les essais du traitement par la neutralisation ont été effectués au laboratoire du Département.

##### - M E T H O D O L O G I E

A une prise d'essai de 1 litre d'eau résiduaire (de la fosse de neutralisation), on ajoute des petites quantités de l'alcali utilisé, tout en maintenant une agitation modérée qui permettra le brassage continu et en respectant les valeurs de pH de précipitation des différents métaux présents dans notre eau résiduaire (fer, zinc, plomb, chrome)

... / ...

sans perdre de vue les normes de rejets du pH des eaux dans l'émissaire.

Le traitement (la neutralisation) a été effectué sur <sup>un</sup> échantillon moyen dont les caractéristiques brutes sont les suivantes :

TABLEAU N° 14

T (°C)	17,0
pH	2,3
T.A.C. (°F)	0,0
T.A. (°F)	0,0
Fer total (mg/l)	110 000,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	120,0
C total (mg/l)	100,5
Pb <sup>2+</sup> (mg/l)	12,0
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	17750,0
M.E.S. (mg/l)	660,0
M.D. (ml/l)	5,0
Conductivité (mS/cm)	570,0

III - 5 - 2 R E S U L T A T S DES ANALYSES APRES TRAITEMENT

## - TRAITEMENT PAR LA CHAUX VIVE A 7 %

Le volume de la solution du lait se chaux ajouté pour traiter 1 litre d'eau résiduaire est de : 45,0 ml.

Après une décantation des boues formées qui a duré 2 heures ; les mesures physico-chimiques de l'eau traitée ont donné les résultats suivants :

T A B L E A U N° 15

T °(C)	22,0
pH	8,4
T.A.C.(°F)	14,0
T.A. (°F)	9,0
Fer total ( mg/l )	60,0
Zn <sup>2+</sup> ( mg/l )	3,0
Pb <sup>2+</sup> (mg/l)	2,0
Cr total (mg/l)	9,0
Cl <sup>-</sup> ( mg/l )	10650,0
M.E.S. (mg/l)	20,0
M.D. ( ml/l )	>100,0
Conductivité ( mS/cm)	2,1

TRAITEMENT PAR LA SOUDE à 30 %

Le volume de soude utilisé pour 1 litre d'eau résiduaire est de : 105,0ml

Après une décantation des boues qui a duré 2 heures ; les mesures physico-chimiques de l'eau traitée ont donné les résultats suivants :

T A B L E A U N° 16

T(°C )	20,0
pH	8,5
T.A. C. ( °F )	20,0
T.A. (°F )	16,0
Fer total ( mg/l )	20,0
Zn <sup>2+</sup> (mg/l )	1,0
Pb <sup>2+</sup> (mg/l )	3,0
Cr total ( mg/l )	2,0
Cl <sup>-</sup> ( mg/l)	14 200,0
M.E.S. ( mg/l)	30,0
M.D. (ml/l)	> 100,0
Conductivité ( mS/cm )	1,8

III-5-3 EFFICACITE DES TRAITEMENTS

Dans notre , seule l'élimination de teneur en métaux lourds prouvera l'efficacité de notre traitement. Celle-ci est calculée par l'expression suivante:

$$\text{Eff}(\%) = \frac{X_e - X_s}{X_e} \cdot 100 \quad \text{où :}$$

$X_e$ : teneur en métaux lourds avant le traitement

$X_s$ : teneur en métaux lourds après le traitement

Le tableau suivant donne les valeurs de l'efficacité de notre traitement pour chacun des alcalis utilisés.

TABLEAU 17

	pH	Elimination de la teneur en fer (%).	Elimination de la teneur en zinc (%).	Elimination de la teneur en plomb (%).	Elimination de la teneur en chrome (%).
Eau traitée par lait de chaux à 7%.	8,4	99,9	97,5	83,3	91,0
Eau traitée par la soude à 30%.	8,5	99,9	99,2	75,0	98,0

Les résultats des analyses lors du traitement ont montré que l'élimination de la teneur en fer , en zinc , en chrome est presque pratiquement totale quel que soit le réactif neutralisant utilisé . Par contre une quantité résiduelle du plomb est présente dans le surnageant car en concentrations inférieures à 100mg/l , il ne peut pas être précipité de manière satisfaisante , à partir de ses solutions , au moyen de soude ou de chaux . On peut , par contre , y parvenir en amenant le pH à une valeur comprise entre 7 et 8 par addition de carbonate de sodium suivie d'une précipitation de l'hydroxyde ferrique , avec adjonction d'un adjuvant de floculation , comme exemple polyacrylamide (9) . On obtient ainsi un précipité qui décante bien , dans lequel est contenu tout le plomb (jusqu'à concurrence d'une teneur résiduelle de 0,4 mg/l ) .

Les eaux traitées possèdent toujours une salinité importante, mais composées d'ions pratiquement inoffensifs même à haute concentration ; elles peuvent donc être rejetées directement dans l'émissaire .



A la lumière des résultats obtenus sur les analyses des eaux résiduaires de l'unité BATIMETAL, il en ressort clairement que cette unité contribue considérablement à la pollution du Lac de Réghaïa. Ses rejets sont principalement chargés d'acide chlorhydrique issues du vidange des bains usés et de métaux lourds plus ou moins toxiques en l'occurrence le fer, le chrome, le zinc et le plomb.

Les analyses effectuées étant en nombre insuffisants et répartis sur une période courte de deux mois seulement, ne donnent qu'un aperçu et une idée générale sur la nature et la quantité de la charge polluante. Nous pouvons toutefois conclure qu'il est impératif de traiter ces eaux usées avant rejet afin de réduire l'empoisonnement au niveau du lac récepteur.

La fosse de neutralisation, souvent prononcé dans ce travail, n'est pratiquement rien d'autre qu'un bassin d'homogénéisation - décantation, puisque BATIMETAL ne procède que rarement à une neutralisation et que la fosse est vidé par intermittence sans traitement préalable.

Ce vidange intermittent est encore plus dangereux pour la vie aquatique qu'un écoulement régulier et continu.

Le traitement par neutralisation - précipitation effectué à l'échelle du laboratoire est de par sa simplicité et son efficacité à la portée de toute unité industrielle du genre BATIMETAL.

Que ce traitement se fasse à la soude ou à la chaux importe peu, car le résultat obtenu est dans les deux cas assez satisfaisant, mais l'important qu'il se fasse correctement, c'est-à-dire éviter un surchauffage et ne pas dépasser le pH prescrit pour éliminer la formation des complexes zincates et chromites solubles à des pH élevés.

Comme ouvrage de construction nécessaire à la détoxification, nous proposons un bassin de neutralisation - précipitation dont les dimensions seront calculés pour un séjour des eaux de 2 heures au maximum et d'un bassin de décantation des boues, calculés pour un séjour de 10 heures au maximum.

La décantation est auto-accélérée par les ions  $Fe^{2+}$  et  $Fe^{3+}$  que les eaux usées contiennent elles - même.

Les quantités de réactifs nécessaires à la précipitation doivent être déterminées par des essais sur place et contrôlés régulièrement. Les valeurs que nous donnons dans cette étude ne doivent être considérées qu'à titre d'indication, car le traitement a été effectué sur un faible volume dans des conditions d'homogénéisation et d'agitation optimales. En général, à l'échelle pilote on majore

ces valeurs d'un excès de l'ordre de 5%. Si la détoxification de ces eaux semble être à priori très simple, il n'en est pas de même du problème des boues d'hydroxydes formées. Les boues de précipitation sont en général très volumineuse et contiennent environ 98% d'eau et une teneur appréciable en métaux lourds. Leur stockage peut toujours créer une nouvelle pollution issues de leurs lessivage, redissolution et infiltration dans les eaux souterraines.

Sans trop rentrer dans le détail nous signalons seulement que ces boues deviennent moins toxiques, plus faciles à manipuler et à transporter si elles subissent un épaissement, une déshydratation et un séchage. L'idée de les valoriser s'impose d'elle-même, mais vu la teneur élevée en métaux lourds elles ne pourront servir, mélangées par exemple à la poussière des industries de matériaux de construction, que comme matériau de remblais en génie civil (routes ou autres).

Vu la teneur élevée des bains résiduaux de décapage en acide chlorhydrique, il ne serait pas du tout illusoire non plus d'envisager la régénération et récupération respectivement de l'acide et du fer.

Si les bains sulfuriques de décapage sont plus faciles à régénérer (voir l'étude faite sur ANABIB - petit tube [22]), il n'en est pas de même pour les bains chlorhydriques.

La difficulté réside dans le fait que  $FeCl_3$  est beaucoup plus soluble que le sulfate de fer et qu'une cristallisation est pratiquement impossible dans les conditions normales de travail. Cependant, certains procédés assez coûteux et qui exigent des grandes installations ont été déjà développés et pratiqués à grande échelle. Nous citerons parmi eux le procédé Ruthner de pulvérisation et grillage [9]. Dans ce procédé, on met en oeuvre une phase de grillage et une phase de condensation. Dans la phase de grillage, l'acide de décapage épuisé est nébulisé dans le foyer d'un four chauffé au mazout ou au gaz (disponibles en Algérie). Sous l'effet de la haute température qui y règne, l'eau et l'acide chlorhydrique se vaporisent, tandis que le chlorure ferreux est décomposé en oxyde de fer et en gaz acide chlorhydrique. Le four de grillage est suivi d'un séparateur, où a lieu la précipitation de l'oxyde de fer contenu dans le gaz de grillage.

Dans la phase de condensation, les gaz de grillage, encore très chauds, sont envoyés dans une colonne d'absorption, où on fait ruisseler, en sens contraire, de l'eau ou des eaux de rinçage renfermant de l'acide chlorhydrique. Ces gaz sont ainsi refroidis et condensés, ce qui permet d'obtenir de l'acide chlorhydrique contenant 200 à 210 gHCl/l, qu'on peut remettre en service dans la décaperie.

En fin, en résolvant le problème des rejets de l'unité BATIMETAL, nous pensons avoir participé et d'une façon très modeste à la protection de l'Environnement et des eaux du Lac de REGHAIA.

ANNEXES

ANNEXE N° 1DETERMINATION DU TITRE ALCALIMETRIQUESIMPLE ( T . A . ) (16)

( Méthode Volumétrique )

PRINCIPE

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué , en présence d'un indicateur coloré .

REACTIFS

- Acide sulfurique 0,02 N
- Solution de phénolphthaléine dans l'alcool à 0,5 %
- Eau distillée exempte d'anhydride carbonique libre .

MODE OPERATOIRE

Prélever 100ml d'eau à analyser dans une capsule de porcelaine blanche de 12cm de diamètre environ . Ajouter 1à2 gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine . Une coloration rose doit alors se développer .

Dans le cas contraire le T.A. est nul , ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3 . Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette , en agitant constamment , et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH,3) .

Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage .

EXPRESSION DES RESULTATS

- V exprime le titre alcalimétrique simple en °F .

ANNEXE N° 2DETERMINATION DU TITRE ALCALIMETRIQUECOMPLET ( T . A . C ) ( 16 )

( Méthode potentiométrique )

PRINCIPE

Il s'agit de mesurer l'alcalinité par potentiométrie .

REACTIF

- Acide sulfurique 0,02N .

MATERIELS UTILISES

- Un agitateur magnétique .
- Un pH - meter .
- Un barreau aimanté .
- Un bécher de 100ml .
- Une burette de 25ml .

MODE OPERATOIRE

Introduire 50ml d'eau à analyser dans un bécher de 100ml contenant un barreau aimanté pour bien agiter la solution .

Faire tomber goutte à goutte la solution de l'acide sulfurique 0,0 2N.

EXPRESSION DES RESULTATS

Soient  $X_1$  : Volume d'acide correspondant au pH 4,5 .

$X_2$  : Volume d'acide correspondant au pH 4,2 .

Par suite , l'alcalinité exprimée en °F , est égale à :

$$T.A.C.(^{\circ}F) = (2X_1 - X_2) \cdot 2$$

ANALYSE QUALITATIVE (23)1 - IDENTIFICATION DU PLOMB

A 1ml de la solution à analyser, on ajoute environ 1ml d'une solution de sonde à 3%, l'ion  $Pb^{2+}$  donne un précipité blanc de  $Pb(OH)_2$ , soluble aussi bien dans les acides que dans les bases fortes :



Le précipité de  $Pb(OH)_2$  est insoluble dans l'ammoniaque.

2 - IDENTIFICATION DU CHROME

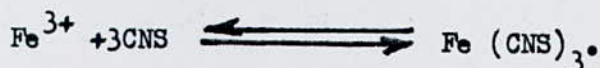
A quelques gouttes de la solution à étudier, préalablement acidifiée, on ajoute 2 à 3 gouttes de diphénylcarbazine, l'apparition de la couleur rouge-violet indique la présence du chrome.

On utilise du diphénylcarbazine saturé dans l'alcool.

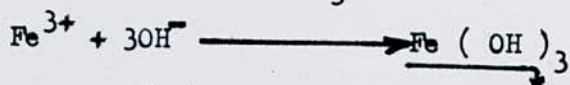
3 - IDENTIFICATION DU FER

\* Ion  $Fe^{3+}$  :

A 1ml de la solution à analyser, on ajoute environ 1 ml d'une solution de thiocyanate de potassium 0,1N (ou 1°b); les ions  $Fe^{3+}$  donnent une coloration rouge sang due à la formation du thiocyanate de fer  $Fe(CNS)_3$ .



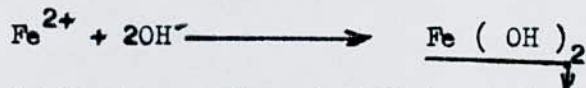
C'est une réaction la plus importante et la plus sensible de l'ion  $Fe^{3+}$ . Les bases fortes NaOH et KOH et l'ammoniaque  $NH_4OH$  forment avec l'ion  $Fe^{3+}$  un précipité brun-rouge de  $Fe(OH)_3$  :



A la différence de  $Al(OH)_3$  et  $Cr(OH)_3$ , l'hydroxyde ferrique ne possède pas de propriétés amphotères.

\* ION  $Fe^{2+}$  :

Les bases fortes NaOH et KOH précipitent l'ion  $Fe^{2+}$  en l'absence d'air sous forme d'un précipité de  $Fe(OH)_2$  blanc (et, dans les conditions ordinaires, vert sale) :



Ce précipité s'oxyde rapidement à l'air et la couleur change. Le produit final de

l'oxydation est  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Le précipité de  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  se dissout dans les acides, mais pas dans les bases.

#### 4 - IDENTIFICATION DU $\text{Zn}^{2+}$

L'ion  $\text{Zn}^{2+}$  est incolore.

Les bases fortes  $\text{NaOH}$  et  $\text{KOH}$  forment avec l'ion  $\text{Zn}^{2+}$  un précipité blanc de  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  soluble tant dans les acides que dans les bases (amphotères):



A la différence des aluminates, les zincates ne donnent pas de précipité de  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  par action de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , car l'hydroxyde de zinc est soluble dans les sels ammoniacaux.

ANNEXE N° 4SPECTROMÉTRIE D'ABSORPTIONATOMIQUE ( 11 )PRINCIPE

L'absorption d'un photon de fréquence  $\nu$  par un atome n'est possible que si la différence d'énergie entre le niveau initial  $E_0$  et le niveau supérieur  $E_1$  après absorption correspond à une transition entre deux niveaux énergétiques de cet atome .

On retrouve l'expression :  $E_1 - E_0 = h\nu$  , vue en spectrométrie d'émission; un atome ne peut absorber que des radiations de fréquence bien déterminée , qu'il est en outre capable d'émettre .

Cette faculté d'absorption , pour les atomes , de l'énergie apportée par des photons de fréquence caractéristique de l'élément à doser , constitue le principe de base de la spectrométrie d'absorption atomique .

En absorption atomique , on a une relation de proportionnalité similaire à celle de la spectrométrie d'émission .

Le coefficient  $K$  sera d'autant plus grand que , pour une même population d'atomes , la population du niveau inférieur ou fondamental par unité de volume sera grande . Avec cette différence très importante par rapport à l'émission de flamme , que la population d'atomes à l'état fondamental fluctue très peu avec la température du milieu .

Les longueurs d'ondes des éléments analysés sont :

Fer ; 248,3 nm

Zinc : 213,9 nm

Plomb : 217,0 nm

Chrome: 358,0 nm



SPECTROMETRIE D'EMISSION A L'AIDE  
D'UN GENERATEUR INDUCTIF DE PLASMA (18)

C'est une technique très récente qui offre des possibilités d'analyses très larges, sa sensibilité est en générale supérieure à celle de la spectrométrie d'absorption atomique, elle présente peu de problèmes d'interférence.

Son principe est le suivant :

Les éléments à analyser sont introduits par un nébuliseur dans le plasma à une température de 13 000°C, où ils sont atomisés. En se déséxcitant ils émettent un rayonnement caractéristique pour chaque élément. La séparation spectrale des diverses longueurs d'ondes se fait à l'aide d'un monochromateur.

On entend par Plasma un mélange gazeux à haute température de particules neutres ( atomes, molécules ) et des particules chargées ( électrons, ions ). Ces derniers apportant au plasma ses propriétés.

Le gaz utilisé est l'argon :  $\text{Ar} \longrightarrow \text{Ar}^+ + 1e^-$

Le plasma est créé par transfert d'énergie électromagnétique du générateur d'onde à haute fréquence au gaz plasmogène qu'il ionise en partie ; le plasma ainsi créé cède à son tour de l'énergie aux éléments introduits.

Il semblerait que ce transfert d'énergie soit essentiellement collisionnel et est du aux atomes d'argon métastables.

En effet, certains atomes d'argon éxcités ne repassent pas à l'état fondamental par déséxcitation radiative mais passent par un état métastable de grande durée de vie ( $\approx 1s$ ). Leur déséxcitation radiative étant impossible ( règle de sélection du nombre quantique ), seule une déséxcitation collisionnelle interviendra.

Les longueurs d'ondes des éléments analysés sont :

- Zinc : = 2 138,58 Å.
- Fer : = 3 745,56 Å.
- Chrome: = 2 843,25 Å.

ANNEXE N° 6  
DOSAGE DU FER (14)  
(Méthode Manganométrique)

La manganométrie utilise la grande puissance l'oxydation de l'ion permanganate. La réaction d'oxydo-réduction dépend de la nature du milieu.

En milieu basique, la réaction s'arrête au Mn (+ IV ).



En milieu acide, où la plupart des réactions auront lieu, on a :



Dans les deux cas les électrons sont fournis par le réducteur.

Aussi, peut-on doser les solutions de  $\text{Fe}^{2+}$  d'après la réaction globale, en milieu acidifié par  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

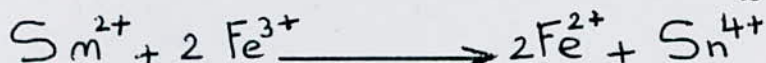


Au cours de la titration, les ions Fe (+ II ) sont oxydés à l'état Fe (+ III )

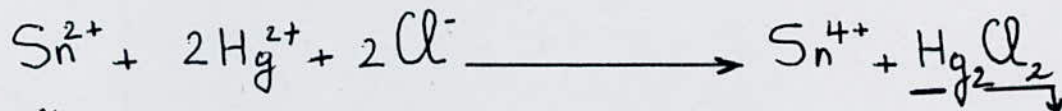
Pour doser une solution de  $\text{Fe}^{3+}$ , il faut d'abord la réduire au  $\text{Fe}^{2+}$  et opérer ensuite la titration avec  $\text{KMnO}_4$ .

MODE OPERATOIRE :

1.  $\text{Fe}^{3+}$  sera réduit au  $\text{Fe}^{2+}$  par le chlorure d'étain  $\text{SnCl}_2$  :



Un excès de Sn sera oxydé par  $\text{HgCl}_2$  d'après la réaction suivante :



2.  $\text{Fe}^{2+}$  est titré par  $\text{KMnO}_4$  0.1N

Remplir la fiole jaugée contenant la solution à analyser sur 100ml, porter un prélèvement de 20ml dans un bécher de 1 litre et y ajouter 20ml de HCl concentré.

Après avoir chauffé à ébullition, ajouter goutte à goutte  $\text{SnCl}_2$  jusqu'à disparition de la couleur jaune.

Eviter d'ajouter un excès de  $\text{SnCl}_2$

Après refroidissement de la solution, ajouter d'un coup 10ml de  $\text{HgCl}_2$  ; il y a

formation de précipité blanc de  $\text{HgCl}_2$ . Si le précipité est gris ( $\text{Hg}^0$ ) ; faites un nouveau prélèvement et recommencer l'opération. Après quelques minutes, diluer avec l'eau distillée sur 600ml et y ajouter 10ml de solution Reinhard-Zimmermann ( $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4$ ).

Titrer alors la solution avec  $\text{KMnO}_4$  0,1N jusqu'à la première apparition persistante d'une couleur rose.

C A L C U L :

-----  
 1ml de  $\text{KMnO}_4$  ( 0.1N )  $\hat{=}$  5,585 mg de  $\text{Fe}^{2+}$

ANNEXE N° 7DOSAGE DES CHLORURES (11)(Méthode de Mohr)PRINCIPE :

-----

Les Chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

REACTIFS :

-----

- Acide nitrique pur
- Carbonate de calcium pur
- Solution de chromate de potassium à 10 %
- Solution de nitrate d'argent 0,1N

MODE OPERATOIRE :

-----

Introduire 10 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 % ; verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1N utilisés.

EXPRESSION DES RESULTATS :

-----

Pour une prise d'essai de 10 ml :

$V \times 100 \times 3,55$  donne la teneur en  $\text{Cl}^-$ , exprimée en mg de  $\text{Cl}^-$  par litre d'eau.

$V \times 100 \times 5,85$  donne la teneur en  $\text{Cl}^-$ , exprimée en mg de NaCl par litre d'eau.

ANNEXE N° 8DETERMINATION DE LA TENEUR  
EN MATIERE EN SUSPENSION (11 )MATERIELS UTILISES :  
-----

- Papier filtre
- Balance analytique
- Etuve réglée à 105°C
- D<sup>é</sup>ssicateur
- Appareil de filtration; büchner relié à un dispositif d'aspiration.

MODE OPERATOIRE :  
-----

Laver au préalable le papier filtre à l'eau distillée, le sécher à l'étuve à 105°C et le peser une fois refroidi dans un d<sup>é</sup>ssicateur jusqu'à obtention d'un poids constant.

Insérer le papier filtre dans le système de filtration, verser l'échantillon et 10 ml d'eau distillée ayant servi au rinçage de la fiole, sur le papier filtre. Laisser essorer et faire sécher le filtre à l'étuve après refroidissement dans le d<sup>é</sup>ssicateur, le peser jusqu'à poids constant.

EXPRESSION DES RESULTATS :  
-----

La teneur en matières en suspension de l'échantillon exprimée en mg/l s'obtient par l'expression :

$$\frac{M - M_0}{V} \cdot 100$$

où M et M<sub>0</sub> désignent respectivement le poids en mg du papier filtre après et avant utilisation et V le volume de l'échantillon utilisé en ml.

ANNEXE N° 9DETERMINATION DE LA DEMANDE  
CHIMIQUE EN OXYGENE (D.C.O.) (11)REACTIFS UTILISES :  
-----

- Eau distillée
- Acide sulfurique ( d = 1,84 )
- Sulfate de mercure cristallisé
- Sulfate d'argent
- Sulfate de fer et d'ammonium
- Bichromate de potassium
- Solution de ferroïne

MODE OPERATOIRE :  
-----

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un ballon de 500 ml.

Ajouter successivement 1 gramme de sulfate de mercure cristallisé, 5 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent, 25 ml d'une solution de bichromate de potassium 0,25N et 70 ml d'une solution sulfurique de sulfate d'argent.

Porter l'ensemble à ébullition pendant 2 heures en adoptant au ballon un réfrigérant à reflux.

Laisser refroidir, diluer à 350 ml avec de l'eau distillée, ajouter quelques gouttes de ferroïne.

Déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour observer un virage au rouge violacé, procéder aux mêmes opérations sur un échantillon d'eau distillée pris comme référence.

EXPRESSION DES RESULTATS :  
-----

La demande chimique en oxygène (D.C.O.) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$\frac{8000 (V_0 - V_1)}{V} \times T \quad \text{où}$$

$V_0$  et  $V_1$  désignent respectivement le volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage à blanc et de l'échantillon.

T : le titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium

V : le volume de la prise d'essai.

ANNEXE N° 10DETERMINATION DE LA DEMANDE  
BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (D.B.O.) (24)  
( Méthode manométrique )PRINCIPE :  
-----

La demande biochimique en oxygène est déterminée à l'aide d'un appareil appelé respiromètre. Les flacons sont mis en incubation pendant 5 jours à une température de 20°C. Au fur et à mesure que l'oxygène est consommé par les micro-organismes aérobies, la pression en oxygène dans la phase gazeuse diminue. Cette diminution est enregistrée par un tube gradué. La différence de pression lue au bout de 5 jours est directement proportionnelle à la D.B.O.

EXPRESSION DES RESULTATS :  
-----

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

$$D.B.O. = h \cdot F \text{ où}$$

h : étant hauteur du mercure lue sur le tube gradué.

F : facteur de dilution qui correspond au volume d'échantillon analysé.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'ENVIRONNEMENT; Plan d'Action Antipollution; Marais de REGHAIA; Mars 1985.
- (2) M. PUECH; Technique de l'ingénieur; Métallurgie-Dosages-Revetements; Ed. 1975.
- (3) R. WEINER; Epuration des eaux résiduaires dans la transformation et la galvanisation des métaux; Paris; Ed. EYROLLES 1975.
- (4) P. PASCAL; Nouveau traité de chimie minérale, tome n° 5; Paris; Ed. MASSON 1962.
- (5) ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES EAUX; Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales (Le zinc-Le cadmium); rapport n° 4; Paris 1978.
- (6) R. DU MONT; Encyclopédie de l'écologie; Paris; Ed. Larousse 1978.
- (7) ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES EAUX; Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales (Aluminium, Fer, Manganèse, Molybdène, Vanadium, Titane); rapport n° 2; Paris 1975.
- (8) R. KERBACHI, M. YALA; Etude des eaux usées d'ANABIB; P.F.E.; E.N.P. 1986.
- (9) F. MEINCK, M. STOFF, H. KOHLSCHUTER; Les eaux résiduaires industrielles; Paris; Ed. MASSON 1980.
- (10) ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES EAUX; Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales (Le chrome-Le cuivre-Le nickel); rapport n° 6; Paris 1979.
- (11) J. RODIER; L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, tome 2; Paris; Ed. DUNOD 1975.
- (12) ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES EAUX; Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales (Le plomb-Le étain); rapport n° 3; Paris 1976.
- (13) DEGREMONT; Mémento technique de l'eau; Paris; Ed. DEGREMONT 1978.
- (14) V. ALEXEEV; Analyse quantitative; Moscou; Ed. Mir 1980.
- (15) J. RODIER; Analyse de l'eau; Paris; Ed. DUNOD 1978.
- (16) J. RODIER; Analyse de l'eau; eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer; tome 1; Ed. DUNOD 1975.
- (17) M. T. HENRY; Chimie des eaux; Canada; Ed. Le Griffon 1984.
- (18) R. KERBACHI; Cours de technique d'analyse physico-chimique; E.N.P. 1987.
- (19) A. P. MILLER; L'eau et la santé de l'homme; série américaine n° 5; Washington; Ed. CRET 1969.
- (20) W. WESLEY, J. R. ECKENFELDER; L'eau dans l'industrie; Paris; Ed. Technique et Documentation Année 1972.
- (21) M. DUMONT, E. BECHOUX; Technique de l'eau et de l'assainissement n° 376; Année 1978.
- (22) R. KERBACHI, L. BEKKOUCHE; Etude des eaux usées d'ANABIB-petit-tube; P.F.E., E.N.P. 1987.
- (23) V. ALEXEEV; Analyse qualitative; Moscou; Ed. Mir 1980.
- (24) S. JANKOVIC; Manuel de l'Environnement; Maroc, O.M.S., 1977.



