

6/86

1 EX

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

+ planche

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

المركز الوطني للتكنولوجيا  
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA  
POLLUTION DE LA ZONE INDUSTRIELLE  
ROUIBA REGHAIA CAS DE LA  
MEGISSERIE DE ROUIBA

1 PLANCHE

Proposé par :  
Mr. SI-AHMED

Etudié par :  
Melle BOUTRIA SAMIRA

Dirigé par :  
Mr. SI-AHMED et Mr. KHEFTAB

PROMOTION : JANVIER 86



D E D I C A C E S :

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

A celle qui est pour nous non seulement une mère exemplaire mais qui remplace également notre père trop tôt disparu.

A ma très chère soeur dont je n'oublierai jamais l'immense sacrifice qu'elle a consenti pour nous permettre à mes frères et à moi de poursuivre nos études.

A mes chers frères qui, j'espère, seront dignes de ce sacrifice.

A Monsieur Yves Rivat du Centre Culturel Universitaire d'Alger.

A Monsieur Hachemi.

A Tous mes amis.

REMERCIEMENTS :

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

Je ne sais comment exprimer toute ma gratitude à Monsieur HACHEMI du laboratoire central E.N.I.D.I.M. de Boumerdes pour toute l'aide qu'il n'a cessé de m'apporter tout au long de cette étude.

Qu'il me soit permis, Monsieur HACHEMI, de vous traduire ici toute ma reconnaissance.

Je ne saurais oublier de remercier également:

- Mr. SI-AHMED du Ministère de l'Environnement et des Forêts;
- Monsieur KETTAB A., pour ses conseils efficaces et sa précieuse aide;
- Monsieur NAMANE, chef de Département de Génie de l'environnement, pour son aide efficace;
- Mademoiselle BENSADOK Kenza enseignante au Département de Génie de l'Environnement pour tout le travail qu'elle accomplit pour les étudiants;
- Melle ARRAR Djazia enseignante au Département de Génie de l'Environnement;
- Monsieur NOUAR Mebrouk (Département de Génie de l'Environnement), pour sa gentillesse et son aide aux étudiants;
- Melle LOUIZA, secrétaire au Département de Génie de l'Environnement;
- Tous les enseignants du Département de Génie de l'Environnement;
- Melle LARIBI Leïla, pour sa gentillesse et sa générosité;
- Monsieur ROUIDI de l'E.D.I.L.
- Monsieur DJILFRANK Mohammed;
- Monsieur A. BOUBEZARI, Directeur Unité de Production à l'E.N.I.P.E.C. de Jijel ainsi que tout le personnel de l'E.N.I.P.E.C et dont je remercie particulièrement pour leur gentillesse et leur aide : Mr. KHLALEF, Mr. HADJI et Melle Nour-El-Houda.

Mes remerciements vont également à :

- Mr. SOUKI du Ministère de l'Hydraulique pour sa gentillesse et ses encouragements;
- Mr. MAATOUG de la sous direction de l'environnement et des forêts de Blida;
- Mr. BENAÏSSA Mustapha de la sous direction de l'environnement et des forêts de Boumerdes, pour avoir mis gracieusement de la documentation à ma disposition;
- Mr. BOUGUERRA de l'Institut des Ressources Hydrauliques (I.N.R.H.) de Bir Mourad Raïs;
- Mr. REBHI de l'I.N.R.H. de Bir Mourad Raïs;
- Mr. TASSINE de l'E.N.I.P.E.C. de Rouiba;
- Mr. MOSTEFAÏ, Mr. SAHRAOUI, Mr. CHEBOUKH ainsi que tout le personnel de l'A.N.P.E. (Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement);

Pour m'avoir permis d'effectuer des analyses dans leurs laboratoires, je remercie vivement Mr. OUAZIB ainsi que tout le personnel du laboratoire de chimie des eaux à l'I.N.R.H. de Bir Mourad Raïs.

- Mr. KENDJOU DJ, Mr. RASSOUL, du Département Valorisation des Minerais à l'U.S.T.H.B.;
- l'UNITA de Bordj-El-Bahri.

Pour le soin qu'ils ont apporté à la présentation de ce travail, je remercie avec gratitude Mr. LOUNES et MOHAMED.

Enfin j'exprime ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidée et dont je ne peux malheureusement citer les noms.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

 PARTIE THEORIQUE

## DEFINITIONS:

$DBO_5$  = demande biochimique en oxygène en cinq jours; c'est la quantité d'oxygène consommé par les bactéries pour la biodégradation des matières organiques pendant cinq jours. La mesure de la  $DBO_5$  permet de déterminer la quantité de matières organiques biodégradables dans une eau et constitue une mesure indirecte du degré de pollution.

$DCO$  = demande chimique en oxygène : c'est une mesure de toutes les matières organiques, dans une eau usée ou naturelle, qu'elles soient biodégradables ou non. C'est la quantité d'oxygène en mg, nécessaire pour oxyder chimiquement ces matières.

$MES$  = matières en suspension : ce sont les matières non dissoutes (minérales ou organiques, contenues dans un effluent.

Enzyme : biocatalyseur de la cellule constitué de protéines et contenant parfois des atomes métalliques ou des petites molécules différentes des protéines et appelées coenzymes.

LISTE DES FIGURES :

PAGES :

Figure n° 1 :	Représentation schématique de la cinétique des substances toxiques dans le corps du poisson. ....	17
Figure n° 2 :	Courbe générale de toxicité. ....	22
Figure n° 3 :	Solubilité de l'hydroxyde de chrome en fonction du pH. ....	24
Figure n° 4 :	Courbe ombrothermique - station de Rouiba. ....	26
Figure n° 5 :	Histogramme des pluies - station de Rouiba. ....	27
Figure n° 6 :	Courbes respirométriques (boues plus substrat). ....	33
Figure n° 7 :	Principe de fonctionnement d'un respiromètre. ....	34
Figure n° 8 :	Schémas de Daphnia magna adulte. ....	37
Figure n° 9 :	Représentation de l'activité d'un enzyme. ....	42
Figure n° 10 :	Liaison primaire d'un complexe à 33% Schonlemmer avec le collagène (réticulation). ....	50
Figure n° 11 :	Courbe représentant la DBO <sub>5</sub> en fonction de la distance. ....	61
Figure n° 12 :	Courbe représentant la DCO en fonction de la distance. ....	62
Figure n° 13 :	Courbe représentant l'oxygène dissous en fonction de la distance. ....	64
Figure n° 14 :	Courbe représentant l'oxygène dissous en fonction de la température. ....	65
Figure n° 15 :	Régénération du chrome par précipitation de son hydroxyde. ....	74

LISTE DES TABLEAUX :

PAGES :

Tableaux n° 1, 2, 3 et 4	Des effluents de 22 industries potentiellement polluantes. ....	5
Tableau n° 5 :	Des productions et réserves mondiales des chromites.	10
Tableau n° 6 :	Synoptique des dérivés du chrome et des produits commerciaux qu'on en retire. ....	11
Tableau n° 7 :	Des dérivés du chrome à partir des bichromates. ....	12
Tableau n° 8 :	De la diminution de la $DBO_5$ en fonction des concentrations en $Cr^{+3}$ . ....	32
Tableau n° 9 :	Des quantités et nature des produits utilisés par la mégisserie de Rouiba. ....	46
Tableau n° 10 :	Des quantités d'eau utilisé par la mégisserie de Rouiba. ....	52
Tableaux n° 11, 12, 13, 14 et 15 :	Résultats d'analyse dans l'oued et le marais de Réghaïa. ....	54
Tableaux n° 16, et 17 :	Résultats d'analyse dans des échantillons de bains de chrome. ....	59

S O M M A I R E :

	PAGES
PREAMBULE .....	1
PARTIE THEORIQUE	
I. INTRODUCTION .....	2
II. BUT DE L'ETUDE .....	3
III. ORIGINE DU CHROME .....	9
IV. NOTION DE TOXIQUE, MODES DE PENETRATION DES TOXIQUES DANS L'ORGANISME ET MECANISMES D'INTOXICATION DANS LE CAS DES POISSONS... 15	15
IV.1. Notion de toxique .....	15
IV.2. Modes de pénétration des toxiques dans l'organisme .....	15
IV.2.1. Voies de pénétration des composés toxiques .....	15
IV.2.2. Pénétration des métaux dans les cellules .....	15
IV.3. Mécanismes d'intoxication .....	17
a.- L'exposition d'un organisme au toxique, la "cinétique" du produit dans l'organisme, la dynamique du produit ou de ses métabolites dans son interaction avec son "récepteur" au niveau de l'organe cible" .....	17
b.- Cas des poissons .....	17
1) L'exposition au toxique .....	17
2) La "cinétique du produit dans l'organisme" .....	17
3) La "dynamique" d'un produit toxique .....	18
V. PRINCIPES DE LA MESURE DES TOXICITES .....	20
V.1. Relation temps-concentration .....	20
V.1.1. Le temps d'apparition de l'action toxique .....	20
V.1.2. Le temps de manifestation .....	20
V.1.3. Le temps nécessaire pour atteindre l'irréversibilité du processus d'intoxication .....	20

V.1.4. Le temps de survie .....	21
a.- La concentration létale moyenne ou $C_{L50}$ .....	21
b.- La dilution limite .....	21
c.- La concentration minima mortelle .....	21

V.2. Influence des caractéristiques des sujets testés .....	23
---	----

V.3. Influence des caractéristiques du milieu .....	25
---	----

a.- pH .....	25
b.- Température .....	25
c.- Oxygène dissous .....	28
d.- Gaz carbonique dissous .....	28
e.- Composition minérale de l'eau .....	28
f.- Mélange des toxiques .....	28
g.- Produits de décomposition .....	29

VI. MESURE DES TOXICITES .....	30
--------------------------------	----

A/- SUR LES POISSONS .....	30
----------------------------	----

VI.1. Les tests à court terme .....	30
-------------------------------------	----

VI.2. Les tests à long terme .....	30
------------------------------------	----

B/- SUR LES AUTRES ORGANISMES DU MILIEU AQUATIQUE .....	31
---	----

a.- Evaluation de la toxicité à partir de la de- mande biochimique en oxygène .....	32
--	----

b.- Test sur Daphnie ( <i>Daphnia magna</i> Straus) .....	35
---	----

VII. EFFETS TOXIQUES DU CHROME .....	38
--------------------------------------	----

VII.1. Introduction .....	38
---------------------------	----

VII.2. Effets du chrome .....	40
-------------------------------	----

VII.2.1. Effets sur l'homme .....	40
-----------------------------------	----

VII.2.2. Effets sur la faune .....	40
------------------------------------	----

VII.2.3. Effets sur la flore aquatique et les végétaux..	43
--	----

VIII. CARACTERISTIQUES DES DERIVES DU CHROME UTILISES DANS LES TANNERIES ET MEGISSERIE .....	44
VIII.1. Introduction .....	44
VIII.2. Sels de chrome généralement employés dans les tanneries et mégisseries pour l'opération de tannage...	44
IX. LA MEGISSERIE DE ROUBA .....	46
IX.1. Présentation de la mégisserie .....	46
IX.2. Procédés employés dans la mégisserie de Rouiba pour la transformation des peaux brutes en cuir .....	47
IX.2.1. Le travail de rivière .....	47
IX.2.2. Tannage au chrome .....	48
a.- Mécanisme de tannage .....	48
b.- Quantité de sels de chrome utilisés dans la mégisserie de Rouiba .....	51
PARTIE EXPERIMENTALE :	
I. ANALYSES .....	53
I.1. Introduction .....	53
I.2. Résultats des analyses .....	54
I.3. Interprétation des résultats d'analyses .....	60
I.4. Calcul économique des pertes .....	68
II. LUTTE ET PREVENTION .....	71
II.1. Nécessité de la lutte et de la prévention .....	71
II.2. Lutte et prévention .....	71
II.2.1. Dispositions prises par la mégisserie de Rouiba.	71
II.2.2. Choix d'une technique d'épuration .....	71

XI.2.3. Dispositions à prendre pour éviter ou diminuer la pollution par le chrome ..... 72

    XI2.3.1. Prévention à la source ..... 72

        a.- Le choix des réactifs ..... 72

        b.- La quantité de réactif mise en jeu ..... 72

        c.- Conditions de travail du matériel ..... 73

    XI.2.3.2. Traitements des rejets ..... 73

        1) Le recyclage de la totalité du bain de chrome 73

        2) Traitement par séparation ..... 73

RECOMMANDATIONS ..... 76

CONCLUSION GENERALE ..... 78

DIRECTIONS FUTURES ..... 80

BIBLIOGRAPHIE ..... 81

P R E A M B U L E

L'Assemblée générale des Nations Unies, en proclamant en Novembre 1980 la Décennie Internationale de l'eau potable et de l'assainissement (1981 - 1990) qui a pour objectif de mettre "eau salubre et assainissement adéquat à la portée de tous d'ici à 1990" (1), attire l'attention sur l'importance de la qualité de l'eau qui est le constituant essentiel de la matière vivante et qui est de plus en plus menacée par la pollution due aux rejets de plus en plus nombreux d'effluents urbains et industriels.

En outre, la charte européenne de l'eau stipule que "lorsque l'eau après utilisation est rendue au milieu naturel, elle ne doit pas compromettre les usages ultérieurs tant publics que privés qui seront faits de celui-ci". (2) la pollution, ignorée il y a quelques siècles, car la nature qui dispose d'un pouvoir auto-épurateur pouvait facilement éliminer les pollutions limitées essentiellement aux effluents domestiques du fait des faibles moyens technologiques dont l'homme disposait alors, est devenue, avec le développement considérable des industries et particulièrement de la technologie moderne libérant des substances de plus en plus toxiques, l'un des plus graves problèmes auxquels l'homme se trouve aujourd'hui confronté.

La mort de nombreux cours d'eau, lacs et étangs, la disparition de plusieurs espèces de la faune et de la flore ont amené de nombreux pays à édicter des lois pour la protection de l'environnement contre la pollution dont nous avons retenu la définition suivante relative aux eaux: "La pollution s'entend comme une modification nocive des propriétés des eaux, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie" (3).

Nul n'ignore les multiples nuisances qui sont engendrées par l'absence de l'eau.

Les personnes et les animaux **décharnés** par la famine, la mort de milliers de gens du fait de la sécheresse dans plusieurs pays d'Afrique noire sont hélas des exemples **frappants** de ces nuisances. Aussi est-il de notre devoir de préserver les ressources en eau dont nous disposons et de lutter contre la pollution qui **menace ces ressources**.

## I. INTRODUCTION :

Si la création des industries a considérablement amélioré le mode de vie des hommes, il n'en demeure pas moins que ces mêmes industries menacent de plus en plus leur existence en polluant leur environnement.

Bien que l'opinion publique internationale soit surtout au courant des catastrophes écologiques les plus spectaculaires telles que les marées noires provoquées par les naufrages de pétroliers et qui se soldent par la mort de millions de poissons, les fuites accidentelles de gaz toxiques telles que les fuites de dioxine (1976 à Seveso en Italie), celles récentes d'isocyanate de méthyle à Bhopal en Inde qui ont entraîné la mort de milliers de personnes et d'animaux sans compter les séquelles sur les vivants, la catastrophe connue sous le nom de la maladie de Minamata dans une baie du Japon, en provoquant durant les années 50 des troubles graves du système nerveux chez 400 personnes ayant consommé du poisson contenant de fortes quantités de méthyl mercure et dont 70 sont mortes (4), a attiré l'attention sur les dangers que représente la pollution par certains métaux lourds toxiques dont le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre et le chrome.

## II. BUT DE L'ETUDE :

La mort périodique de poissons dans le marais de Réghaïa a alerté les responsables du ministère de l'environnement sur la pollution qui menace "l'un des sites humides les plus importants de l'Algérie" (5).

Le marais de Réghaïa alimenté à partir de la nappe d'eau de la Mitidja et s'ouvrant sur la mer constitue un habitat naturel pour les oiseaux aquatiques et migrateurs : on a dénombré sur ce site près de 200 espèces différentes sans compter les oiseaux de mer (5).

Son importance en tant que plan d'eau naturel a permis la création d'un centre d'élevage cynégétique, l'irrigation des terres agricoles à partir de ses eaux et de prévoir son aménagement futur en tant que station piscicole, lieu de détente, de loisirs, de sport et de tourisme.

Cependant, il semblait que la surexploitation de la nappe de la Mitidja par la zone industrielle de Rouiba - Réghaïa risquerait de créer une dépression au niveau de cette zone ce qui entraînerait la diminution ou la suppression de l'alimentation du marais à partir de cette nappe et son alimentation uniquement par les eaux usées (6).

En effet, l'Oued Réghaïa qui aboutit au marais est le réceptacle de tous les déchets urbains et industriels de la région de Rouiba - Réghaïa. Cette région située dans la Wilaya de Boumendes à proximité d'Alger comprend une population estimée à 60.000 habitants.

La zone industrielle créée en 1960 occupe une superficie de 855 hectares. L'alimentation en eau des unités industrielles est assurée dans la partie Nord de la zone industrielle par les réseaux urbains d'alimentation en eau potable de Rouiba et Réghaïa complétés par des forages dans la nappe de la Mitidja pour certaines industries et dans la partie Sud par plusieurs forages appartenant au C.N.E.R.U. (Centre National d'Etude et de Recherche Urbaines) (6).

L'Oued Réghaïa reçoit en plus des engrais et des produits chimiques employés en agriculture et drainés par les précipitations, 7000 m<sup>3</sup> d'eaux usées urbaines ainsi que 20.000 m<sup>3</sup> par jour d'effluents industriels à partir de 58 unités industrielles (6).

Ces effluents contiennent des matières organiques biodégradables et non biodégradables (détergents, huiles ...) et des polluants chimiques toxiques (cyanures, sulfures, chrome ...).

Le marais de Réghaïa dans lequel aboutissent également, par lessivage des sols, les engrais et produits chimiques agricoles ainsi que les effluents urbains et industriels charriés par l'Oued Réghaïa tend de plus en plus à perdre son pouvoir d'auto-réparation ce qui est "constaté à travers le dépérissement d'un bois d'eucalyptus et la mortalité périodique de poissons" (6).

Cette situation pourrait aboutir éventuellement à la pollution irréversible de la nappe.

Les tableaux (1), (2), (3) et (4) indiquent, parmi les 58 unités industrielles recensées, les effluents liquides de 22 industries considérées comme potentiellement polluantes (6).

Le but de notre travail est l'étude des rejets de chrome dans l'Oued Réghaïa par l'une de ces 22 industries, à savoir la mégisserie de Rouiba : E.N.I.P.E.C. (Entreprise Nationale des Industries des Peaux et Cuirs).

Cette étude comprend les nuisances qui peuvent être engendrées par le chrome ainsi que les solutions permettant de limiter la concentration de celui-ci dans les effluents résiduaires.

EFFLUENTS LIQUIDES DES UNITES POTENTIELLEMENT POLLUANTES DE LA REGION

ROUITA - REGHAÏA :

Tableau n° 1 :

N°	Dénomination et activité exercée	Nature des effluents Liquides
1	Anabib GP tubes soudés en spirale enrobés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux résiduaires de piégeage contenant du soufre</li> <li>- eaux de refroidissement</li> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- huiles de vidange rejetées en égout</li> </ul>
2	E.N.P.H.A. pompes hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eaux usées domestiques</li> </ul>
3	E.N.E.L. Matériel d'éclairage public	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>
4	ANABIE - PAF Profilés à froid, fouillards, tubes soudés, fer plat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux de refroidissement acides neutralisées avant rejet</li> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- huiles usées</li> </ul>
5	SNVI - CVI Véhicules industriels (bus, camions, cars)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- eaux usées industrielles comprenant du chrome hexavalent, des peintures, des diluants, des solvants, des phosphates, des matières en suspension, du cyanure de sodium, des produits de dégraissage, des huiles de coupe</li> </ul>
6	E.N.A.G. Arts graphiques édition de revues, livres, brochures, livres scolaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux chargées de révélateur et de fixateur usés</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>

Tableau n° 2 :

N°	Dénomination et activité exercée	Nature des effluents liquides
7	S.N.E.M.A. (eaux minérales) boissons gazeuses et bières	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux chargées de reste de drêche, levures</li> <li>- huiles usées</li> <li>- eaux usées domestiques</li> </ul>
8	ANABIB - IT Tubes gaz noirs, serrures, gaz gal- vanisés, serrés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- effluents de décapage: eaux usées chargées de zinc; eaux acide neutralisés à la soude</li> <li>- eaux de refroidissement</li> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- huiles usées</li> </ul>
9	SOSAPAL Matériel pour l'in- dustrie du pétrole et de l'hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées industrielles</li> <li>- huiles usées</li> <li>- eaux usées domestiques</li> </ul>
10	SONATRO Maintenance du ma- tériel de terras- sment	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux de lavage des véhicules</li> <li>- huiles de vidange</li> <li>- eaux usées domestiques</li> </ul>
11	SOCHYTEX Tricotage, Impression / transfert	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées domestiques</li> </ul>
12	ENIPEC Transformation des peaux en cuir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées contenant du sulfure de sodium, de la chaux, des acides, du NaCl, du chrome, du pétrole, du solvant, des colorants, des tanins végétaux, des matières organiques, des matières en suspension</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>

Tableau n° 3 :

N°	Dénomination et activité exercée	Nature des effluents liquides
13	S.N. - A N E P Imprimerie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- solutions usées de révélateur</li> <li>- solutions usées de fixateur</li> <li>- eaux de refroidissement</li> <li>- eaux usées domestiques</li> </ul>
14	E N A D - Rouiba Détergents en poudre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux de lavage des filtres de détergent</li> <li>- eaux de rinçage des malaxeurs de détergent</li> <li>- eaux de lavage des équipements et des aires de travail contenant du détergent</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>
15	E N A D - Réghaïa Détergents ISIS, Nada et insecticide TAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- en période d'entretien annuel, eaux de rinçage des mélangeurs TAC</li> <li>- eaux de rinçage des filtres de détergent</li> <li>- eaux de rinçage des malaxeurs de détergent</li> <li>- eaux de lavage des équipements et des aires de travail (une fois/semaine) contenant des détergents</li> <li>- eaux de lavage (une fois/semaine) du bac de préparation de colle</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>
16	Nouvelle conserverie algérienne Conserves de fruits et légumes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux de refroidissement chaudes (60°C)</li> <li>- eaux de lavage des aires de travail</li> <li>- eaux de lavage des produits</li> <li>- eaux de lavage des cuiseurs</li> <li>- eaux de cuisson</li> </ul>

Tableau n° 4 :

N°	Dénomination et activité exercée	Nature des effluents liquides
17	ENAD - LAMES Fabrication de lames à raser	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bains usés de dégraissage (White Spirit)</li> <li>- eaux de refroidissement</li> <li>- solution usée d'anti-rouille (tous les 4 mois)</li> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>
18	ENATE - UMB 412 Mobilier métallique d'organisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux de dégraissage contenant des produits chimiques non identifiés (connus seulement par leurs noms commerciaux (Parkolan 76, Dioxyli te, Pardène O)</li> <li>- Peinture, diluant</li> </ul>
19	ENATE - UMB 411 meublier scolaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées de nettoyage des cabines de peinture et des cabines de vernissage (une fois/15 jours)</li> <li>- eaux usées de dégraissage</li> <li>- eaux usées domestiques</li> </ul>
20	EMBOUMETAL Articles de quincaillerie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- bains acides usés (Acide : HCl)</li> <li>- huiles usées</li> </ul>
21	BATIMETAL Fabrication de pylones haute et basse tension, accessoires et galvanisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eaux des bacs de galvanisation</li> <li>- bains acides de décapage</li> <li>- eaux de rinçage des bacs</li> <li>- eaux usées domestiques</li> <li>- huiles de vidange</li> </ul>
22	ENGI Fabrication d'oxygène, d'azote, d'argon (liquide), de gaz carbonique et d'autres mélanges gazeux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- solutions usées d'amines</li> <li>- solutions de permanganate</li> <li>- solutions de sulfate de soude</li> <li>- eaux de refroidissement chargées d'organo-phosphore et d'organo-soufre</li> <li>- huiles usées</li> </ul>

### III. ORIGINE DU CHROME :

Le chrome fut découvert en 1797 dans le minerai de plomb de Sibérie par le français Vauquelin. Le terme "chrome" dérive du mot grec "χρῶμα" qui signifie couleur car la plupart des combinaisons du chrome sont caractérisées par leur belle coloration.

Le minerai de chrome ou sidérochrome renfermant des oxydes de chrome existe en de nombreux endroits de la terre. Il sert à la fabrication des dérivés industriels du chrome et se trouve sous forme de séparations irrégulières ou parfois de "lentilles" dans les roches d'olivine qui est un minerai de couleur vert olive ou dans les serpentines (silicates de magnésium hydraté).

"Le sidérochrome pur est noir et se présente sous l'aspect de cristaux réguliers. Les minerais sont livrés sous forme de morceaux ou de sables qui, outre de l'oxyde de fer contiennent des quantités considérables d'oxyde d'aluminium, de fer, de magnésium et d'acide silicique" (7).

Du fait des multiples possibilités d'utilisation industrielle des dérivés du chrome (voir tableau n° 6), les gisements des minerais de chrome représentent un facteur économique très important.

Les plus grands fournisseurs de minerai de chrome sont l'Union Soviétique, la Turquie, l'Afrique du Sud, le Zimbabwe, le Pakistan, la Nouvelle Calédonie, Cuba, l'Inde et les Philippines.

Le tableau suivant indique les productions et réserves mondiales de chromite (chiffres en  $10^6$  tonnes) de 1970 à 1972, production dont 85% assurés par l'U.R.S.S., la Turquie, le Zimbabwe, l'Afrique du Sud et les Philippines (8).

Tableau n° 5 :

Pays producteurs	1970	1971	1972	Réservees estimées
U.R.S.S.	2,2	2,0	2,6	50
Afrique du Sud	1,57	1,7	1,7	2000
Turquie	0,5	0,53	0,65	10
Zimbabwe	0,4	0,4	0,4	600
Philippines	0,55	0,56	0,4	7,5
Autres pays (Madagascar, Iran...)	0,7	0,9	1,0	24
<b>T O T A U X</b>	<b>5,92</b>	<b>6,09</b>	<b>6,75</b>	<b>2700</b>

Source : Le cycle du chrome et les possibilités de son recyclage par la Société d'Etude pour le ramassage et le traitement de tous déchets industriels.  
(SERATRADE)

Tableau synoptique des dérivés du chrome et des produits commerciaux qu'on en retire (7) :

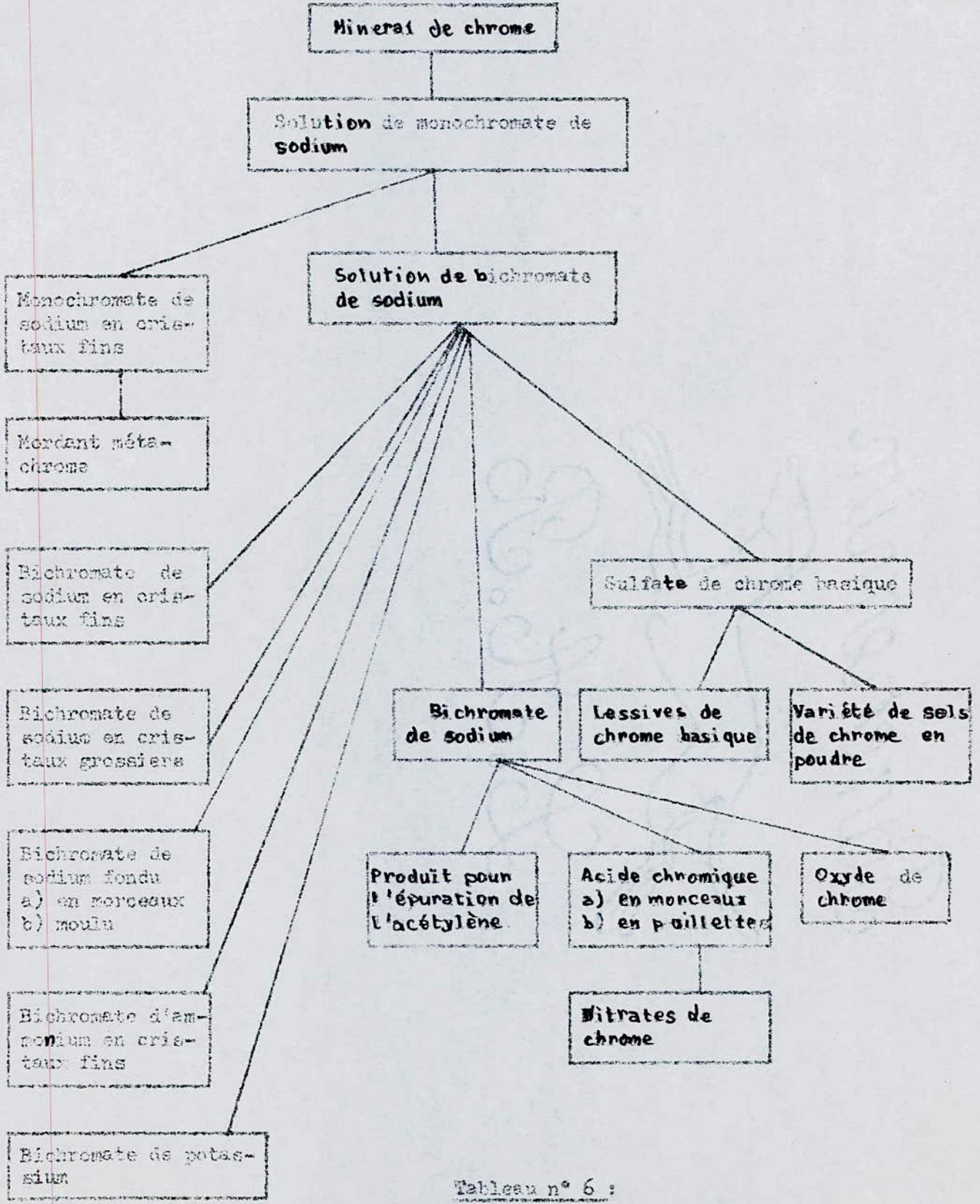
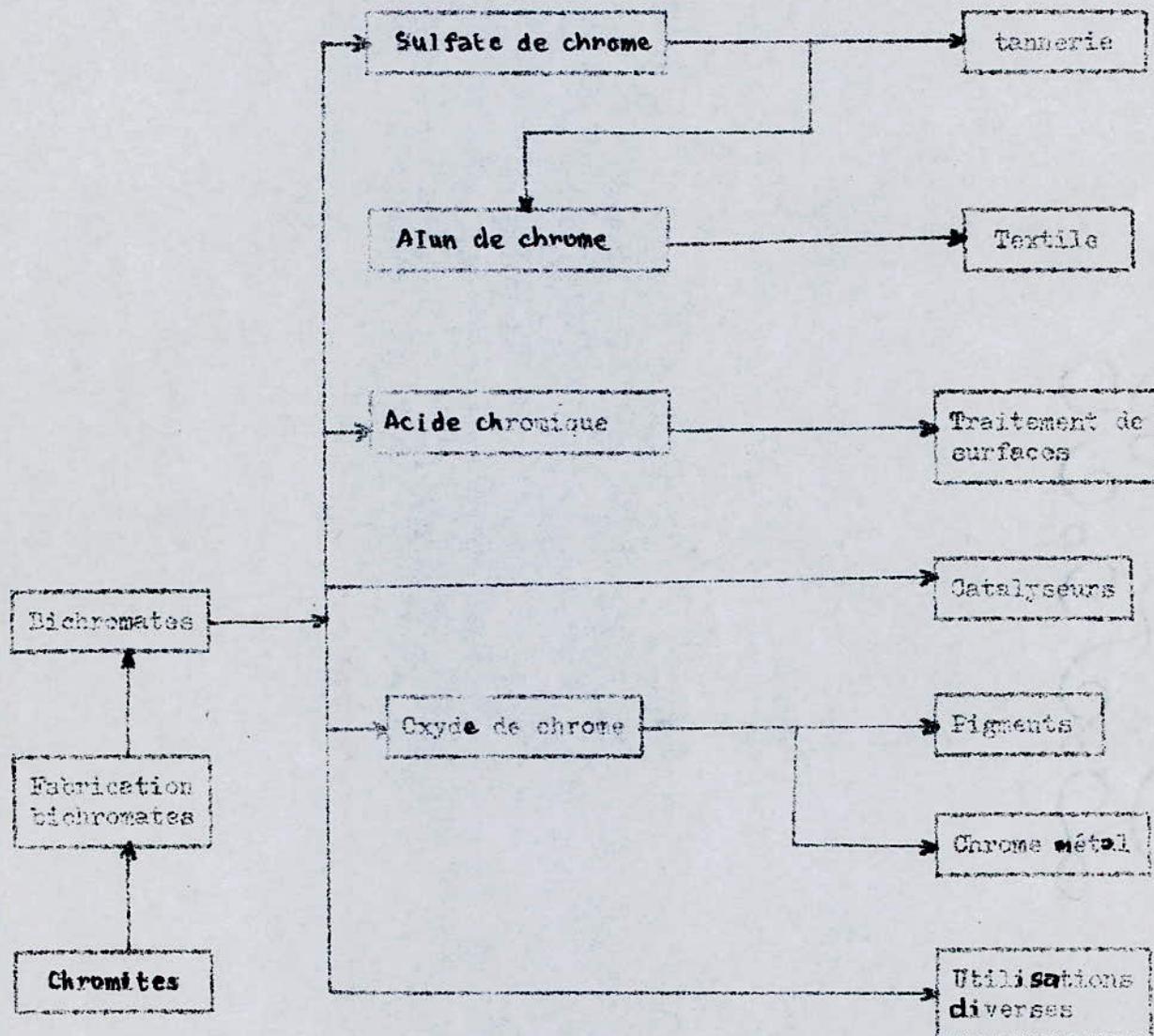


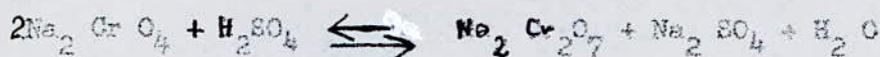
Tableau n° 6 :

La plupart des dérivés du chrome utilisés dans les industries ont pour origine le bichromate de sodium lui-même formé à partir de chromate de sodium (8).

Tableau n° 7 : des dérivés du chrome à partir des bichromates (8) :



Le bichromate de sodium est obtenu par acidification à l'acide sulfurique de solution de chromate de la façon suivante (7).

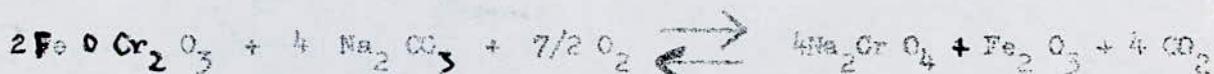


On peut utiliser également le gaz carbonique :



Le bichromate de sodium ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) est cristallisé après évaporation des solutions de bichromate dans lesquelles le sulfate ou le bicarbonate de sodium a été préalablement éliminé par filtration.

les chromates sont obtenus à partir de la calcination sous oxydation à des températures de 1050 à 1150°C d'un mélange de minerai de chrome (sidérochrome ou chromite) avec de la chaux ou de la dolomite (carbonate naturel double de calcium et de magnésium) et du carbonate de soude ce qui entraîne la décomposition du sidérochrome et la formation de chromate selon la réaction suivante (7).



La chaux ou la dolomite facilite l'accès de l'oxygène à la chromite à oxyder en rendant sa structure plus poreuse.

Après le grillage, les solutions obtenues par addition d'eau (solutions de chromate de sodium) sont séparées des composés insolubles et transformées en bichromate de sodium après élimination des impuretés nuisibles.

Les dérivés de chrome utilisés dans les industries sous forme de sels de chrome stables (9) sont de deux sortes :

- les sels de chrome trivalent dont les solutions sont vertes ou violettes;
- les sels de chrome hexavalent dont les solutions de chromate (ions chromates  $(\text{CrO}_4^{2-})$ ) donnent une coloration jaune et celles de dichromates (ions dichromates  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) une coloration rouge orangé.

Les principales industries utilisatrices des dérivés du chrome sont l'industrie du cuir, l'industrie textile, la métallurgie pour le chromage et la protection superficielle des métaux, l'industrie des peintures et vernis, l'industrie chimique qui utilise ces dérivés comme agents d'oxydation, comme anti-corrosifs ainsi que pour la fabrication de catalyseurs et de produits pour l'imprégnation du bois (7).

IV. NOTION DE TOXIQUE, MODES DE PÉNÉTRATION DES TOXIQUES DANS L'ORGANISME ET  
MECANISMES D'INTOXICATION DANS LE CAS DES POISSONS :

IV.1. Notion de toxique :

Selon F. RAMADE (10) : dans le domaine de l'écotoxicologie, un toxique est : "tout facteur physique (chaleur, radiation), chimique ou biologique créant une source de pollution potentielle".

IV.2. Modes de pénétration des toxiques dans l'organisme :

IV.2.1. Voies de pénétration des composés toxiques (10) :

On distingue trois voies d'absorption des composés nocifs :

- a.- La voie respiratoire, essentiellement dans le cas des polluants atmosphériques (animaux, végétaux).
- b.- La voie transtégumentaire : (animaux, végétaux, organismes aquatiques).
- c.- La voie trophique : (absorption radicalaire chez les plantes ou digestive chez les animaux et les organismes aquatiques).

IV.2.2. Pénétration des métaux dans les cellules :

Selon R.J.P. WILLIAMS, PHIL (11), la pénétration d'un métal à travers la membrane cellulaire peut se faire soit sous forme d'ions libres, soit sous forme de particules ou en solution lorsque le métal peut être combiné à des ligands naturels.

L'assimilation des métaux par les plantes se fait probablement par liaison entre le métal et une molécule non ionique.

On retrouve ce genre de liaison formant des complexes avec des molécules non ionisées (Chélateurs) chez de nombreuses espèces de bactéries et de champignons.

"L'existence de ces complexes métaux - chélateurs pose un problème majeur dans la lutte contre la pollution et la concentration des métaux nocifs, puisque ces complexes ont la capacité de passer directement de l'eau dans la couche lipidique des membranes cellulaires" (4).

Ainsi, malgré l'idée bien établie en biologie cellulaire, que du fait de leur caractère hydrophile, les ions métalliques ne peuvent pas traverser les membranes cellulaires hydrophobes car de nature lipidique, de nombreux métaux polluants "forment des complexes électriquement neutres, non seulement avec des molécules organiques qui leur permettent de traverser les membranes, mais aussi avec des molécules inorganiques comme le chlore. Ces molécules non ionisées pénètrent dans les cellules beaucoup plus rapidement que l'on aurait pu prévoir" (4).

Parmi ces molécules, on cite le cas du chlorure de mercure ( $HgCl_2$ ) qui, selon GLUTKNECHT J. (12) "traverse la double couche lipidique des membranes cellulaires vingt fois plus vite que l'eau et un million de fois plus vite que l'ion sodium".

Les métaux peuvent également pénétrer à travers les membranes cellulaires en "parasitant" les systèmes de transport actif du sodium et du calcium (4). La pénétration des métaux peut se faire aussi par endocytose des particules métalliques, c'est à dire que la membrane cellulaire s'envagine en s'enroulant sur elle-même et libère dans le cytoplasme des vésicules contenant ces particules.

La réunion de ces deux derniers mécanismes permet de comprendre le phénomène de bioaccumulation des métaux polluants : selon K. SIMKISS et coll (13): "la quantité accumulée par les organismes augmente en fonction du temps de façon linéaire et est directement proportionnelle à la concentration de ces métaux dans l'environnement".

#### IV.3. Mécanismes d'intoxication (14)

##### a.- Ces mécanismes comprennent :

- l'exposition d'un organisme au toxique;
- la "cinétique" du produit dans l'organisme (absorption, distribution, métabolisme, excrétion);
- la "dynamique" du produit ou de ses métabolites dans son interaction avec son "récepteur" au niveau de "l'organe cible".

##### b. Cas des poissons :

###### 1°) L'exposition au toxique :

Lorsque l'eau dont dépend étroitement la vie du poisson est polluée, il existe deux possibilités :

- ou bien, le poisson évite le "flux toxique" en fuyant vers une zone non polluée;
- ou bien, il peut être intoxiqué par l'intermédiaire des deux voies d'échange avec le milieu extérieur : les branchies et l'appareil digestif.

###### 2°) La "cinétique du produit dans l'organisme" : (voir figure n° 1)

L'entrée d'un toxique dans un poisson peut se faire par deux voies :

- l'ingestion orale d'aliments ou d'eau contaminés;
- la diffusion dans le sang au travers de l'épithélium branchial.

Chez les poissons d'eau douce, en raison de l'entrée permanente d'eau, ce qui leur évite quasiment de boire, la pénétration des toxiques se fait principalement au niveau des branchies. Celles-ci sont constituées de feuillets disposés par paire sur l'arc branchial et formés de lamelles branchiales.

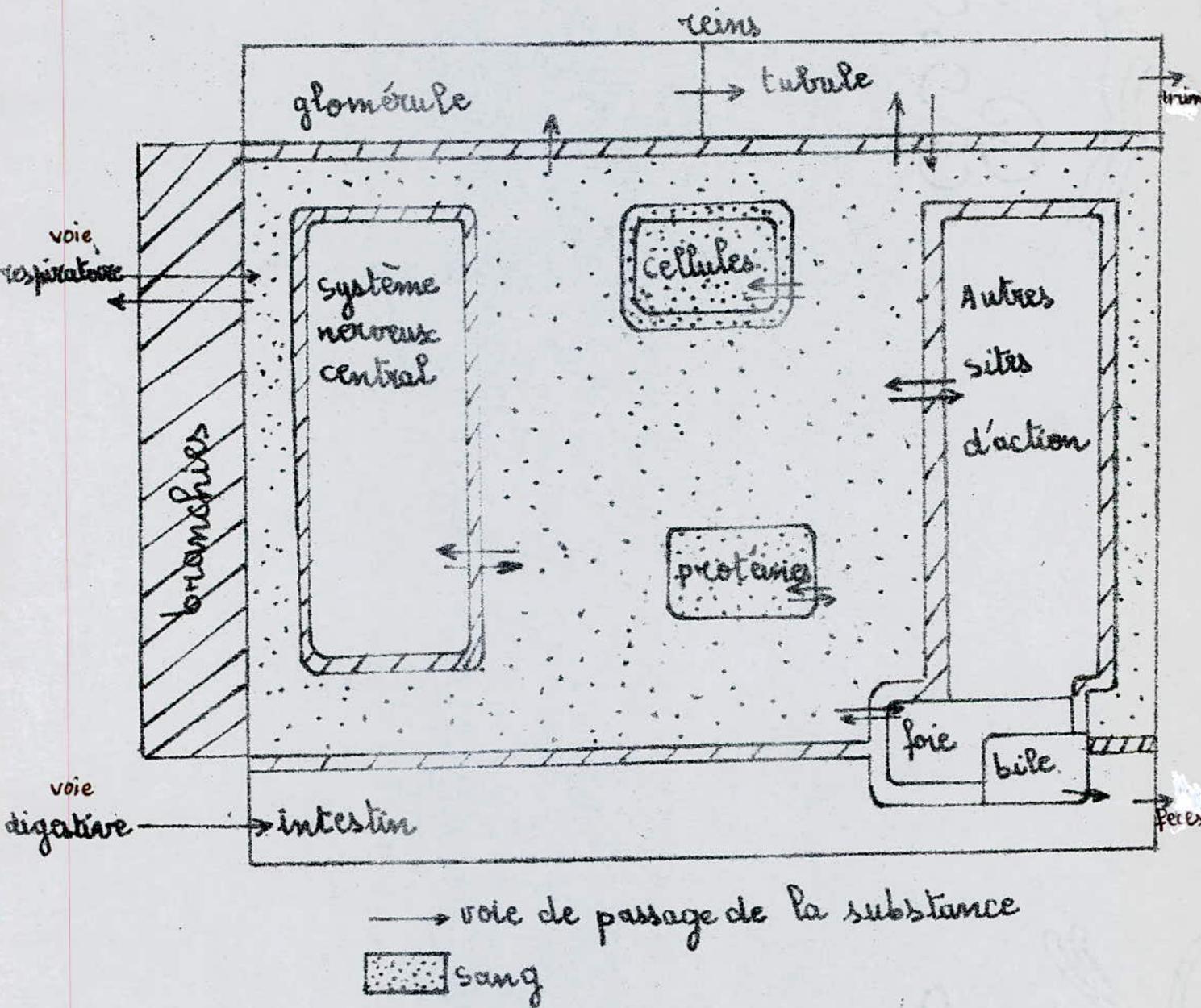


Fig. 1: Représentation schématique de la cinétique des substances toxiques dans le corps du poisson (d'après Leynaud, Trécherie et Verneaux 1978)

Ces lamelles, réduites à deux couches épithéliales maintenues par des cellules de soutien, permettent la circulation du sang lequel peut échanger certaines substances avec l'eau qui circule à travers les étroites fentes interlamellaires. Une partie de cette eau et celle de ses constituants sont filtrées au travers des branchies.

Les intoxications par voie digestive (cas le plus fréquent chez les poissons marins) se font par ingestion d'organismes d'un niveau trophique inférieur dans lesquels les polluants toxiques ont été concentrés.

"Les intoxications des organismes vivant en eau douce sont généralement plus rapides et plus "spectaculaires" car le sang, après oxygénation à travers l'épithélium branchial, est distribué directement par l'aorte dorsale dans divers organes, dont le système nerveux, sans passer auparavant par "l'atelier de détoxification" que constitue le foie" (14).

### 3°) La "dynamique" d'un produit toxique :

Avant de se manifester, l'effet d'une molécule toxique est précédé de l'interaction de cette molécule avec son "récepteur" ou "site spécifique" d'action qui est une "entité structurale" pouvant avec ses groupements interagir avec ceux de la molécule toxique.

Les interactions entre toxique et récepteur peuvent être soit :

\* Très spécifiques comme par exemple :

- l'action sur le système enzymatique comme celle des métaux lourds tels que le plomb, le mercure ..., sur les enzymes à groupement sulfhydrile (SH) dont l'activité est inhibée par ces métaux.

"Une corrélation significative" entre la toxicité de nombreux métaux envers *Daphnia magna* (microcrustacé) et la solubilité des sulfures métalliques correspondants a été démontrée par BIESINGER et CHRISTENSEN (15) ce qui prouve la tendance de ces métaux à se lier avec les groupements SH.

\* Soit moins spécifiques :

On peut citer comme exemple :

"l'action irritante, inflammatoire ou dénaturante de certains toxiques (détergents, sels de métaux lourds, ammoniaque ...), sur les couches épithéliales branchiales, lors de la pénétration de ces substances dans les poissons" (14).

Cependant, à l'action d'un polluant toxique peuvent correspondre non seulement un mécanisme d'action toxique particulier et un effet bien spécifique mais plusieurs réactions toxiques.

## V. PRINCIPES DE LA MESURE DES TOXICITES :

### V.1. Relation temps - concentration :

Pour les animaux terrestres, la notion de dose toxique est définie comme étant la quantité minimum de substance toxique qui lorsqu'elle est ingérée ou injectée entraîne "un degré d'intoxication donné ou la mort" (14).

En ce qui concerne les poissons, cette dose ne pouvant être déterminée en raison des échanges constants avec le milieu dans lequel ils vivent, on considère qu'elle est proportionnelle à la concentration du toxique dans l'eau : (sauf en cas d'intoxication par voie digestive).

Les toxicités sont estimées par le temps nécessaire à l'accomplissement d'un effet donné.

L'étude des relations temps - effet comprend généralement :

#### V.1.1. Le temps d'apparition de l'action toxique :

C'est le temps nécessaire à l'apparition des premiers symptômes d'intoxication (généralement troubles du comportement).

#### V.1.2. Le temps de manifestation :

C'est le temps nécessaire pour atteindre un stade bien défini, généralement la perte d'équilibre (WUHRMANN, 1952) (16). Ce dernier critère présente un intérêt pratique car au delà de ce stade, le poisson ne peut plus fuir un flot toxique en rivière et est entraîné au sein de cette masse d'eau (14).

#### V.1.3. Le temps nécessaire pour atteindre l'irréversibilité du processus d'intoxication :

Ce critère qui est long et difficile à appliquer peut toutefois être utile pour l'étude des pollutions intermittentes.

#### V.1.4. Le temps de survie :

Dans ce cas, les expériences sont poussées jusqu'à la mort des poissons testés. Ce critère n'est pas toujours facile à apprécier car des poissons soumis à une intoxication, semblant parfois apparemment morts et ne réagissant pas à diverses stimulations, reviennent à la vie en eau pure.

Dans les études toxicologiques, les notions de temps (pour la réalisation d'un effet donné) et de concentration étant étroitement liées entre elles, la définition des différents seuils de toxicité n'a de sens que si les temps correspondants sont indiqués.

Pour les concentrations, on détermine :

##### a.- La concentration létale moyenne ou CL 50 :

C'est la concentration à laquelle 50% des sujets testés meurent pendant la durée de l'expérience.

##### b.- La dilution limite :

C'est la plus forte concentration supportée sans dommage apparent pendant la durée de l'expérience comportant d'abord un temps défini de mise en contact avec la solution toxique et ensuite un temps défini de séjour en eau pure.

##### c.- La concentration minima mortelle :

C'est la plus faible concentration susceptible d'entraîner la mort des sujets pendant la durée de l'expérience.

Ces deux dernières notions n'étant pas statistiquement déterminables tendent actuellement à être complètement abandonnées (14).

Il existe un temps de manifestation d'un effet toxique inversement proportionnel à la concentration.

WUHRMANN (1952) (16) a montré, pour de nombreuses espèces de poissons, qu'il existe un seuil de concentration  $C_s$  au dessous duquel il n'y a pas d'effet toxique décelable. Au delà de ce seuil, le temps de manifestation diminue rapidement vers les concentrations croissantes mais tend vers une valeur constante

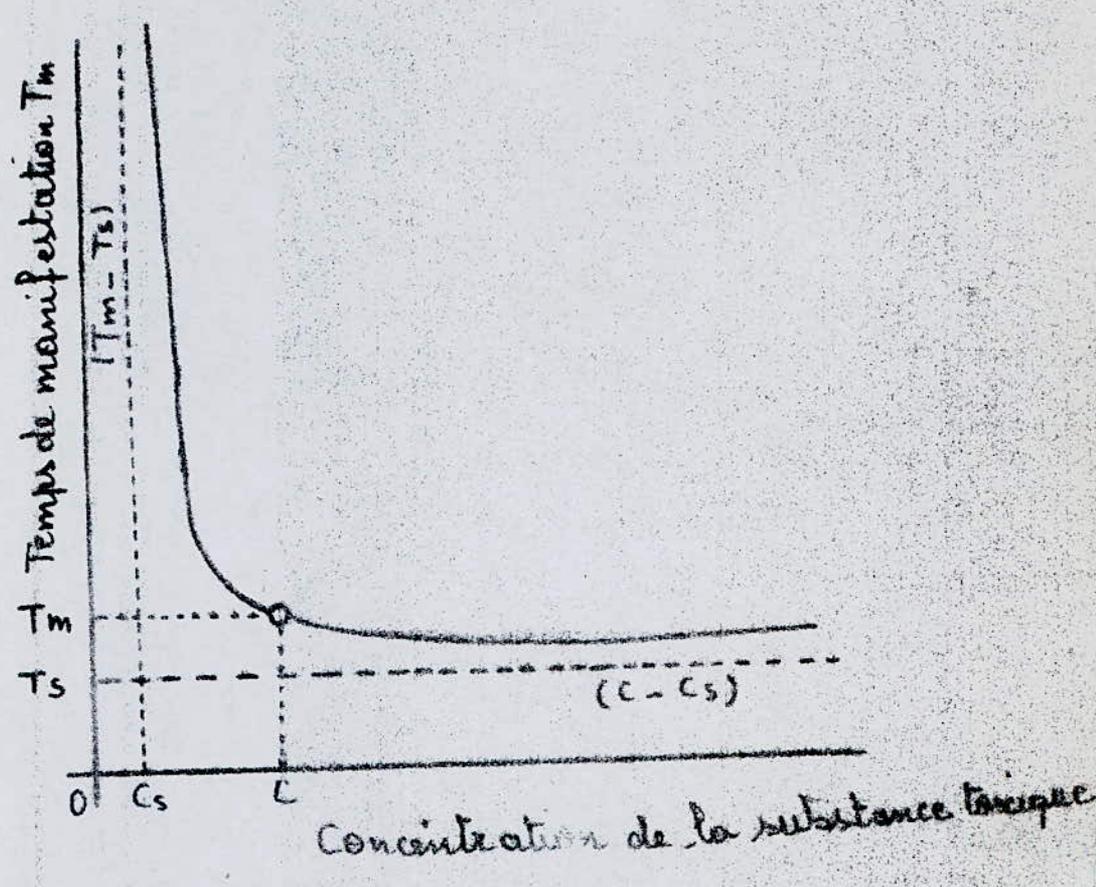


Fig. 2. Courbe générale de toxicité.  
Relation entre la concentration et le  
temps de manifestation.  
(d'après Wulhormann 1952)

minima (valeur limite)  $t_s$ , correspondant au seuil de temps d'empoisonnement ou durée minimale nécessaire à la manifestation de l'action toxique quelque soit la concentration.

La relation mathématique donnant le temps de manifestation en fonction de la concentration est de la forme suivante :

$$(T_m - T_s) = \frac{K}{(C - C_s)^n} \quad (14)$$

où :  $T_m$  = temps de manifestation de l'effet toxique

$T_s$  = temps seuil

$C$  = concentration de la substance toxique

$C_s$  = concentration seuil

$n, K$  = constantes caractéristiques du polluant étudié, du type d'organisme soumis à l'essai ainsi que des conditions de l'essai

## V.2. Influence des caractéristiques des sujets testés :

La sensibilité aux toxiques diffère suivant les différentes espèces et même au sein d'une même espèce comme l'ont démontré PEDERSEN et al. (1976) (17) qui ont trouvé que "la capacité de biotransformer certaines drogues par les enzymes microsomiaux du foie variait de façon très significative suivant la souche (géographique et génétique) des truites arc-en-ciel utilisées dans leurs tests".

L'effet de la substance toxique dépend également de la taille et du stade de croissance : l'effet toxique est beaucoup plus intense chez les alevins vésiculés que chez les adultes.

Il est aussi lié à l'état de santé des poissons, les plus faibles étant plus sensibles à l'action des toxiques.

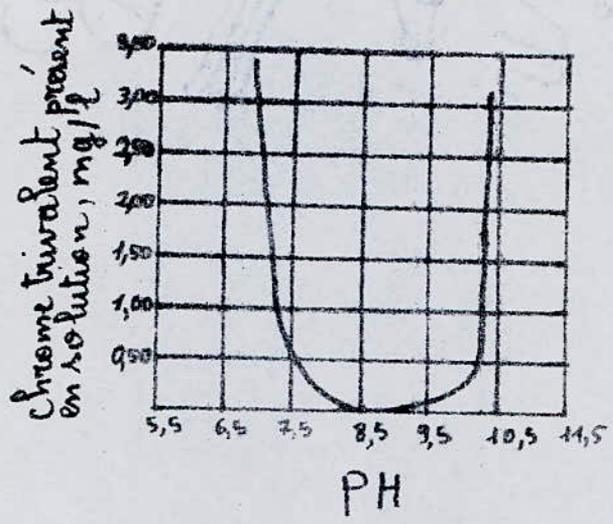


Fig. 2 Solubilité de l'hydroxyde de chrome en fonction du pH

Source : F. Meinke, H. Stoff, H. Kohlschütter  
(Les eaux résiduaires industrielles)

### V.3. Influence des caractéristiques du milieu :

#### 1.- pH :

Le poisson ne peut pas vivre au delà de certaines limites de pH qui peut augmenter la toxicité de certaines substances même à "l'intérieur des limites compatibles avec la vie" (14).

Ainsi une certaine élévation du pH entraîne la solubilité de l'hydroxyde de chrome  $Cr(OH)_3$  qui, contrairement au chrome à l'état soluble, n'est pas toxique. Les limites de pH les plus favorables à la vie aquatique sont comprises entre 6,5 et 8,5 (18).

#### 2.- Température :

La température interne des poissons varie avec celle du milieu ambiant qu'elle ne dépasse que de 0,1 à 0,4°C environ.

Le métabolisme et la vie même des poissons sont étroitement liés à la température du milieu aquatique car "l'équipement enzymatique des poissons fonctionne avec son meilleur rendement dans un intervalle de température donné" (14).

En général, une température élevée favorise la pénétration des toxiques en augmentant la perméabilité au niveau des branchies. Elle peut également activer les processus de détoxification et d'excrétion.

La mort périodique de poissons dans le marais de Réghaïa est enregistrée généralement à la fin de l'été.

Cette période caractérisée par une saison sèche et des températures élevées (voir courbe ombrothermique 4 et histogramme des pluies 5, station de Rouiba) coïncide avec la reprise des activités industrielles et donc des rejets des effluents toxiques.

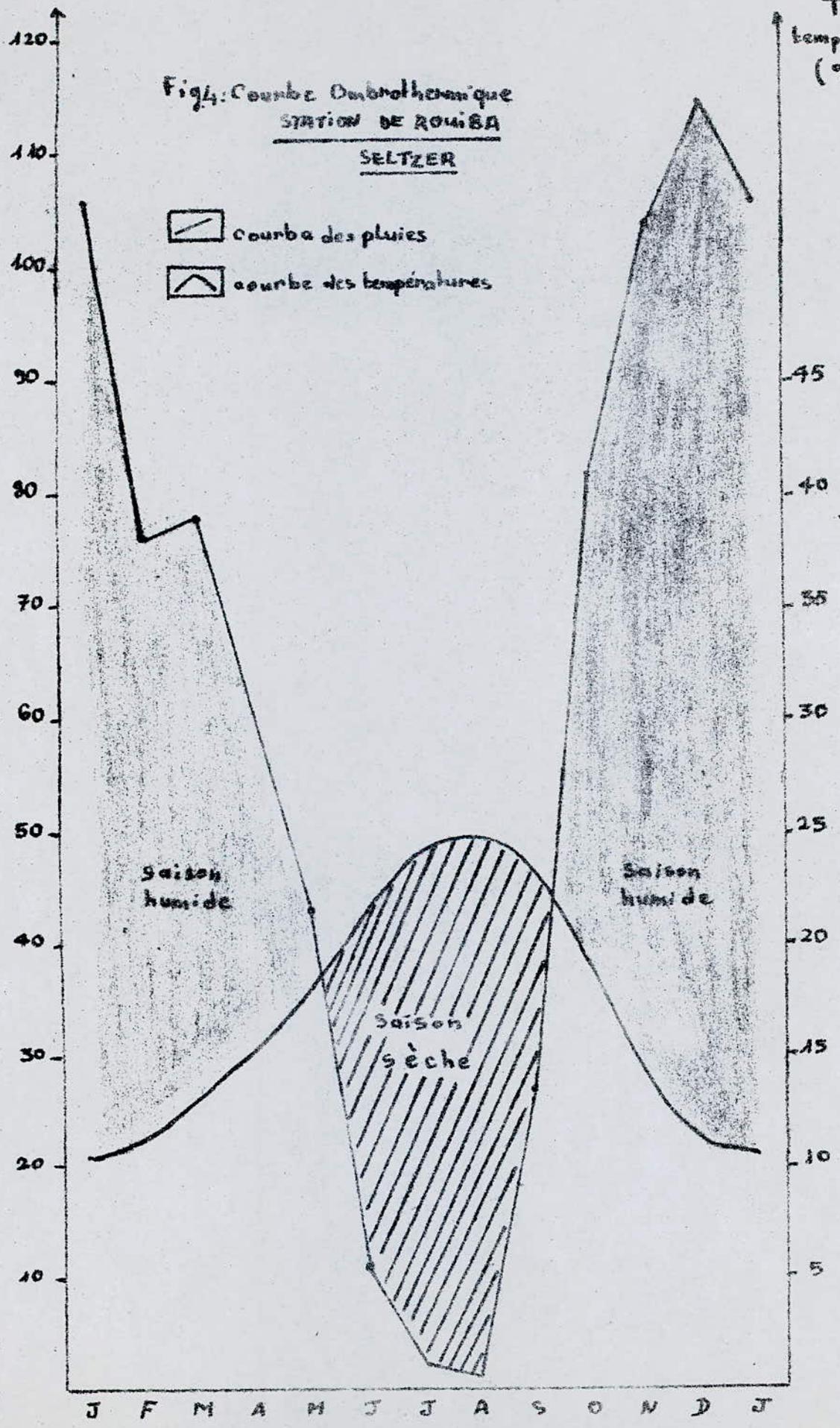
On constate sur la courbe ombrothermique que la saison sèche s'étend de Juin à septembre avec une température d'environ 25°C en Août et 24°C en Septembre; ainsi qu'une pluviométrie moyenne de 02 mm en Août et de 27 mm en Septembre. En raison de la variabilité de l'effet de la température selon les espèces et

P  
Pluie  
(mm)

T  
Température  
(°C)

Fig. 4: Courbe Climatologique  
STATION DE ROUMBA  
SELTZER

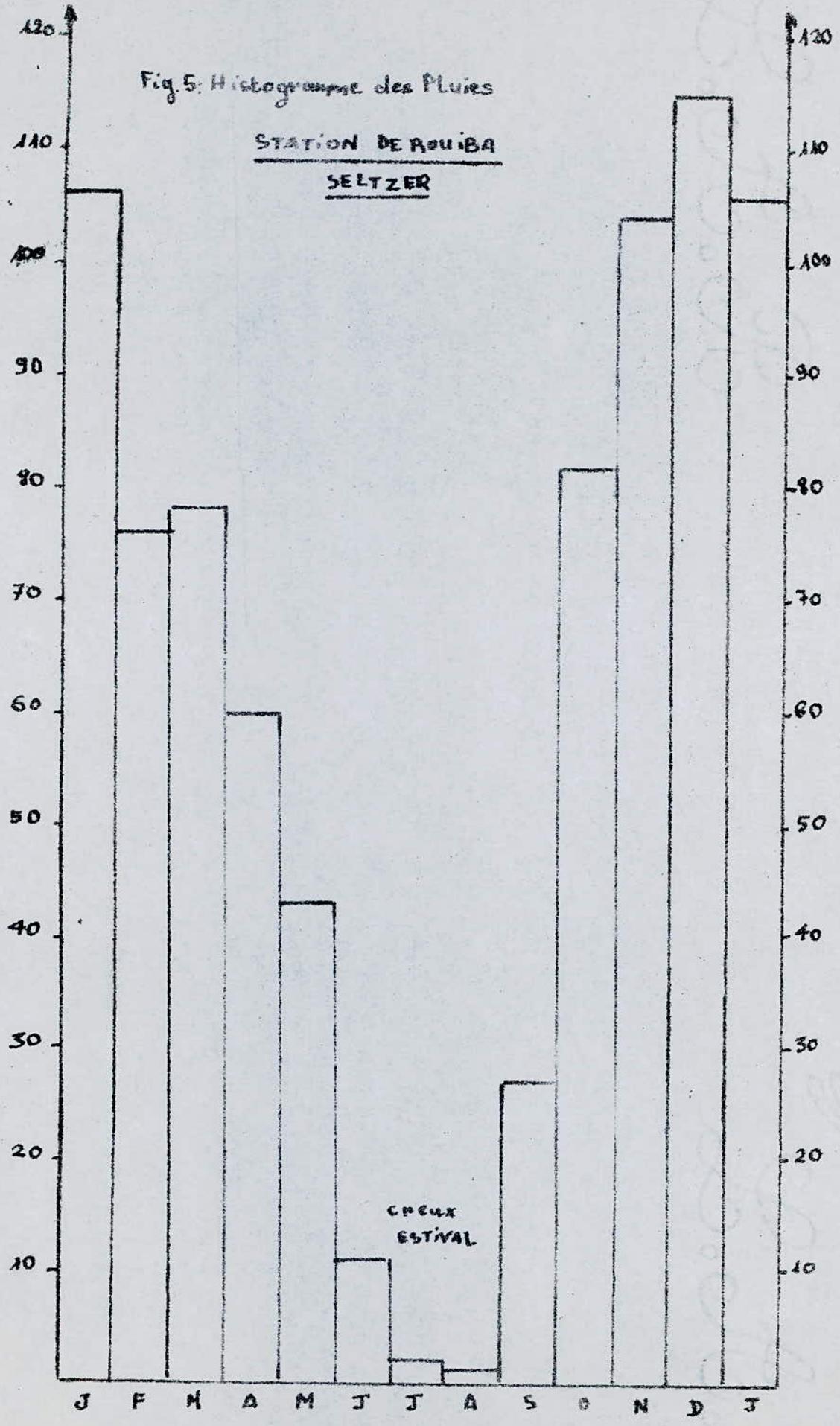
▧ courbe des pluies  
▨ courbe des températures



Pluie  
(mm)

Fig. 5: Histogramme des Pluies

STATION DE RQUIBA  
SELTZER



Les toxiques en cause, les poissons doivent être d'abord acclimatés à la température de la solution étudiée dans les tests de toxicité.

c.- Oxygène dissous :

Une diminution du taux d'oxygène dissous accélère les mouvements respiratoires chez les poissons ce qui augmente la pénétration des toxiques se trouvant dans l'eau.

d.- Gaz carbonique dissous :

Celui-ci influe sur la variation du pH et par là sur la dissociation des molécules toxiques. Il a également une action sur le rythme respiratoire.

e.- Composition minérale de l'eau :

La concentration d'une eau en sels et particulièrement en calcium intervient sur la toxicité de nombreux polluants. En effet, la perméabilité de l'épithélium des poissons aux substances dissoutes dépend étroitement du calcium. "Ainsi une même concentration de toxique aura des conséquences généralement plus graves dans des régions granitiques à eaux peu minéralisées que dans des rivières de pays calcaires" (14).

Dans les intoxication métalliques, la précipitation de certains sels ou complexes (hydroxydes par exemple  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , carbonates, phosphates ...) limite la solubilité des métaux et par conséquent leur toxicité.

Il existe une compétition, pour le transport au travers des membranes biologiques, entre le calcium et les ions métalliques.

f.- Mélange des toxiques :

Les effets de plusieurs polluants toxiques se trouvant dans l'eau peuvent s'ajouter, se renforcer ou s'inhiber.

Il y a synergie lorsque la toxicité du mélange est supérieure à la somme des toxicités de chaque polluant et antagonisme lorsqu'elle est inférieure à cette somme.

g.- Produits de décomposition

La dégradation de certains polluants dans l'eau peut donner des substances plus ou moins toxiques que les produits initiaux.

## VI. MESURE DES TOXICITES :

### A/- SUR LES POISSONS :

#### VI.1. Les tests à court terme :

Les tests à court terme effectués en 24, 48 ou 96 heures permettent d'apprécier les toxicités des substances dont on détermine la concentration létale moyenne CL 50 correspondante.

Bien que les concentrations correspondant à la mortalité de 50% des sujets testés ne peuvent pas être prises comme seuils acceptables, elles permettent de comparer les toxicités des différents polluants et d'avoir des résultats reproductibles (14).

Les conditions dans lesquelles s'effectuent les études de toxicité de chaque substance doivent être "rigoureusement définies et constantes aussi bien en ce qui concerne les sujets testés (espèce, taille, stade de développement ...) (14) que les conditions de milieu (pH, température, minéralisation...)). Ceci afin d'éviter les disparités concernant la toxicité d'une même substance, disparités provenant généralement de conditions différentes d'expérimentation. Les tests à court terme permettent d'établir "des références dans les dossiers d'homologation de substances particulières ou les dossiers de déclaration de vente ou d'importation de substances chimiques nouvelles"(14). La toxicité à court ou moyen terme d'un mélange dont la composition chimique n'est pas bien définie, par exemple un effluent résiduaire complexe se déversant dans un rivièrre, peut être appréciée en plongeant des poissons vivant normalement en amont de la rivièrre dans l'effluent brut ou dilué avec l'eau de cette rivièrre.

#### VI.2. Les tests à long terme :

Les tests à court terme étant insuffisants pour déterminer les limites de sécurité applicables dans le cas de pollution chronique, des tests à long terme sont nécessaires. Des substances qui se sont révélées sans effet à court terme ont provoqué à long terme des cas de mortalité importante.

Les effets toxiques à long terme s'expliquent par le fait que le polluant toxique agit souvent progressivement sur certains organes vitaux tels que le foie, les reins, l'appareil branchial.

Il peut y avoir également modification de la composition sanguine.

Certains toxiques (pesticides organochlorés, métaux lourds) ont des effets cumulatifs et provoquent des mortalités différées (14).

Ainsi pour pouvoir fixer des critères de qualité pour la vie aquatique, critères qui ne peuvent pas être basés uniquement sur l'absence de mortalité en présence d'un toxique donné, des tests à long terme doivent être menés pendant toute la vie des sujets testés et "même au delà sur les générations suivantes avec contrôle de la croissance, de l'état sanitaire etc..."

Car "certains facteurs (éléments radioactifs, substances cancérogènes) peuvent modifier les caractères héréditaires ou agir directement sur la descendance pendant la période de développement embryonnaire" (14).

MOUNT et al. (19) (1969), ADELMAN et al. (20) (1976) ont effectué des tests à long terme qui ont permis de prouver que les concentrations réelles de sécurité sont parfois nettement plus faibles que celles obtenues avec des tests à court terme.

Cependant, l'étude des effets à long terme étant difficile à mener, certains chercheurs se tournent vers l'étude des effets physiologiques des toxiques permettant de déceler certaines perturbations importantes ou irréversibles avant la mort des sujets testés.

#### B/- SUR LES AUTRES ORGANISMES DU MILIEU AQUATIQUE :

L'action des substances toxiques pouvant influencer indirectement sur la vie des poissons par l'intoxication ou la destruction des organismes aquatiques qui leur servent de nourriture ou qui jouent un rôle dans l'équilibre du milieu dans lequel ils vivent, des tests de toxicité doivent nécessairement être effectués sur ces organismes.

Ainsi le chrome et le cuivre exercent une action plus toxique sur les algues et sur certains invertébrés que sur les poissons (14).

En prenant comme exemple l'effet toxique du chrome, les tests de toxicité peuvent être effectués par :

1°- L'évaluation de la toxicité à partir de la demande biochimique en oxygène (DBO).

2°- Test sur Daphnies :

a.- Evaluation de la toxicité à partir de la demande biochimique en oxygène des boues activées adaptées ou non adaptées avec des quantités variables et croissantes de l'effluent supposé toxique et consommateur d'oxygène (21).

L'évaluation de la toxicité à partir de la DBO par respiromètre permet l'obtention d'une courbe dans laquelle le point A indique la DBO correspondant à la respiration endogène de la boue seule. (Voir figure n° 6).

Le développement bactérien est inhibé à partir d'une concentration C de l'effluent toxique ce qui entraîne une diminution de la demande en oxygène. Des études sur la diminution de la demande biochimique en oxygène avec des concentrations croissantes en sels de chrome trivalent ont donné les résultats suivants :

Concentration en $Cr^{+3}$ (mg Cr/l)	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	Pourcentage diminution de la DBO <sub>5</sub>
0	189	-
50	189	0,0
100	188	0,5
200	184	2,5
300	180	5,0
400	169	10,5
500	161	15,0

Tableau n° 8 :

Source : GauglHofer - E M P A, St - Gallen

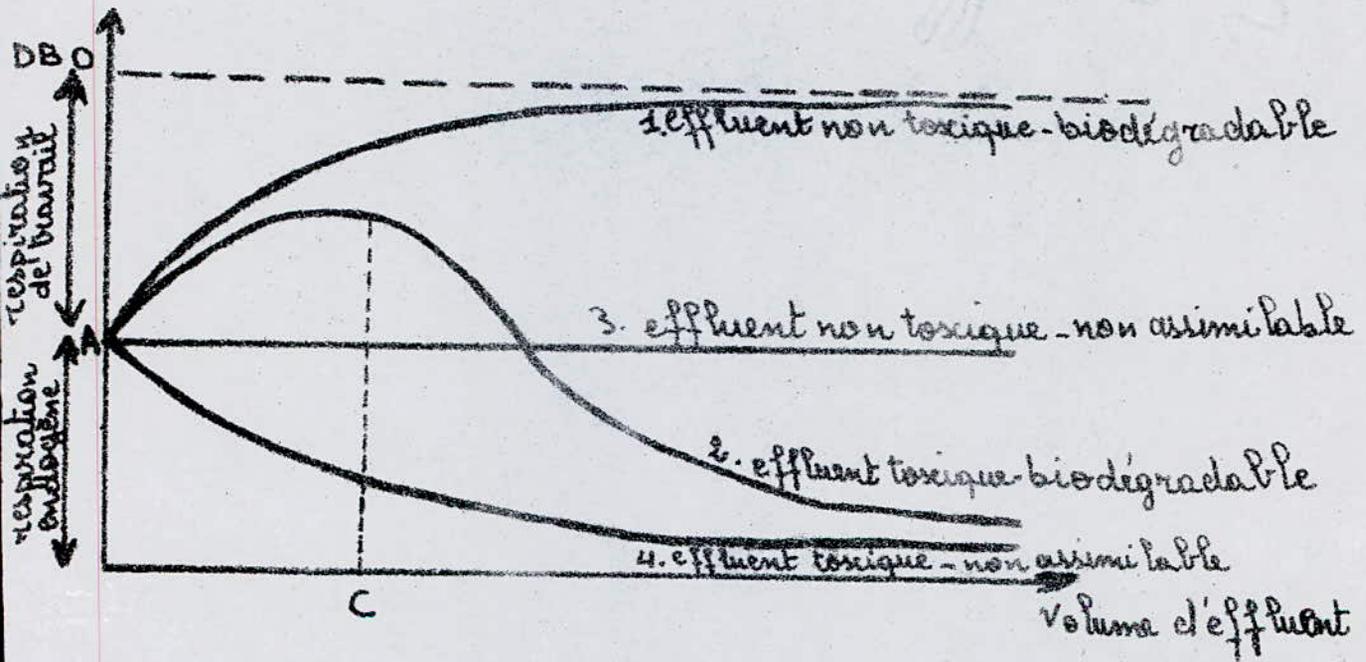
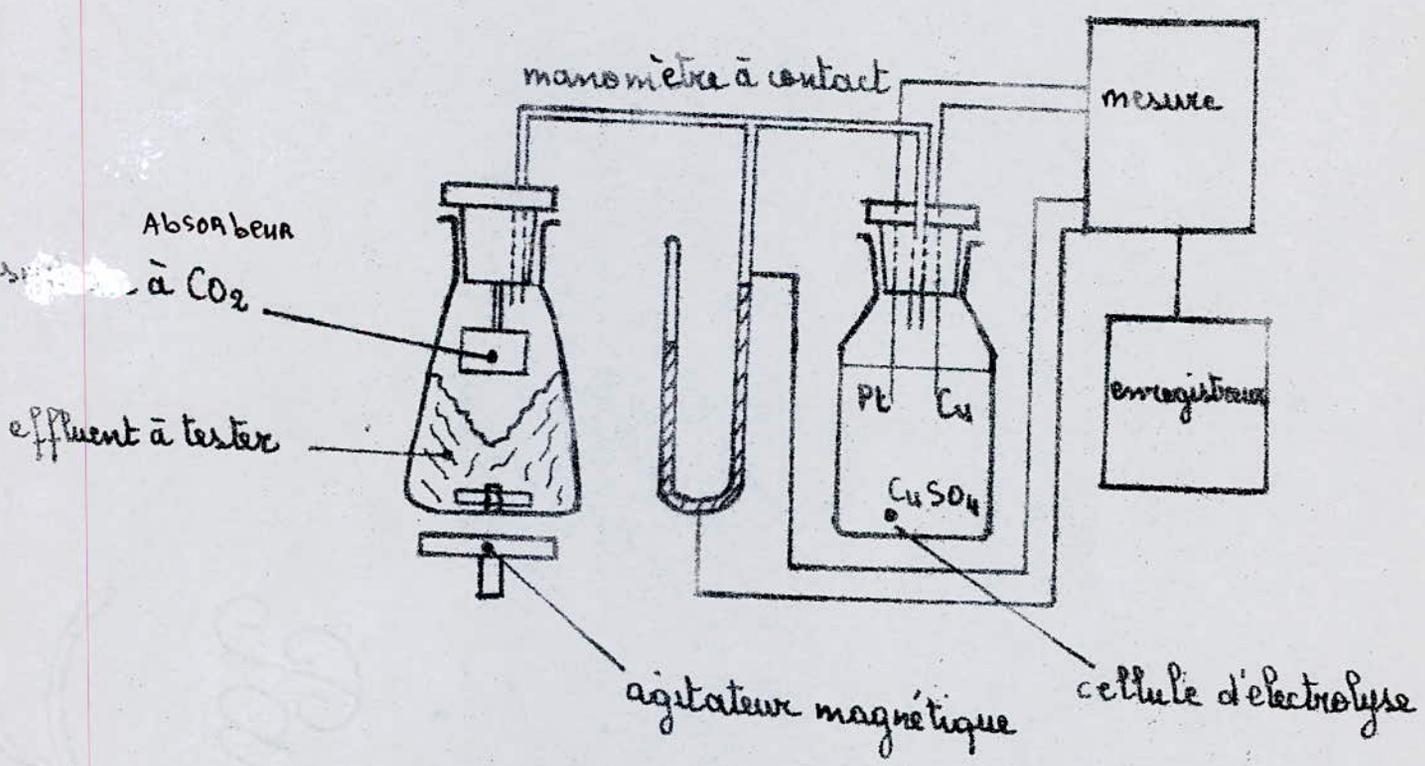


Fig. 6. Courbes respirométriques (boues activées + substrat)

Source: M. Aloy, A. Folachier, B. Vuilliermet  
(tannerie et pollution)

# Fig. 7. Principe de fonctionnement d'un respiromètre

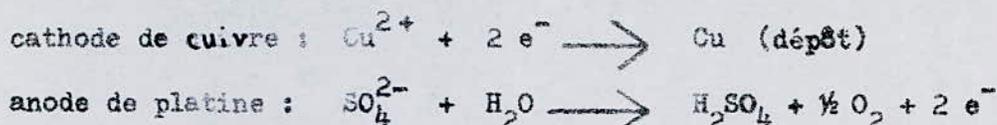
Source: H. Aloy, A. Folachier, B. Vuillemet  
(tannerie et pollution)



\* Principe de fonctionnement du respiromètre (21) :

L'échantillon est placé dans une enceinte thermostatée à + 20°C et agité. L'action des microorganismes aérobies consomme de l'oxygène et libère du CO<sub>2</sub> qui est absorbé sur de la chaux sodée. De ce fait, la pression au dessus de l'échantillon diminue, ce qui par l'intermédiaire d'un manomètre à contact provoque le passage de courant dans une cellule d'électrolyse génératrice d'oxygène qui fonctionne jusqu'à rétablissement de la pression.

L'oxygène est fourni par l'électrolyse du sulfate de cuivre en milieu acide:



La quantité de courant fournie à la cellule électrique est proportionnelle à la quantité d'oxygène demandée par l'échantillon, donc à la DBO.

b.- Test sur Daphnie (Daphnia magna Straus) :

Ce test permet de déterminer directement la toxicité d'un effluent sur des organismes vivants : les daphnies, micro-crustacés très répandus en eau douce et représentant un maillon écologique important (21).

Ce test qui est l'objet en France d'une norme expérimentale AFNOR (Association Française de Normalisation : NFT 90.301) (21) consiste en la détermination de l'inhibition à court terme, dans l'effluent, de la mobilité des daphnies. Pour cela, on sélectionne des daphnies d'après leur taille (comprise entre 560 et 800 µm) (22), on procède ensuite sur un échantillon des daphnies sélectionnées, à une série de dilutions de l'effluent à tester et on détermine la concentration C<sub>1</sub> qui entraîne, après 24 heures d'incubation à 20°C dans l'obscurité, l'immobilité de 50% des daphnies.

Après un essai préliminaire permettant d'estimer approximativement C<sub>1</sub>, on fait un essai définitif dont on retient le résultat.

Pour savoir si les daphnies réagissent normalement à un toxique donné, on utilise comme étalon de toxicité le bichromate de potassium K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dont la

concentration  $C_0 = 1,2 \text{ mg/l}$  entraîne l'immobilisation en 24 heures de 50 % des daphnies.

La concentration  $C_1$  est appelée CL 50 - 24 h (concentration létale qui immobilise 50 % des sujets testés en 24 h) (21).

Ce test effectué avec une solution de sels de chrome trivalent commerciaux (25 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) à 5 g/l a donné une CL 50 - 24 h égale à 100 mg/L. (21).



Fig. 8: *Daphnia magna* (femelle adulte)

Source: P. Pesson

(La pollution des eaux continentales  
(Incidence sur les biocénoses aquatiques))



Cependant, le pouvoir auto-épurateur dépend de plusieurs facteurs (23) dont :

- \* La température de l'eau à laquelle est liée la vitesse de réactions chimiques et biologiques.
- \* Le taux d'oxygène dissous qui est nécessaire pour la dégradation des matières organiques.
- \* Le débit du cours d'eau (taux de dilution).
- \* Le type de pollution.
- \* Les conditions topographiques : la pente locale, des obstacles naturels, un retrécissement du cours d'eau modifient les conditions de turbulence et par la suite les vitesses de réactions (oxydation, réoxygénation ...).

Lors de l'auto-épuración, les sels minéraux, produits par la dégradation biologique des matières organiques sont utilisés par les algues pour la synthèse de leur matière vivante par photosynthèse.

Cette synthèse permet la production de grandes quantités d'oxygène dissous consommé en même temps que l'oxygène de l'air par les bactéries aérobies et les autres organismes aquatiques.

Des organismes animaux tels que les protozoaires, les métazoaires et les crustacés se nourrissent de bactéries et d'algues et servent à leur tour ainsi que d'autres bactéries et algues de nourriture au poisson qui est ensuite consommé par l'homme (23).

L'auto-épuración naturelle qui vient d'être décrite a longtemps fait supposer que les cours d'eau permettaient tous les rejets résultant des activités humaines; mais si cela est vrai pour une faible charge polluante, il n'en est plus de même lorsque la concentration en polluants et particulièrement en polluants toxiques, par exemple les sels des métaux lourds, est élevée. Dès lors et au delà d'une certaine concentration limite en éléments toxiques, on assiste, malgré le fort pouvoir d'adaptation des microorganismes à " une croissance bactérienne intense et simultanément à une demande accrue en oxygène. Ce dernier diminue progressivement jusqu'à devenir nul et des conditions anaérobies vont s'installer. Les formes animales vont disparaître les unes après les autres suivant leur degré d'évolution (poissons, crustacés, métazoaires,

protozoaires)". (23).

Ces conditions favorisent l'apparition de bactéries anaérobies avec formation de plaques noirâtres à la surface et production d'odeurs nauséabondes dues au dégagement d'acide sulfhydrique  $H_2S$  et de méthane  $CH_4$ .

### VII.2. Effets du chrome :

Le chrome qui fait partie des métaux lourds les plus toxiques (beryllium, cadmium, arsenic, mercure, plomb, argent et sélénium) (25) est amphotère et peut se trouver dans l'eau sous plusieurs formes. "L'oxydation des composés chromeux étant instantanée, le chrome peut se trouver à l'état trivalent (chromites) ou hexavalent" (26).

Sa toxicité se traduit par les effets suivants :

#### VII.2.1. Effets sur l'homme :

Une intoxication aigüe par le chrome entraîne une tubulonéphrite aggravée parfois par une hépatite toxique avec ictère (25).

L'intoxication professionnelle par les dérivés du chrome et particulièrement les dérivés du chrome hexavalent entraîne chez le travailleur des lésions cutanées difficilement guérissables, des dermatites eczématisées, l'attaque des muqueuses du nez et des troubles des voies respiratoires pouvant aboutir à un cancer (2).

Cependant, quelque soit la forme sous laquelle il se trouve (trivalente ou hexavalente), le chrome étant "pratiquement un élément anormal de l'eau" (26), on considère qu'il ne doit pas se trouver dans l'eau de boisson.

#### VII.2.2. Effets sur la faune :

Le chrome est toxique pour les carpes à partir d'une concentration de 180 à 200 mg/l. Des concentrations en chromates supérieures à 50 mg/l sont toxiques pour les poissons.

- La concentration toxique en sels chromiques est supérieure à 42 mg/l pour les petits crustacés du genre Daphnia.

- Pour *Daphnia magna* (petit crustacé consommé par le poisson), la concentration toxique limite est de 0,32 mg/l en chromate de sodium et de 0,7 mg/l en bichromate de potassium. (28)

Le fonctionnement des stations d'épuration des eaux usées peut être perturbé par la présence de sels chromiques. Ceux-ci peuvent altérer les processus d'épuration biologique en ralentissant, voire supprimant l'activité des enzymes secrétés par les bactéries pour la biodégradation des matières organiques, ce qui prive ces bactéries d'éléments nutritifs indispensables à leur croissance et entraîne par là la suppression de leur pouvoir épurateur.

Selon C. GOMELLA et H. GUERREE (24) "Les sels des métaux lourds sont des inactivants enzymatiques puissants à de faibles doses".

Selon SOUTHGATE (29), le rendement d'épuration d'installations biologiques peut être compromis pour une concentration de 1 mg/l de  $\text{Cr O}_3$  et une concentration de 0,9 mg/l provoque l'arrêt des processus de nitrification qui permettent la transformation en nitrates de l'azote ammoniacal particulièrement toxique pour les poissons sous forme de  $\text{NH}_3$  (25).

D'après l'étude de MONK (30) des effets des eaux résiduaires d'un atelier de chromage sur "Bactérium aérogènes qui est considéré comme le représentant des bactéries participant à l'épuration biologique des eaux résiduaires, pour toutes les concentrations étudiées (10 à 500 mg/l  $\text{Cr O}_3$ ), les cultures se sont montrées pratiquement stériles au bout de 4 heures".

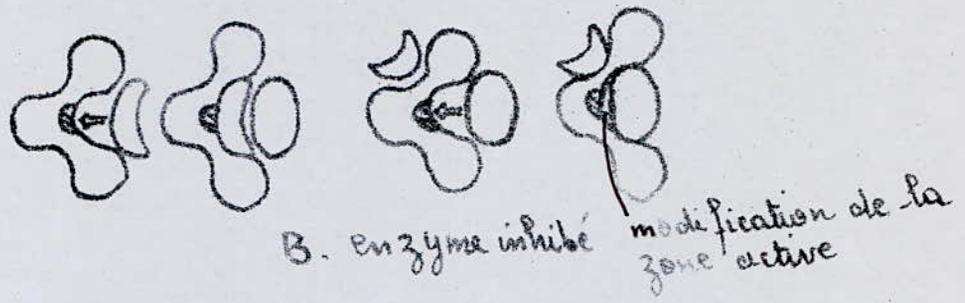
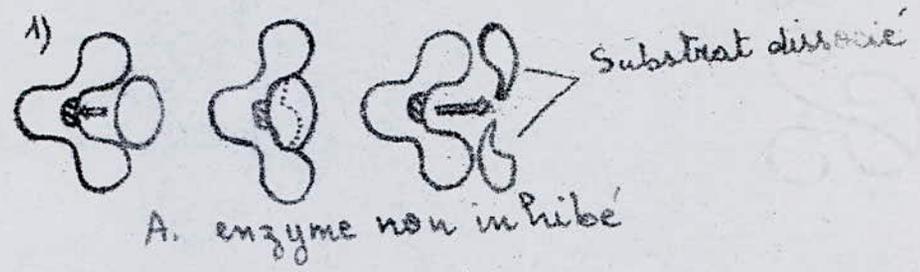
Les processus de fermentation anaérobie sont également inhibés par la présence du chrome ce qui pose des problèmes pour la digestion ou la stabilisation des matières organiques lors des traitements des boues résiduaires. Ainsi, des doses quotidiennes de 10 mg/l Cr affectent la décomposition anaérobie de l'acide acétique en ralentissant l'activité de fermentation des bactéries méthanifères et des doses intermittentes de 50 à 200 mg/l de sels chromiques ralentissent considérablement et peuvent même supprimer, pour une certaine durée, cette activité.

### Fig. 9. Représentation de l'activité:

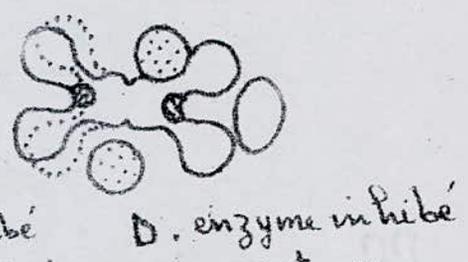
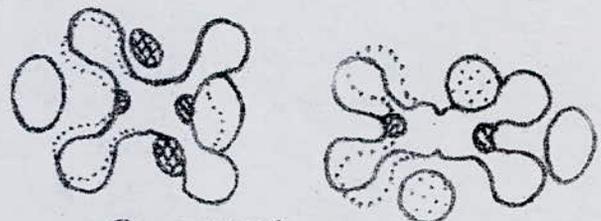
1) d'un enzyme à une zone active

A) En présence d'un substrat

B) En présence d'un substrat et d'un inhibiteur



2)



2) d'un enzyme à deux zones actives

C) En présence d'un substrat et d'un activateur

D) En présence d'un substrat et d'un inhibiteur

Ⓜ coenzyme Ⓜ

○ substrat ○

Ⓜ inhibiteur Ⓜ

○ substrat ○

⊞ activateur ⊞

⊙ inhibiteur ⊙

Source: L'univers en couleurs, Les sciences (Larousse)  
(La biochimie: chimie de la vie)

Des doses de 500 mg/l de chromate provoquent l'arrêt de la fermentation méthanique. (28).

### VII.2.3. Effets sur la flore aquatique et les végétaux :

Les sels chromiques sont toxiques pour les algues du genre *Scenedesmus* à partir de 4 mg/l.

Les chromates ont un effet nettement plus intense. Cet effet se manifeste pour une concentration d'environ 0,7 mg/l.

En ce qui concerne les végétaux, la toxicité des sels chromiques se traduit par la destruction progressive de l'appareil chlorophyllien, l'inhibition du développement des racines et des parties aériennes.

- Une dose à partir de 100 mg de  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  affecte la croissance de l'avoine, du seigle et du blé.

- Une concentration en  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  supérieure à 1 mg/l est toxique pour les cultures de maïs dans l'eau tandis qu'une concentration inférieure à 100mg/l affecte l'orge et le petit pois.

- Une concentration de 0,1 mg Cr en chromate de sodium altère considérablement le blé, le seigle, l'orge et le petit pois. (28).

VIII. CARACTERISTIQUES DES DERIVES DU CHROME UTILISES DANS LES TANNERIES ET  
MEGISSERIES :

VIII.1. Introduction :

Le développement de l'industrie chimique a considérablement influé sur les procédés de fabrication du cuir et particulièrement sur les produits de tannage des peaux brutes de bovins, ovins et caprins. (21)

En effet, on se sert depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle de tanins au chrome pour la transformation des peaux en cuir.

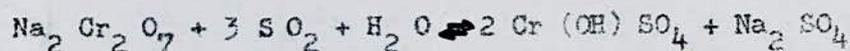
L'utilisation des sels de chrome s'explique par la rapidité de l'opération de tannage et par les qualités du cuir obtenu telles que la solidité, la résistance à l'eau, à la chaleur et à la lumière car les sels de chrome forment des "combinaisons basiques stables dans l'eau et ont une forte tendance à former des complexes avec la substance peau". (31)

Le tannage avec des sels de chrome est basé sur la propriété importante de celui-ci de former des ions complexes.

VIII.2. Sels de chrome généralement employés dans les tanneries et mégisseries pour l'opération de tannage :

Ce sont des sels de chrome trivalent (sulfate de chrome basique) obtenus par réduction de bichromate de sodium avec du glucose, certaines matières organiques (melasse, copeaux ...) ou avec une solution sulfurique. (32)

Exemple (32) : Réduction du bichromate de sodium en solution sulfurique



Auparavant, la réduction du bichromate de sodium s'effectuait principalement dans les tanneries et les mégisseries mais les dangers que présente cette opération (réaction exothermique avec risque de projection d'acide) ont obligé les tanneurs à avoir recours à des sels de chrome commerciaux prêts à l'emploi. Ceux-ci se présentent sous forme de poudre verte hygroscopique soluble dans l'eau.

Cette poudre est un sulfate de chrome basique avec une certaine basicité exprimée en pourcentage Schorlemmer ou "pourcentage des valences du chrome total présent par rapport aux valences du chrome saturées de groupes OH". (7)

$$X = \% \text{ Schorlemmer} = \frac{100 \cdot \text{chrome en combinaison basique}}{\text{chrome total}}$$

Exemples : (7)

Sulfate de chrome	Basicité
$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	0%
$\text{Cr}_2(\text{OH})_2(\text{SO}_4)_2$	$\frac{100 \times 2}{6} \approx 33\%$
$\text{Cr}_2(\text{OH})_4(\text{SO}_4)$	$\frac{100 \times 4}{6} \approx 67\%$
$\text{Cr}_2(\text{OH})_6$	$\frac{100 \times 6}{6} = 100\%$

IX. LA MEGISSERIE DE ROUBA :IX.1. Présentation de la mégisserie :

La mégisserie de Rouba située dans la zone industrielle de Rouba, débutant avec une production de 500 pièces par jour en 1966, procède à l'heure actuelle, avec un effectif de 560 travailleurs, à la transformation en cuir d'environ 8000 peaux d'ovins par jour.

La nature et la quantité de produits utilisés annuellement sont indiqués dans le tableau n° 9 :

Nature du produit	Quantité (tonnes par an)
Sulfure de sodium	220
Chaux	220
Acides	90
Chrome	290
Colorant	60
Solvant et pétrole	385
Autres sels	220
Polymères	40

Tableau n° 9 :

Source : Mégisserie de Rouba.

IX.2. Procédés employés dans la mégisserie de Rouiba pour la transformation des peaux brutes en cuir :

Cette transformation nécessite :

IX.2.1. Le travail de rivière :

C'est une série d'opérations effectuées avant le tannage avec des sels de chrome et comportant :

- la mise en trempe ou reverdissage : c'est une opération qui consiste à réhydrater la peau en eau perdue lors de la conservation par le sel et à la débarrasser de toutes les souillures.

- Le délainage - épilage - pelanage : opérations consistant à éliminer la laine, les poils et à réactiver la peau, par hydrolyse alcaline du collagène et gonflement des fibres, pour des traitements ultérieurs.  
Le produit utilisé est à base de sulfure de sodium et de chaux.

- L'écharnage : c'est une élimination mécanique du tissu sous-cutané et des graisses adhérant encore à la peau.

- Le déchaulage : élimination, par addition de sulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , de la chaux utilisée dans les opérations précédentes.

- Le confitage : opération de dégrassage biologique par des éléments bio-enzymatiques ou confits.

- Le dégraissage : élimination des graisses excédentaires par addition de pétrole et d'émulgateur.

- Le picklage : c'est une acidification de la peau en vue de la préparer pour le tannage.

Le picklage est réalisé par utilisation d'acide formique  $\text{HCOOH}$ , d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et de chlorure de sodium  $\text{NaCl}$ .

L'acidification des peaux en présence de sel permet de réprimer leur gonflement.

IX.2.2. Tannage au chrome :

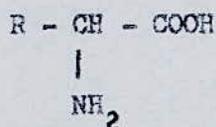
Deux sortes de sels de chrome basiques sont utilisés dans la mégisserie de Rouiba :

- Le sulfate de chrome basique réglé à une basicité d'environ 33% Schorlemmer et contenant 26% d'oxyde de chrome  $Cr_2 O_3$ .

- Le sulfate de chrome basique auto-basifiant réglé à une basicité d'environ 67% Schorlemmer et contenant 21% de  $Cr_2 O_3$ .

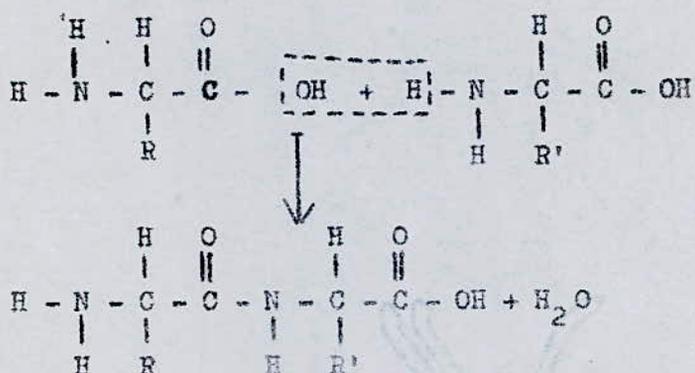
a.- Mécanisme de tannage :

Les fibres de collagène (substance de la peau) sont constituées par un enchaînement d'acides aminés correspondant chacun à la formule générale :



R différent d'un acide aminé à l'autre.

Cet enchaînement se fait de la façon suivante (33) :



Le tannage consiste en une réticulation des chaînes de collagène par le tanin.

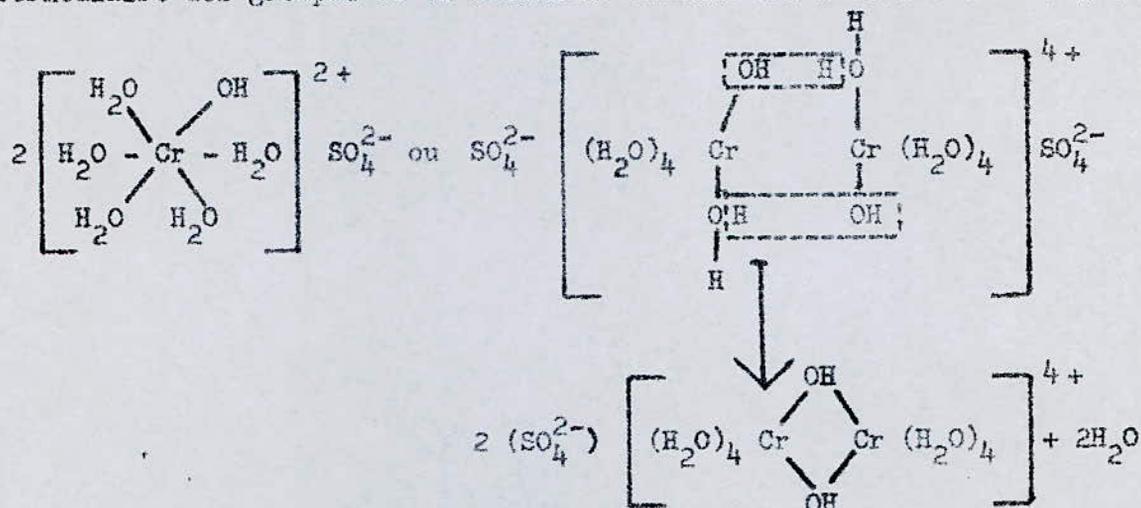
Cependant, un bon tannage dépend de la grosseur des particules du tanin.

Ainsi, des complexes renferment plusieurs atomes de chrome ne peuvent pas pénétrer dans les fibres de collagène et des complexes à un seul atome ne sont pas tannants.

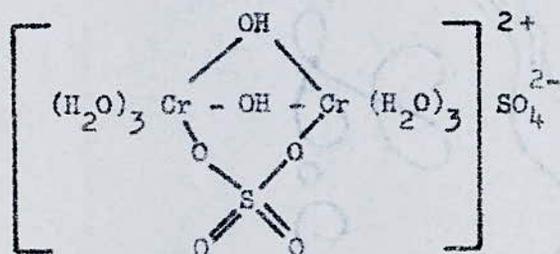
En raison de cela, le sulfate de chrome basique de basicité 33% et comportant deux atomes de chrome est utilisé au départ pour permettre une pénétration et une répartition du tanin dans toutes les fibres du collagène.

\* Olfication :

Le sulfate de chrome basique subit une olfication en solution aqueuse. Deux molécules de celui-ci, comportant des groupes aquo ( $H_2O$ ) s'unissent par l'intermédiaire des groupes OH en éliminant chacune une molécule d'eau. (34)

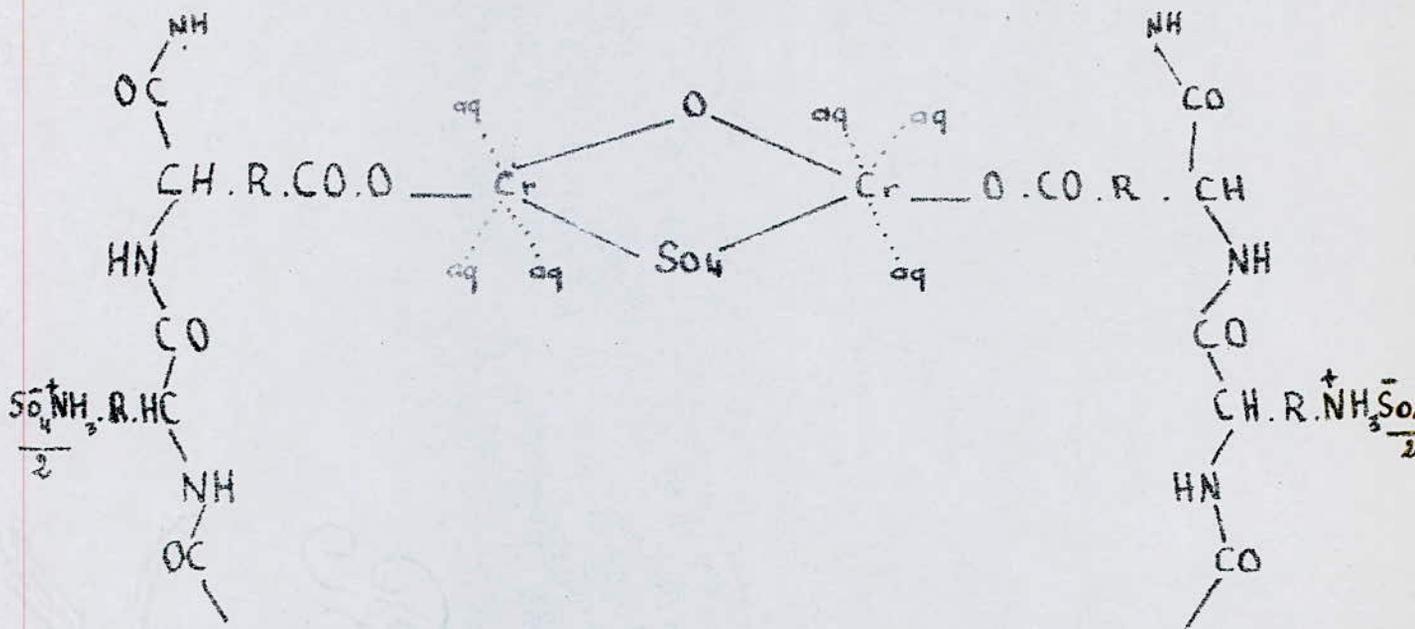


L'incorporation d'un groupe sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) dans le complexe permet une meilleure stabilité de celui-ci car ( $SO_4^{2-}$ ) a une plus grande tendance que le groupe aquo à former des complexes. (31)



"Cette forme du sel complexe basique est l'élément tannant actif proprement dit des solutions de sulfates de chrome".

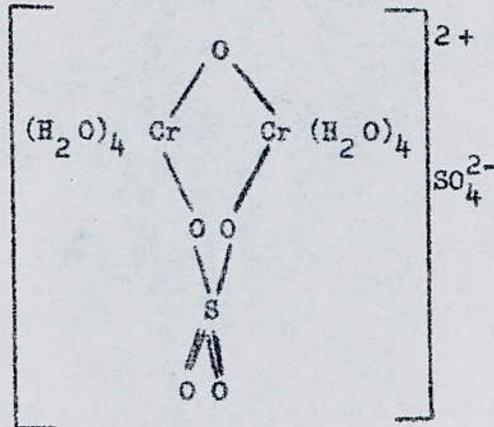
Fig n° 10 Liaison primaire d'un complexe de chrome à 33°  
schorlemmer avec le collagène (réticulation) (31)



aq = H<sub>2</sub>O

\* Oxolation :

Au cours du temps, le complexe olifié libère de l'acidité et il se forme un composé oxique (pont oxo) (31)



En début de tannage, ce composé se lie aux groupes carboxyliques libres du collagène. (Voir figure n° 10)

Cette liaison très stable explique la résistance du cuir.

L'acide libéré est fixé par les groupes amino de deux chaînes latérales basiques voisines.

Une basification avec des sels de chrome auto-basifiants (basicité 67% Schorlemmer) permet le grossissement des particules de tanin au chrome et par là une meilleure fixation de celui-ci.

b.- Quantité de sels de chrome utilisés dans la mégisserie de Rouiba :

Le tannage qui s'effectue dans le bain de picklage nécessite, pour 100 kg de peaux, 3% de sulfate de chrome à 33% Schorlemmer et 7% de sulfate de chrome auto-basifiant à 67% Schorlemmer.

Une pièce en tripes pèse 1,250 kg.

Poids de 8000 pièces en tripes par jour

8000 x 1,250 = 10.000 kg par jour.

- Quantité de sels de chrome à 33% Schorlemmer :

$$\begin{array}{l}
 100 \text{ kg} \longrightarrow 3 \text{ kg de sels de chrome à } 33\% \text{ Schorlemmer} \\
 10.000 \text{ kg} \longrightarrow X \\
 X = \frac{3 \times 10.000}{100} = 300 \text{ kg}
 \end{array}$$

- Quantité de sels de chrome à 67 % Schorlemmer :

100 → 7 kg de sels de chrome à 67 % Schorlemmer  
 10000 → Y

$$Y = \frac{7 \times 10.000}{100} = 700 \text{ kg}$$

Après l'opération de tannage, les cuirs sont retannés avec des tanins végétaux, nourris avec des huiles et teints.

Les quantités d'eau nécessaires pour chaque opération sont indiquées dans le tableau n° 10 :

Opérations	Volume d'eau en m <sup>3</sup>	Nombre de litres d'eau par peau
Trempe	390	48,75
Enchaucenage	2	0,25
Lavage laine	95	11,87
Pelanage	200	25
Echarnage	25	3,12
Déchaulage confitage	10	1,25
Dégraissage	12	1,5
Picklage tannage	75	9,37
Retannage nourriture	45	5,62
<b>T O T A U X</b>	<b>854</b>	<b>106,73</b>

Tableau n° 10 : Répartition du volume d'eau total utilisé par jour pour une moyenne de 8000 peaux (d'après les chiffres fournis par la mégisserie de Rouiba).

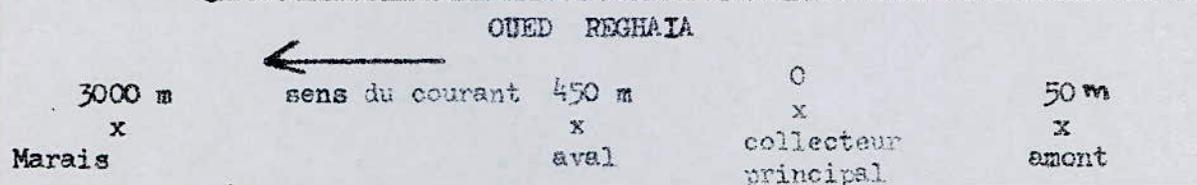
 A B T I E    E X P E R I M E N T A L E

# I. ANALYSES :

## I. 1. INTRODUCTION :

Certains paramètres pouvant être influencés par la présence du chrome ou agir directement ou indirectement sur l'effet toxique de celui-ci, des analyses ont été effectuées sur ces paramètres.

- Des mesures de  $DBO_5$ , DCO, oxygène dissous, MES, pH, température, teneur en chrome ont été faites sur des échantillons prélevés dans l'Oued Réghaïa en amont, au niveau, en aval du collecteur principal et sur des échantillons prélevés au niveau du marais.



- Des mesures de  $DBO_5$ , DCO, MES, pH et teneur en chrome ont été effectuées sur des échantillons de bains de chrome (bains de tannage).

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en verre dans lesquels 0,7 ml de  $H_2SO_4$  et 1 ml de  $NaNO_3$  ont été ajoutés afin de stopper l'activité des bactéries durant le transport vers le laboratoire d'analyses.

- Des analyses pour la détermination du chrome ont été effectuées sur un échantillon de boue prélevé au niveau du marais.

Les résultats des analyses ont été rassemblés dans les tableaux 11, 12, 13, 14, 15 16 et 17.

## I.2. Résultats d'analyses :

Tableau n° 11 : Date de prélèvement : 05 Janvier 1986

Echantillons	Oued Réghaïa en amont du collecteur principal	Oued Réghaïa au niveau du collecteur principal	Oued Réghaïa en aval du collecteur principal	Au niveau du marais de Réghaïa
Heure de prélèvement	9 h 25	9 h 30	9 h 45	11 h 30
Teneur en chrome (mg/l)	0	3	2,8	à l'état de traces
DCO (mg/l)	40	560	600	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	1,3	192	239	13,8
Rapport DCO / DBO <sub>5</sub>	30,8	2,9	2,5	3,6
pH	7,7	8,8	8,7	8,0
MES (105°C) (mg/l)	65	680	560	49

Tableau n°12 : Date de prélèvement : 19 Janvier 1986

Echantillons	Oued Réghaïa en amont du collecteur principal	Oued Réghaïa au niveau du collecteur principal	Oued Réghaïa en aval du collecteur principal	Au niveau du marais de Réghaïa
Heure de prélèvement	11 h 35	11 h 40	11 h 50	13 h 45
Teneur en chrome (mg/l)	0	6,8	5	à l'état de traces
DCO (mg/l)	70	560	860	60
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5,8	151	201	10,8
Rapport DCO / DBO <sub>5</sub>	12	3,7	4,3	5,6
Oxygène dissous (mg/l)	4,7	0	0	1,2
pH	7,6	7,7	7,9	7,4
MES (105°C) (mg/l)	22	624	483	143

Tableau n° 13 : Date de prélèvement : 26 Janvier 1986

Echantillons	Oued Réghaïa en amont du collecteur principal	Oued Réghaïa au niveau du collecteur principal	Oued Réghaïa en aval du collecteur principal	Au niveau du marais de Réghaïa
Heure de prélèvement	9 h 20	9 h 40	10 h	10 h 35
Teneur en chrome (mg/l)	0	6,8	5	à l'état de traces
DCO (mg/l)	30	600	700	20
DBO <sub>5</sub>	3,2	313	327	10,4
Rapport DCO / DBO <sub>5</sub>	9,4	1,92	2	1,92
Oxygène dissous (mg/l)	4	0	0	4,8
Température de l'eau (°C)	10	16	14	11
MES (105°C) (mg/l)	128	603	719	128

Tableau n°14 : Date de prélèvement : 27 Janvier 1986

Echantillons	Oued Réghaïa en amont du collecteur principal	Oued Réghaïa au niveau du collecteur principal	Oued Réghaïa en aval du collecteur principal	Au niveau du marais de Réghaïa
Heure de prélèvement	9 h 20	9 h 35	9 h 50	10 h 10
Teneur en chrome (mg/l)	0	6	1,8	à l'état de traces
DCO (mg/l)	50	1090	-	60
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	2,3	475	-	9,3
Rapport DCO / DBO <sub>5</sub>	21,7	2,3	-	6,5
Oxygène dissous (mg/l)	4,7	0	0	10,6
Température de l'eau (°C)	9°C	12°C	11°C	10°C
MES (105°C) (mg/l)	45	844	-	0

Tableau n°15 : Date de prélèvement : 28 Janvier 1986

Echantillons	Oued Réghaïa en amont du collecteur principal	Oued Réghaïa au niveau du collecteur principal	Oued Réghaïa en aval du collecteur principal	Au niveau du marais de Réghaïa
Heure de prélèvement	9 h 30	9 h 45	10 h	10 h 20
Teneur en chrome (mg/l)	0	2	17,5	à l'état de traces
DCO (mg/l)	40	800	840	50
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3,3	623	672	4,3
Rapport DCO / DBO <sub>5</sub>	12	1,3	1,25	11,6
Oxygène dis- sous (mg/l)	4,9	0	0	0,5
Température de l'eau (°C)	10	14	13	11
pH	7,5	9	9	8
MES (105°C) (mg/l)	72	283	175	32

Tableau n°16 :

Echantillons de bains de chrome N°	Date de prélèvement	Heure de prélèvement	Teneur en chrome en (g/l)
1	Décembre 1985	6 h	4,1
2	04/01/1986	22 h	7
3	05/01/1986	6 h	6,8
4	26/01/1986	6 h	4
5	27/01/1986	6 h	4,5
6	28/01/1986	6 h	5,3

Tableau n° 17 :

Echantillons de bains de chrome	Date de prélèvement	Heure de prélèvement	pH	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	$\frac{DCO}{DBO_5}$	Teneur en chrome (g/l)	MES (105°C) (mg/l)
N° 4	26/01/1986	6 h	4,5	7333	376	19,5	4	12182
N° 6	28/01/1986	6 h	4,8	36200	1500	24	5,3	9479

### I.3. INTERPRETATION DES RESULTATS :

DBO<sub>5</sub> : demande biochimique en oxygène à cinq jours :

Nous constatons que les plus grandes valeurs de DBO<sub>5</sub> correspondent aux échantillons prélevés dans l'oued, au niveau et en aval du collecteur principal et dans les bains de tannage; ce qui indique qu'il existe une forte pollution de l'oued au niveau et en aval du collecteur principal et que les bains de tannage sont caractérisés par une forte charge polluante.

Nous constatons également que bien qu'au niveau du collecteur principal, l'oued reçoit un grand nombre d'effluents industriels biodégradables et non biodégradables, la DBO<sub>5</sub> est plus faible à ce niveau qu'en aval.

Ceci confirme la présence en plus grandes concentrations au niveau du déversement du collecteur principal d'éléments inhibiteurs : toxiques et réducteurs tels que le chrome, les sulfures, le zinc etc...

Ces éléments peuvent consommer l'oxygène ou inhiber l'activité des enzymes bactériens. L'évolution de la DBO<sub>5</sub> est indiquée sur la courbe n°11.

Bien que nous n'ayons pas pu effectuer, faute de moyens, des prélèvements en plusieurs points, nous supposons qu'il y'a une auto-épuration à une certaine distance à partir du point situé en aval du collecteur principal et que la charge polluante diminue jusqu'au marais.

DCO : demande chimique en oxygène :

La DCO évolue de la même façon que la DBO<sub>5</sub>. Cette évolution est indiquée sur la courbe n°12. Nous faisons les mêmes suppositions que pour la DBO<sub>5</sub>. Les valeurs élevées dans les échantillons de bains de chrome indiquent la présence d'une forte quantité de matières non biodégradables telles que les sels de chrome.

Le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> :

Ce rapport renseigne sur les possibilités d'épuration par voie biologique d'un effluent. Cette épuration est impossible pour un rapport DCO / DBO<sub>5</sub> supérieur à 5.

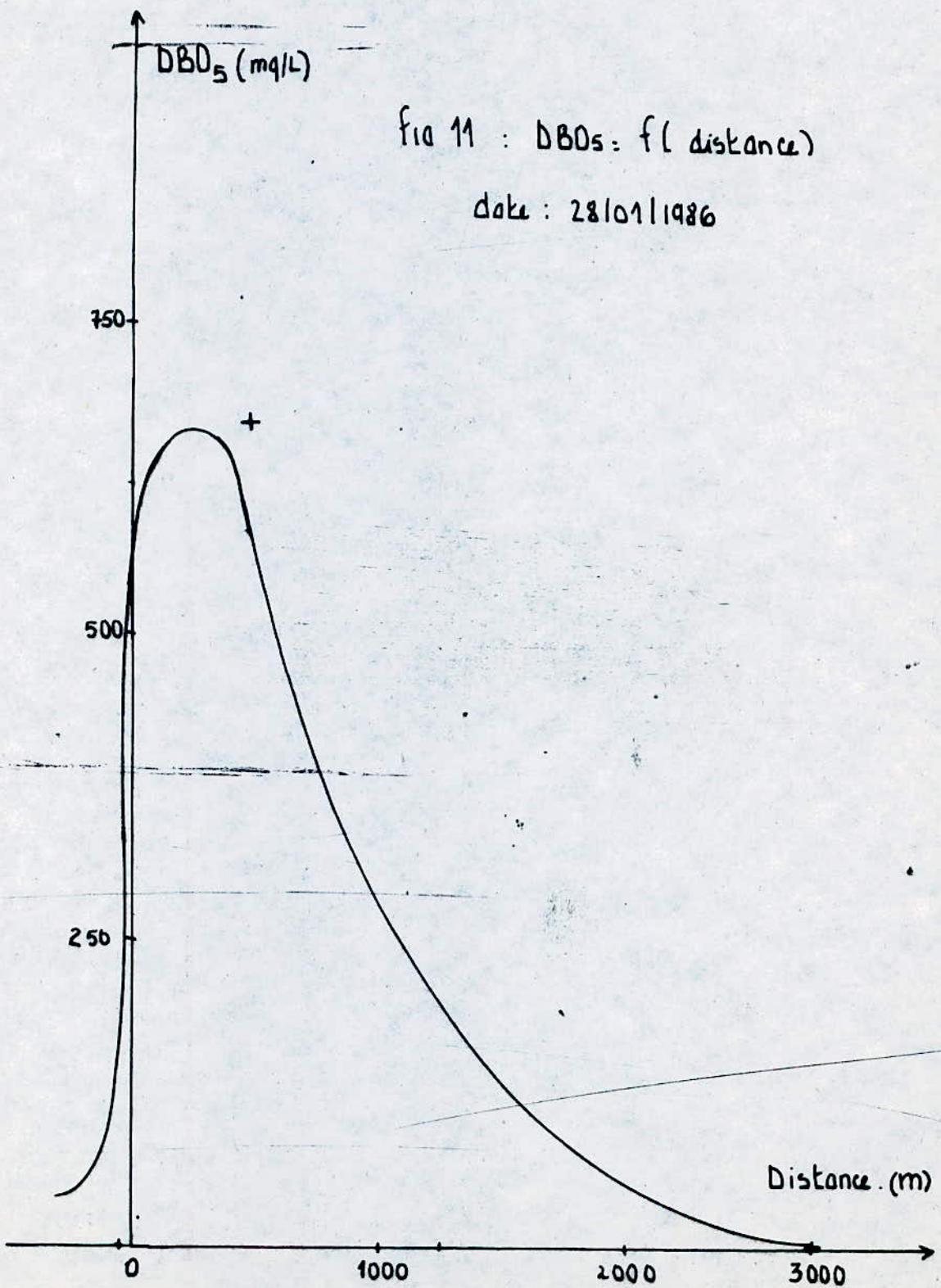


Fig 11 :  $DBD_5 = f(\text{distance})$

date : 28/01/1986

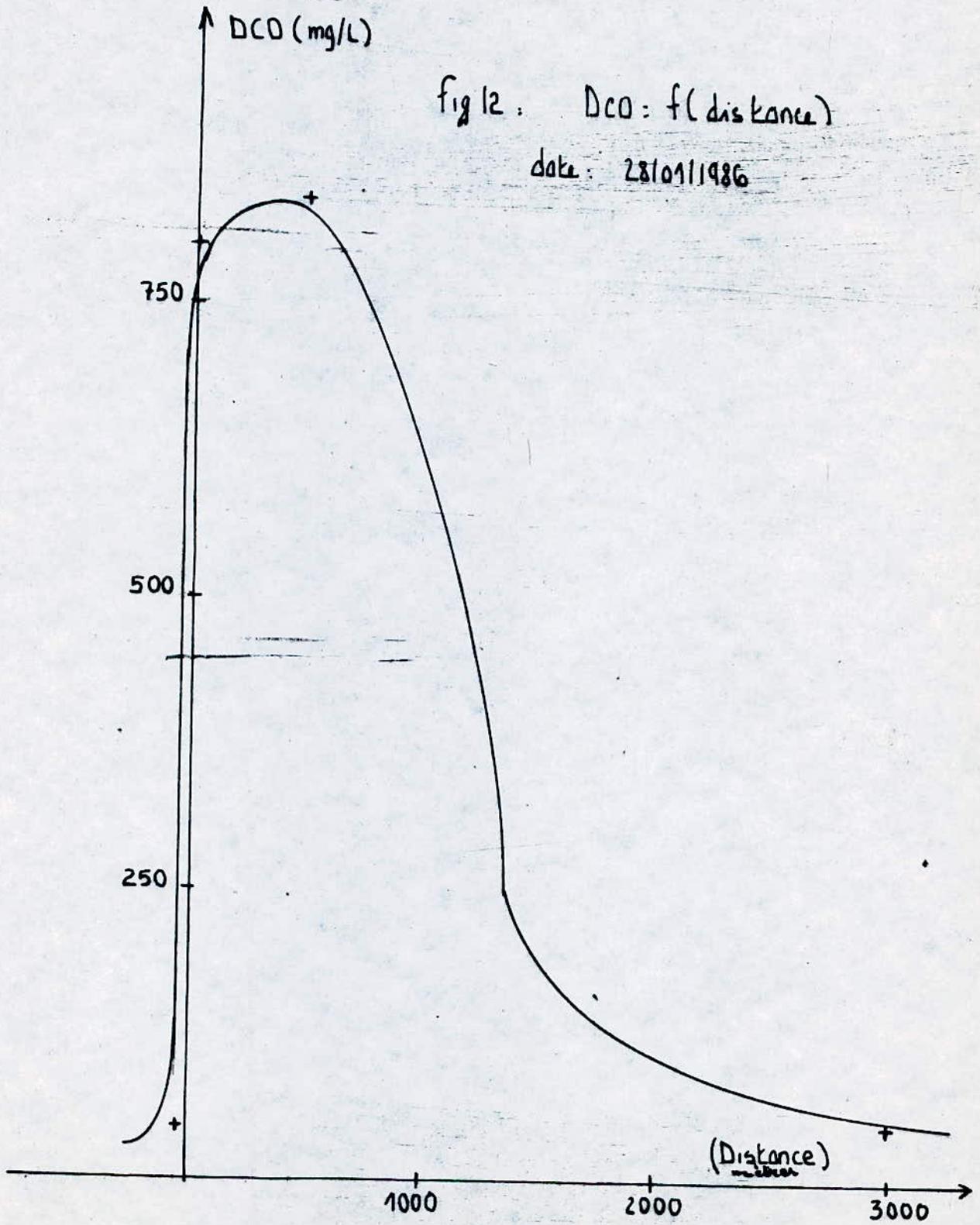


fig 12 : DCO = f(distance)

date : 28/01/1986

Ce rapport très élevé dans deux échantillons de bains de chrome (19,5 pour l'échantillon n° 4 et 24 pour l'échantillon n° 6) montre que l'activité bactérienne est inhibée par la présence du chrome.

En outre, des mesures de  $DBO_5$  et de DCO effectuées sur des effluents mixtes de la mégisserie de Rouiba en 1978 par l'I.N.R.H. (35) donnent pour une  $DBO_5$  égale à 276 mg/l et une DCO égale à 1343 mg/l. Le rapport DCO/ $DBO_5$  égal à 4,86 ce qui indique que si l'on envisage un traitement biologique, il faut d'abord réaliser des traitements chimiques et physico-chimiques.

-Teneur en oxygène dissous : L'épuration en milieu aérobie par voie biologique nécessite la présence d'oxygène.

Nous constatons qu'aux points où la charge polluante est la plus élevée (lieu de déversement et en aval du collecteur principal) la teneur en oxygène dissous est nulle. (Voir, Courbe n° 13).

Nous pouvons en conclure que la présence en teneurs élevées de polluants toxiques et de polluants biodégradables et non biodégradables altère les processus d'épuration aérobie et favorise l'apparition des processus anaérobies ce qui a été constaté par les mauvaises odeurs qui se dégagent de l'oued et la couleur sombre de l'eau.

- Température : L'augmentation de température entraîne la diminution de l'oxygène dissous dans l'eau. La courbe n°14 indique l'évolution de la teneur en oxygène en fonction de la température.

Bien que la diminution de la teneur en oxygène dissous ne puisse pas être imputée uniquement à l'augmentation de température dans le cas de l'oued Réghaïa, cependant la solubilité de l'oxygène dans l'eau est inversement proportionnelle à la température.

- Le pH : le pH joue un rôle dans la solubilité de l'hydroxyde de chrome

En présence de soude, au dessus d'un pH de 8,5 l'hydroxyde de chrome est redissous.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la valeur du pH dans l'oued peut dépasser celle de 8,5.

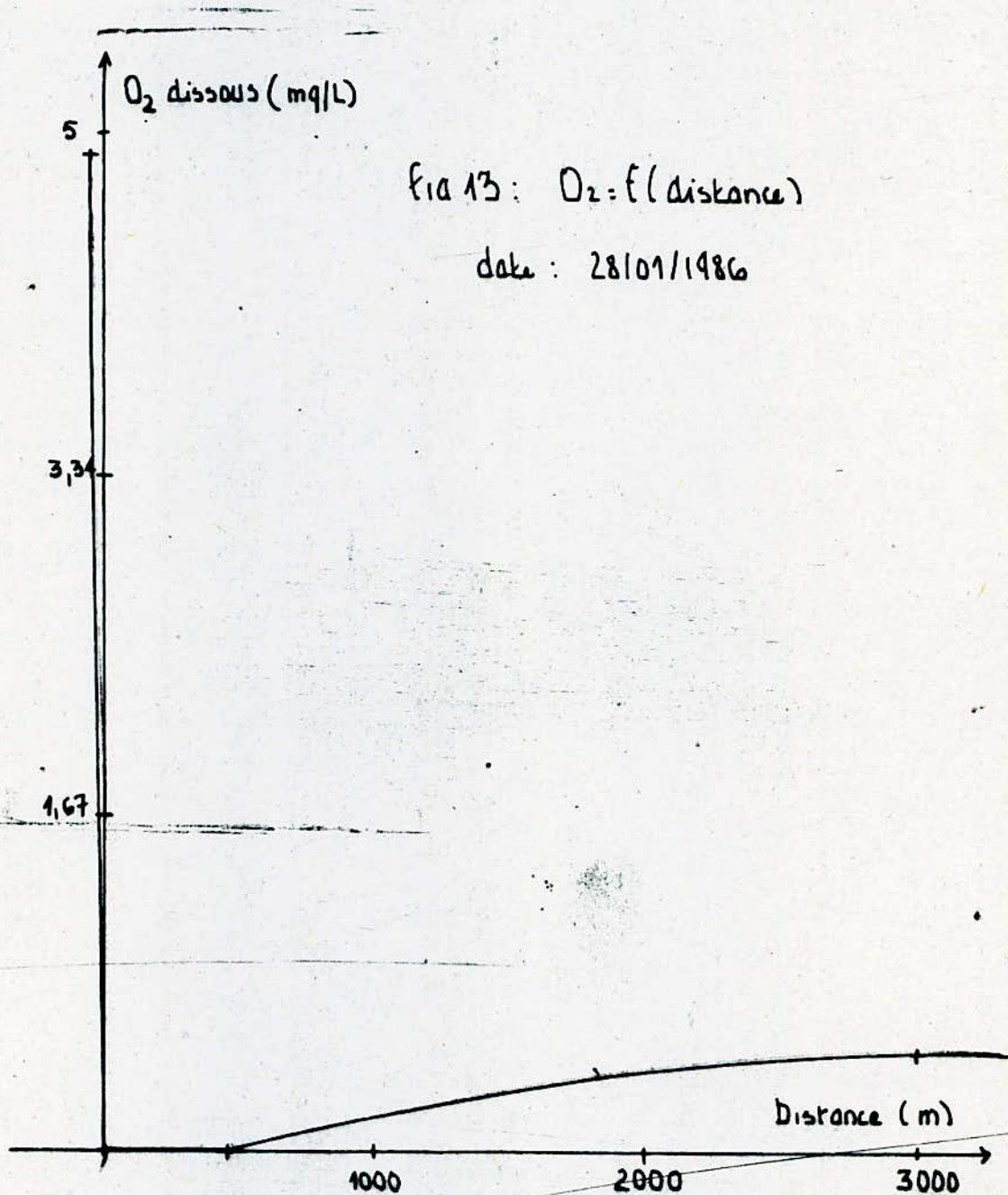
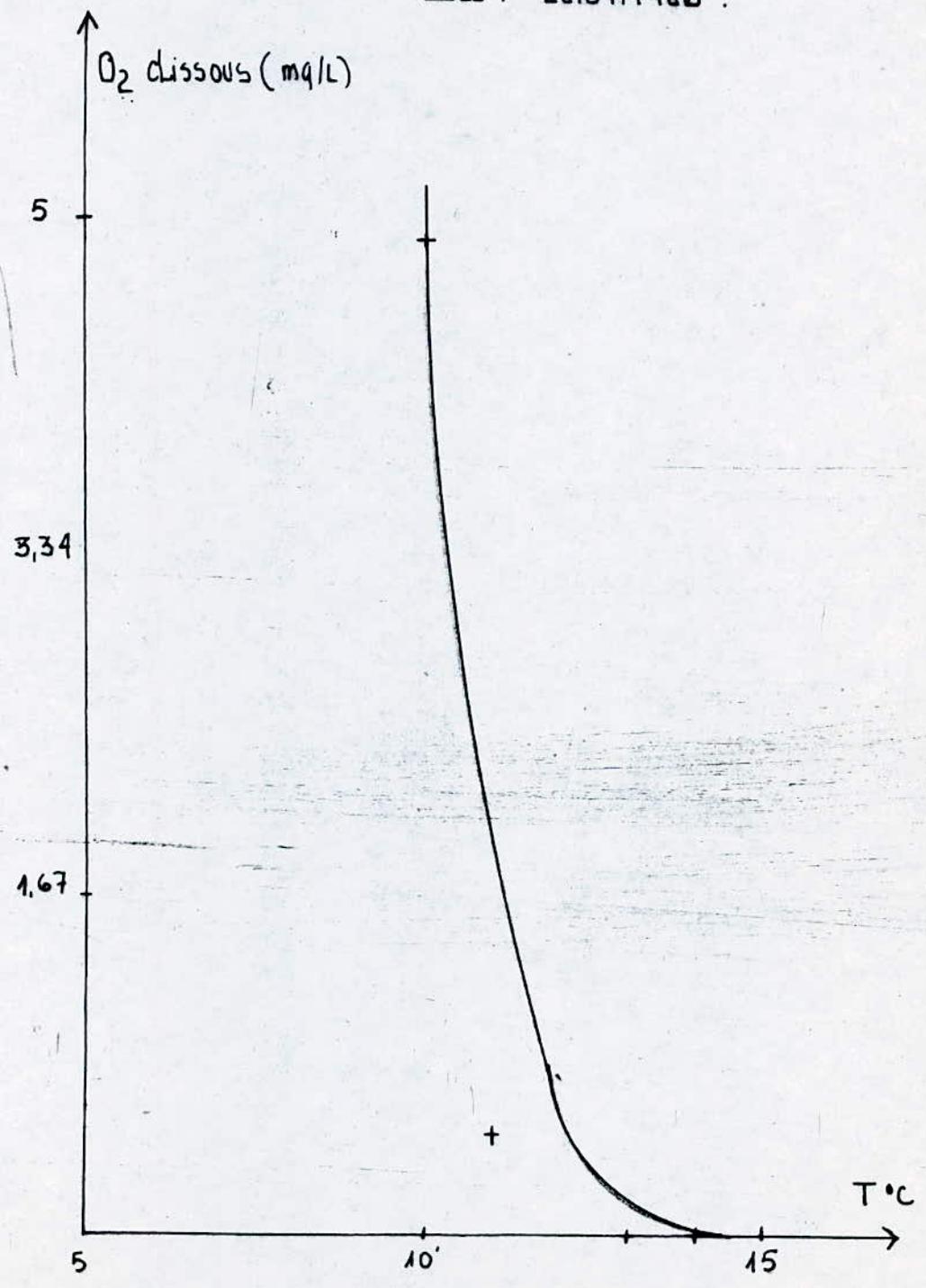


Fig 13:  $O_2 = f(\text{distance})$

date : 28/01/1986

Fig: 14:  $O_2: f(\text{Temperature})$

Date: 28/01/1986.



Etant donné que certains effluents industriels contiennent de la soude, le chrome même rejeté sous forme non toxique (précipité à l'état d'hydroxyde) ne peut être cependant considéré comme sans danger car il y a risque de redissolution.

- MES : Matières en Suspension : Les concentrations en matières en suspension sont élevées d'après les résultats obtenus. Des teneurs élevées en MES empêchent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et peuvent favoriser ainsi la pénétration des toxiques dans les poissons.

- Teneur en chrome : la teneur en chrome varie entre 2 et 17,5 mg/l dans l'oued de Réghaïa.

Les normes de l'OMS prévoient une teneur limite de 1 mg/l pour les poissons et une teneur limite de 0,05 mg/l pour les organismes aquatiques inférieurs. La concentration dans les échantillons de bains de chrome est en moyenne de 5,3 g/l, les normes internationales fixent une concentration de 0,2 à 2 mg/l pour les rejets dans un cours d'eau.

En ce qui concerne le marais, la présence du chrome a été détectée à l'état de traces dans l'eau et à une teneur de 0,01 mg dans 1 g de boue.

- Conclusion : comme nous venons de le constater, l'oued Réghaïa est très pollué. Cette pollution peut être entraînée jusqu'au marais. De plus, la présence du chrome au niveau du marais prouve que les effluents toxiques loin d'être limités au voisinage immédiat du lieu de rejet peuvent au contraire être entraînés à une distance beaucoup plus grande.

Le chrome étant un métal lourd non biodégradable, sa présence à l'état de traces dans le marais ne signifie nullement qu'il ne présente aucun danger car il peut être concentré à des taux élevés dans certains organismes aquatiques et passer par l'intermédiaire des chaînes trophiques d'une espèce à l'autre avec chaque fois des concentrations de plus en plus grandes (cas de la maladie de Minamata où le mercure a été concentré dans les poissons alors que sa teneur dans l'eau était très faible).

De plus, la présence d'autres polluants toxiques pourrait entraîner éventuellement des effets synergiques qui pourraient augmenter la toxicité du chrome.

En nous basant sur les réserves émises par certains auteurs (F. RAMADE, R. DAJAZ) (37) quant aux phénomènes de dilutions qui diminueraient la toxicité des polluants, nous pensons que tout rejet de polluant toxique même dilué dans un cours d'eau devrait être évité.



Une année correspond à 11 mois de travail et 1 mois à 20 jours.

Pour une année la dépense correspondant aux sels de chrome à 33% s'élève à :

$$155 \times 11 \times 20 = 34\ 100 \text{ DA/an}$$

Pour les sels de chrome à 67% Schorlemmer

$$1000 \text{ kg de sels} \longrightarrow 210 \text{ kg de } Cr_2O_3$$

$$q' \longrightarrow 36 \text{ kg}$$

$$q' = 171,43 \text{ kg}$$

1000 kg de sels de chrome à 67% coûtent 1200 DM

$$171,43 \text{ kg coûtent : } Z = \frac{1200 \times 171,43}{1000} \approx 206 \text{ DM}$$

$$Z = 206 \times 1,82 \approx 375 \text{ DA/1}$$

La dépense par an est égale à :

$$375 \times 11 \times 20 = 82\ 500 \text{ DA/an}$$

La dépense totale en sels de chrome perdus s'élève à :

$$S = 34\ 100 + 82\ 500 = 116\ 600 \text{ DA/an}$$

\* DETERMINATION DU VOLUME TOTAL VT UTILISE :

Le volume d'un foulon est égal à :

$$V_f = \pi r^2 \cdot h \times \text{coefficient de remplissage } C_f$$

$$r = 1 \text{ m}; \quad h = 3 \text{ m}; \quad C_f = 0,45$$

$$V_f = 3,14 \times 3 \times 0,45 \approx 4,24 \text{ m}^3$$

On utilise 3 foulons :

$$V_T = 3 (V_f - \text{volume des peaux})$$

$$\rho_{\text{peau}} = 1,3 \text{ g/cm}^3$$

La densité  $\rho = \frac{\text{masse des peaux } (M_p)}{\text{volume des peaux } (V_p)}$

$$\rho = \frac{M_p}{V_p} \implies V_p = \frac{M_p}{\rho}$$

un foulon contient 2500 kg

$$V_p = \frac{2500}{1,3 \cdot 10^3} = 1,92 \text{ m}^3$$

$$V_T = 3 (4,24 - 1,92) = 6,96 \text{ m}^3 = 6960 \text{ litres.}$$

## II. LUTTE ET PREVENTION

### II. 1. NECESSITE DE LA LUTTE ET DE LA PREVENTION :

Les nuisances créées par les effluents des tanneries et des mégisseries caractérisés par une forte teneur en polluants organiques et toxiques (sulfures de sodium, composés de chrome) sont multiples.

Le rejet de ces effluents dans un cours d'eau à faible débit entraîne généralement la prolifération de champignons, la formation de mousse, l'épuisement de l'oxygène, la mortalité de poissons, des phénomènes de putréfaction, des dégagements d'odeurs et peut aboutir à l'annulation de la capacité biologique d'auto-épuration. (28)

Aussi est-il nécessaire, après utilisation, de soumettre à des traitements les eaux entrant dans les processus de fabrication du cuir. Les traitements des eaux usées des tanneries et mégisseries sont de différentes sortes mais, dans le cadre de notre étude, nous nous limiterons à la lutte contre la pollution par le chrome et proposerons quelques solutions qui permettront de diminuer ou de supprimer cette pollution.

### II.2. LUTTE ET PREVENTION

#### II.1. Dispositions prises par la mégisserie de Rouiba. :

Celle-ci prévoit l'installation d'une station d'épuration des effluents résiduaires.

A cet effet, des travaux de génie civil seront entrepris au cours de l'année 1986.

#### II.2.2. Choix d'une technique d'épuration :

Le traitement d'effluents industriels nécessite avant tout le choix d'une technique d'épuration. (29)

Pour des effluents comprenant des polluants organiques plus ou moins biodégradables et des toxiques minéraux ou organiques comme c'est le cas pour les effluents de mégisserie, si l'on envisage un traitement biologique, on doit nécessairement associer à celui-ci un traitement chimique. Ce dernier permet, par exemple, l'élimination du chrome toxique des effluents devant subir un traitement biologique. Pour cela, on doit prévoir un système de réseaux séparatifs permettant d'éviter le mélange des différents bains résiduels et d'adapter ainsi le traitement correspondant à chacun des bains.

### II.2.3. Dispositions à prendre pour éviter ou diminuer la pollution par le chrome :

Ces dispositions comprennent : - la prévention à la source;  
- les traitements des rejets.

#### II 2.3.1. Prévention à la source :

Cette prévention peut être envisagée dès le départ par le choix des procédés de fabrication. Ainsi, s'il n'est pas possible de modifier la composition de la peau, il est permis d'agir sur celle des bains". (21)

L'action sur la composition des bains peut être réalisée par :

#### a.- Le choix des réactifs :

Les tanins au chrome peuvent être remplacés par des tanins moins toxiques tels que les tanins végétaux, les oeufs, les huiles de poissons. Toutefois, ces tanins présentent l'inconvénient de donner un cuir de moindre qualité que celui obtenu avec les sels de chrome.

#### b.- La quantité de réactif mise en jeu :

La quantité des sels de chrome mise dans le bain de tannage doit être celle qui est juste nécessaire à l'opération de tannage. En effet 30 à 60% de cette quantité qui est souvent ajoutée en excès par sécurité ne sont pas fixés sur le collagène et se retrouvent dans le bain résiduel. (21).

c.- Conditions de travail du matériel :

Ces conditions jouent un rôle important sur l'épuisement des réactifs. Ainsi une élévation de température dans un foulon en bain court (40 à 70 % du poids des peaux écharnées) en fin de tannage avec un contrôle rigoureux du pH (3,7 - 3,9) permet une meilleure fixation du chrome sur le collagène et entraîne par conséquent la diminution de la teneur en chrome du bain résiduaire.

II.2.3.2. Traitements des rejets :

Ces traitements comprennent :

1°- Le recyclage de la totalité du bain de chrome. Après élimination des déchets solides par dégrillage ou décantation, le bain usé du picklage-tannage est réutilisé pour :

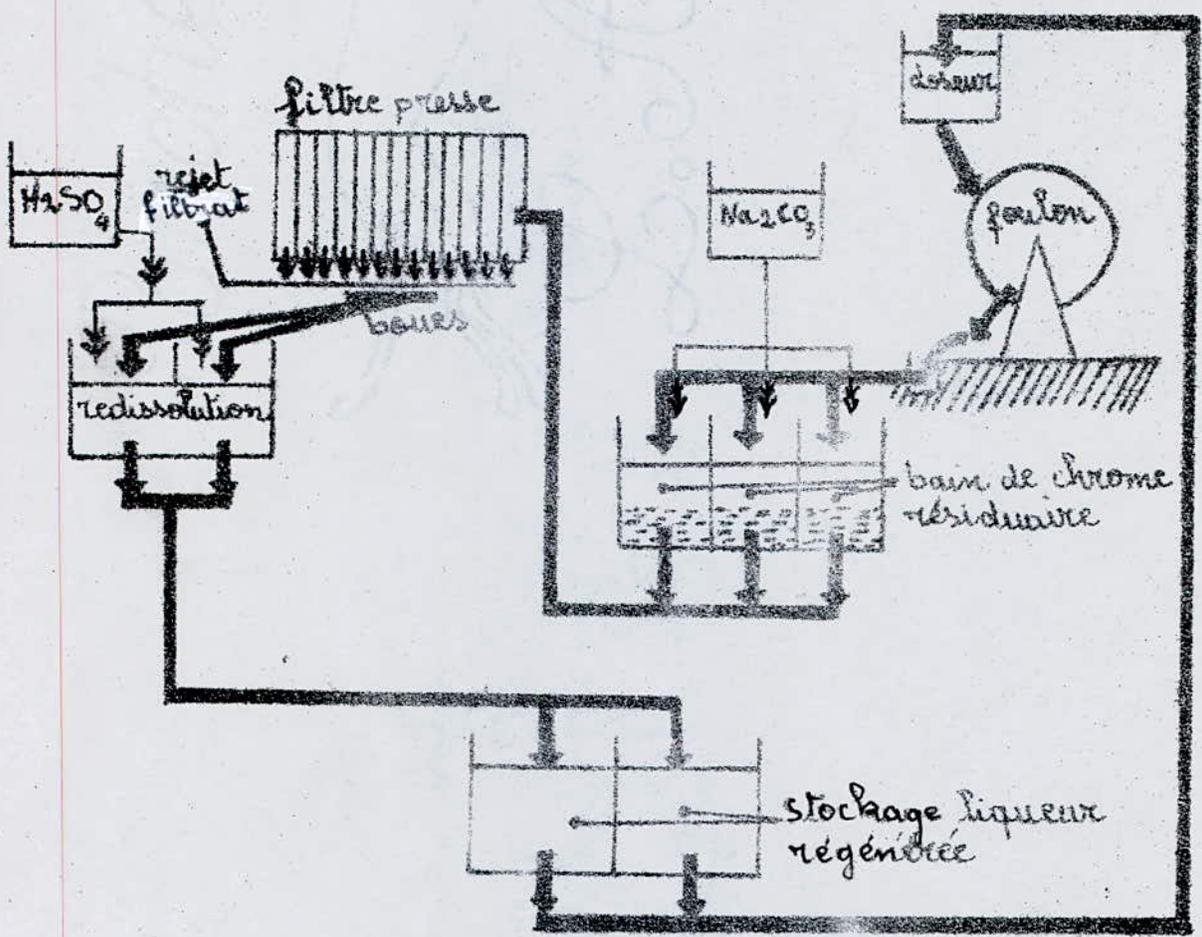
- une autre opération de picklage : les peaux déchaulées et confitées sont mises dans le bain usé auquel on ajoute la même quantité d'acide que celle du premier cycle.

- Une autre opération de tannage : après une certaine durée nécessaire à l'opération de picklage, on ajoute une quantité de chrome inférieure à celle du premier cycle ce qui permet la réalisation d'une économie en chrome de 40 % en moyenne. (21)

Le recyclage qui peut être effectué plusieurs fois entraîne la diminution de la quantité de chrome dans le bain résiduaire et de la pollution due au rejet du bain de picklage caractérisé par une forte teneur en sel (chlorure de sodium).

2°- Traitement par séparation : ce traitement, schématisé sur la figure 11, consiste à séparer le chrome de son bain d'origine sous forme d'hydroxyde insoluble qui est ensuite redissous à l'état de sulfate après filtration.

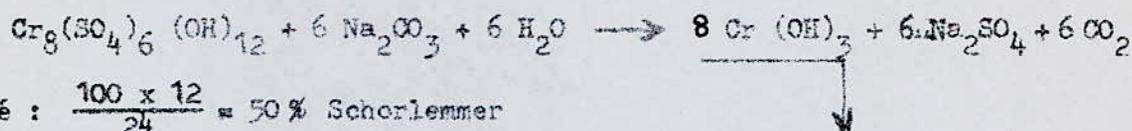
Fig 11. Régénération du chrome par précipitation de son hydroxyde. D'après A. Balas  
Technicien N° 15. Décembre 1974



On procède de la façon suivante : on élimine par dégrillage les déchets de peaux contenus dans le bain résiduaire. Celui-ci est ensuite stocké dans une cuve où il est précipité par l'intermédiaire d'un produit alcalin. On laisse décanter et on pompe, après cela, les boues obtenues vers un filtre presse. Après mélange du filtrat avec les autres effluents, le gâteau d'hydroxyde, déposé dans une cuve plombée, est dissous par l'acide sulfurique, puis on ramène la solution obtenue à la teneur en chrome et à la basicité nécessaires à l'opération de tannage.

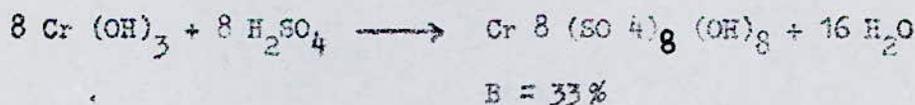
La précipitation peut être effectuée avec différents agents alcalins : chaux, soude, ammoniacque, bicarbonate et carbonate de sodium qui est le plus fréquemment utilisé.

Exemple : Réaction de précipitation d'une solution de chrome résiduaire à 50 % de basicité par le carbonate de sodium.



basicité :  $\frac{100 \times 12}{24} = 50\%$  Schorlemmer

Redissolution par l'acide sulfurique :



Basicité :  $\frac{100 \times 8}{24} = 33\%$  Schorlemmer.

### RECOMMANDATIONS

Comme nous l'avons constaté dans la partie expérimentale, la pollution de l'Oued Réghaïa est à un stade avancé particulièrement au niveau du collecteur principal et en aval de celui-ci.

Le marais de Réghaïa auquel aboutit l'Oued est directement menacé par cette pollution.

En raison de cela, nous suggérons quelques recommandations concernant la mégisserie de Rouiba et l'ensemble des unités industrielles en général.

Pour la mégisserie de Rouiba, nous recommandons:

- 1)- L'élimination du chrome des effluents déversés dans l'Oued et qui pourraient être entraînés dans le marais.
- 2)- La séparation des bains de chrome des autres effluents, ceci afin de faciliter les traitements ou le recyclage de ces bains.
- 3)- Le remplacement des sels de chrome par d'autres tanins moins toxiques.
- 4)- La détermination, au cas où le remplacement par d'autres tanins s'avère impossible, de la quantité de sels de chrome juste nécessaire à l'opération de tannage.
- 5)- La recherche et l'application des meilleures conditions permettant l'amélioration de la fixation du chrome par les peaux et par là la diminution de la teneur de celui-ci dans les bains résiduels.
- 6)- L'installation d'un système de dégrillage, de tamisage, de filtration et des cuves pour la précipitation, la redissolution et le stockage des solutions de chrome.

Pour l'ensemble des unités industrielles, nous suggérons :

- a) L'installation de stations d'épuration des eaux industrielles.
- b) La formation de techniciens pour la réparation des équipements d'épuration défectueux.
- c) La mise à la **disposition** des industriels de pièces de rechange nécessaires à la réparation des installations d'épuration.

- d) D'exiger des fournisseurs la composition chimique des produits vendus afin de pouvoir procéder au traitement adéquat des effluents.
  - e) De prévoir d'autres moyens d'épuration en cas de défectuosité d'un système de traitement.
  - f) L'étude de la possibilité de récupération, après le traitement des effluents, de certains produits.
  - g) L'évacuation vers une station d'épuration commune des eaux résiduaires devant subir le même traitement et provenant d'unités industrielles différentes, ce qui permet la diminution des frais d'installation de stations d'épuration dans chaque unité.
- S

### CONCLUSION GENERALE :

L'idée qui avait prévalu lors de cette recherche était la contribution à la quantification de la pollution toxique engendrée par la mégisserie de Rouiba c'est à dire la pollution due aux rejets de chrome.

Pour ce la, nous avons consacré une première partie à la compréhension des phénomènes liés à l'intoxication des organismes aquatiques par les polluants toxiques dont le chrome.

Une bibliographie assez poussée a été faite sur celui-ci ainsi que sur ses effets nocifs. Nous avons fait aussi des analyses pour la détermination :

- de la teneur en chrome, de la  $DBO_5$ , de la DCO, des MES, du pH dans des échantillons de bains de chrome.
- de la  $DBO_5$ , de la DCO, de l'oxygène dissous, de la teneur en chrome ainsi que d'autres facteurs pouvant intervenir sur la toxicité de celui-ci, dans des échantillons prélevés dans l'oued et dans le lac de Réghaïa.

Au vu des résultats obtenus, nous pensons que l'élimination du chrome au niveau de la mégisserie ainsi que de tous les polluants toxiques et nuisibles au niveau de toutes les autres unités industrielles est indispensable pour la préservation de la faune et de la flore du marais de Réghaïa.

A cet effet, nous avons consacré un chapitre de prévention, de lutte contre la pollution par le chrome et un chapitre de recommandations pour l'ensemble des industries.

A la suite de cela, en tenant compte des limites de la capacité d'auto-épuration d'un milieu récepteur quelqu'il soit, nous concluons qu'il est impératif et indispensable :

- 1) de traiter toutes les eaux usées contenant des éléments toxiques avant rejet dans le milieu récepteur.
- 2) d'éviter autant que possible le rejet dans un milieu récepteur d'effluents, même à faible teneur en polluants toxiques, particulièrement lorsque ce milieu est déjà pollué.
- 3) de favoriser, lorsque le choix est possible, l'utilisation de produits moins nocifs.

- 4) de ne pas compter uniquement sur les phénomènes de dilution pour limiter la toxicité d'un élément.
- 5) de tenir compte de possibilités d'actions synergiques et de conditions pouvant augmenter la toxicité d'un polluant.
- 6) que ce travail ne soit pas considéré individuellement mais qu'il soit inclus dans le cadre de la lutte anti-pollution du marais de Réghaïa.

DIRECTIONS FUTURES :

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'élimination de la pollution de la zone industrielle de Rouiba-Réghaïa et de l'aménagement du marais de Réghaïa.

Il existe dans cette zone 58 unités industrielles polluantes sans parler de la pollution due à l'agriculture et aux rejets urbains.

Notre travail consistait à une contribution au niveau de l'étude de la pollution toxique de la mégisserie de Rouiba mais il est évident que cette contribution n'est qu'une petite partie de l'ensemble des études relatives à la pollution créée par la zone industrielle de Rouiba - Réghaïa.

Beaucoup d'autres études restent à faire dont les principales sont : (38)

- 1)- La quantification de la pollution au niveau de l'entrée du lac de Réghaïa.
- 2)- La quantification des métaux lourds au niveau du Lac de Réghaïa.
- 3)- L'étude des composantes du milieu telles que le pH, la température, l'oxygène dissous, le gaz carbonique dissous et la composition minérale de l'eau.
- 4)- L'étude de l'eutrophisation du lac de Réghaïa.
- 5)- L'étude de la composition de la faune et de la flore au niveau du lac de Réghaïa.
- 6)- L'application de tests de toxicité de substances chimiques sur des poissons et sur d'autres éléments de la faune et de la flore du lac.
- 7)- La quantification de la pollution pour chaque unité industrielle.
- 8)- La vérification et l'amélioration du fonctionnement des stations d'épuration existantes.
- 9)- L'étude des possibilités des traitements de détoxification des métaux lourds (chrome, zinc, plomb etc...).
- 10)- Le traitement des bains acides (unité Emboumétal, unité ANABIB).
- 11)- L'élimination des matières en suspension.
- 12)- Le recyclage des eaux de refroidissement (unité nouvelle conserverie algérienne).
- 13)- L'élimination des cyanures (unités profilés à froid : ANABIB, SNVI - CVI).
- 14)- Problèmes de phosphate, sulfates et silicates de sodium, de toluène et risques d'eutrophisation du lac.

-000- BIBLIOGRAPHIE -000-

- 1) Le courrier de L'UNESCO ( Merveille de l'eau):Mensuel janvier 1985.
- 2) La charte europeenne de l'eau
- 3) Dr KETTAB Ahmed : Legislation et gestion des esaux  
cours polycopiés à l'E.N.P.A. ALGER.
- 4) La Recherche : Mensuel N°154 Avril 1984.
- 5)El-Moudjahid 20 - 5 - 85:Journal quotidien
- 6)Ministère de l'hydraulique,de l'environnement et des Forêts: Plan d'action  
anti-pollution,Mansais de Réghaïa,Mars 1985.
- 7)Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft,leverkusen : 1955,- Derivés du chrome.
- 8)Délégation aux économies des matières premières.le cycle du chrome et les  
possibilités de son recyclage : septembre 1976.
- 9)V. ALEXEEV : Analyse qualitative
- 10)F. Ramade : Ecotoxicologie.
- 11)R. J.P Williams,phil : Trans.R.SOC.,294B,57,1981
- 12) Glukhtnecht,J. Membrane Biol.,61,61,1981.
- 13) K. Sinkiss et coll.,Marine Biol.Letters,3,187,1982.
- 14)G. Leynaud,F.Trocherie,J.Verneaux,1978 - Les peuplements de poissons et la  
qualité des eaux.Regards sur la France.Le centre Technique du Génie-Rural  
des Eaux et des Forêts.Janvier 1978. 341 - 361.
- 15) Biesinger (K.E.),christensen(G.M),1972 - Effects of various metals on  
survival,growth,reproduction and metabolism of Daphnia magna,J.Fish.Res.  
Board Can.29,1691 - 1700.
- 16) Wuhrmann(K.),1952 - Sur quelques principes de la toxicologie du poisson.Bull.  
du C.B.D.E., Tr n°15,p.49-60.
- 17) Pedersen ( M.G),HersH Berger (W.K),Zachariah(P.K),Juchau (M.R.),1976.-Hepatic  
biotransformation of environmental xenobiotics in six strains of rainbour  
trout(salmo gairdneri)J.Fish,Res.Board Can,33,666-675.

- 18) Angelli (N.), 1979 - Relations entre le plancton et la qualité de l'eau: incidence des polluants sur le profil biologique de quelques canaux et étude comparative des interactions plancton-auto-épuration en bassins expérimentaux de lagunage. Thèse, Univ. Sci. Lille, 277 pp + annexes  
56 Figures, 57 tableaux.
- 19) Mount (D.L.) et Stephan (C.E.), 1969.- chronic toxicity of Copper to Fathead Minnow (Pimephales promelas) in soft water. J. Fish. Res. Bd. Can., 26, 9, 2449 - 2457.
- 20) Adelman (I.R.), SMITH (L.L.), Sieszenep (G.D.) 1976-Chronic toxicity of guihion to the fathead minnow (Pimephales promelas Rafinesque). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 15, 6 : 726 - 734.
- 21) M. Aloy, A. Polachier, B. Vuilliermet : Tannerie et pollution, centre technique du cuir.
- 22) Degremont 1978 - Mémentotechnique de l'eau, huitième édition.
- 23) M. Avargues, P. Bapsères, G. Brebion, J. Dangraux, O. Le faucheur, J. Mattes-Précis général des nuisances dues aux activités industrielles.
- 24) C. Gomella et H. Guerrée - Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales.
- 25) Monique Tardat - Henry, Jean -paul Beaudry- chimie des eaux.
- 26) Jean Rodier - L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>e</sup> édition, (Dunod,).
- 27) Nouveau Larousse médical 1961.
- 28) F. Meinck, H. Stooff, H. Kohlschütter - Les eaux résiduaires industrielles, 2e édition.
- 29) Southgate, B.A. : Publ. Health and Munic. Engng. Congr. du 15.11.1948.
- 30) Monk, H.E : Surveyor, 94 (1939), 69-71
- 31) Badische-Anilin- & Soda - Fabrikag - Ludwigs hafén Am Rhein-L'ABC du tannage du cuir au chrome à dessus.
- 32) Bayer - Tanner. Teindre. Finir-3e édition
- 33) Bruce H. Mahan, Université de Californie, Berkeley-Chimie.
- 34) Polycopié: composés du chrome
- 35) I.N.R.H. institut des ressources hydrauliques, Laboratoire chimie des eaux- Etude de pollution de la zone Rouiba -Reghaïa.

36.- F.Ramade : La pollution, la diffusion des polluants.

37.- R.Dajoz : La pollution, l'éventail des pollutions

38.- Dr;KETTAB Ahmed : Problématique de la lutte contre la pollution de la zone industrielle de Rouiba-Reghaïa.

A N N E X E :

1. Dosage du chrome par photomètre d'absorption atomique.

1.1. Principe.

Cette méthode est basée sur l'interaction de l'énergie rayonnante avec la matière.

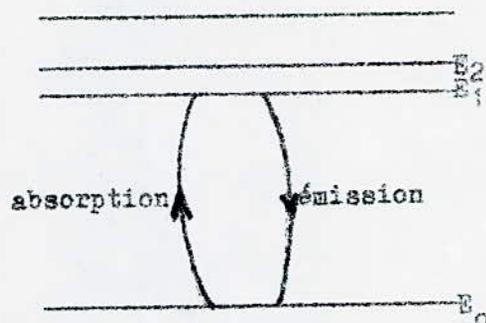
Il existe dans les atomes et les molécules des niveaux d'énergie successifs et discontinus. Une radiation de fréquence  $\nu$  n'est absorbée que lorsque l'énergie qui lui est associée correspond à la différence d'énergie entre deux niveaux :

$$W = E_1 - E_0 = h\nu$$

$h$  : constante de Planck.  $h = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ erg}\cdot\text{s}$

En absorbant une radiation, la molécule ou l'atome passe à un état excité  $E_1$  et retourne ensuite à l'état fondamental  $E_0$  (d'énergie minimum) en émettant une radiation.

La longueur d'onde d'une radiation absorbée par un élément est caractéristique de cet élément.



La meilleure longueur d'onde est celle qui est la plus spécifique et qui correspond à l'absorption maximale. D'après la loi de Beer, la fraction d'énergie ou d'intensité lumineuse transmise décroît exponentiellement avec la concentration de la substance absorbante.

$$I_t = I_0 \exp - KC.$$

$I_0$  = intensité de la lumière avant la traversée de l'échantillon.

$I_t$  = intensité de la lumière transmise.

$C$  = concentration de la substance absorbante.

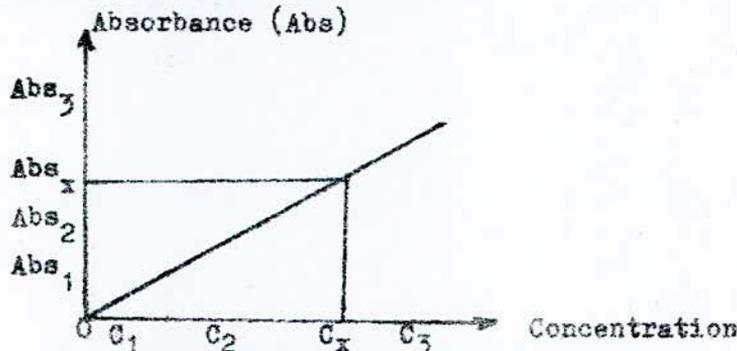
$$\text{Log} \frac{I_t}{I_0} = -KC \quad \text{ou} \quad \text{Log} \frac{I_0}{I_t} = KC.$$

La grandeur  $\text{Log} \frac{I_0}{I_t}$  appelée absorbance (Abs) croit linéairement avec la concentration.

$$\text{Abs} = KC.$$

Le photomètre d'absorption atomique nous permet après étalonnage avec des solutions de concentration connues dans un domaine où la loi de Beer est respectée :

- soit d'obtenir directement la concentration d'un échantillon.
- soit de tracer une droite d'absorbance en fonction des concentrations des solutions étalons et de déterminer à partir de cette droite la concentration de l'échantillon.



$C_1, C_2, C_3$  : concentrations des solutions étalons

$C_x$  : concentration de l'échantillon.

1.2. Mode opératoire :

On utilise une lampe à cathode creuse contenant du chrome. Celle-ci émet avec une intensité  $I_0$  des radiations, de longueur d'onde  $\lambda = 357,9 \text{ nm}$ , caractéristiques de ce dernier.

Un flamme alimentée par un mélange air-acétylène dissocie les combinaisons chimiques et vaporise le chrome sous forme atomique dans l'échantillon à analyser. Lorsqu'une radiation émise par la lampe est absorbée, son intensité diminue. Cette diminution est proportionnelle à la concentration.

Préparation des solutions étalons :

- Mettre 1,5 ml de  $\text{HNO}_3$  dans 500 ml de  $\text{H}_2\text{O}$
- Ajouter 0,283 grammes de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Ajuster le tout à 1000 ml.

Dans cette solution 1 ml nous donne 0,1 mg de Cr.

2.7. Détermination de la teneur en chrome dans un échantillon de boue prélevé au niveau du marais.

Principe :

La boue est séchée et attaquée ensuite avec  $\text{HNO}_3$  et  $\text{HCl}$ .

Mode opératoire :

On pèse 1g d'échantillon dans une capsule en porcelaine puis on introduit la capsule dans un four. Après calcination à  $550^\circ\text{C}$  pendant (3) heures, on transfère le résidu dans un bécher de 250 ml dans lequel on introduit 20 ml de  $\text{HNO}_3$  et 20 ml de  $\text{HCl}$ .

On amène à sec puis on attaque le résidu par l'acide nitrique concentré.

On filtre ensuite sur filtre whatman 42 dans une fiole de 100 ml.

La teneur en chrome est déterminée par absorption atomique.

### 3.1. Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau :

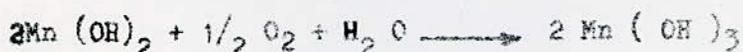
L'oxygène dissous dans l'eau est un des facteurs influençant la capacité d'auto-épuration d'un cours d'eau et sa détermination peut être considérée comme une mesure indirecte du degré de pollution.

### 3.2. Méthode iodométrique :

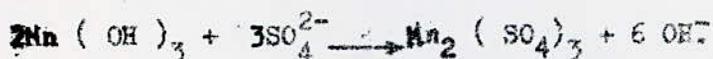
Cette méthode due à Winkler a été modifiée par Alsterberg (modification à l'azote) en raison d'un certain nombre de substances réductrices ou oxydantes (quantités importantes de fer ferreux, ferrique, de sulfures, sulfites, nitrite ou chlore libre) qui constituent des interférences.

### 3.3. Principe :

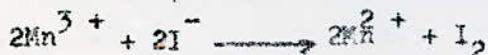
En milieu alcalin, le sulfate manganéux précipite à l'état d'hydroxyde manganéux qui est oxydé par l'oxygène dissous en hydroxyde manganique.



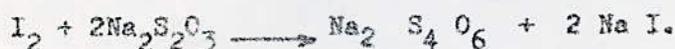
En milieu acide, l'hydroxyde manganique donne un sel manganique.



Le sel manganique oxyde l'iodure de potassium en iode :



L'iode formé est dosé par le thiosulfate de sodium titré.



#### Réactifs :

- Solution de sulfate manganéux :

Mn SO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub> O            400g

Eau distillée            1 litre.

- Réactif à l'iodure de potassium :

Iodure de potassium 150 g (ou 135 g de Na I )

Soude 500 g  
Azoture de sodium (dissout à part, dangereux à manipuler) 10g.  
Eau distillée 1 litre.

- Solution de fluorure de potassium :

K F 40g  
Eau distillée 100 ml.

- Indicateur à l'empois d'amidon :

Ajouter juste assez d'eau distillée froide à 10g d'amidon soluble de façon à obtenir une pâte fluide, lentement et en agitant, ajouter la pâte à un litre d'eau distillée, bouillante. Maintenir à l'ébullition quelques minutes.

- Solution mère de thiosulfate de sodium 0,5 N :

$\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  124,1 g.

Eau distillée bouillie et refroidie 1 litre.

- Solution fille de thiosulfate de sodium 0,0125 N :

Solution de thiosulfate de sodium 0,5 N 25 ml.

Eau distillée bouillie et refroidie 1 litre.

1 ml de solution correspond à 1 mg/l d'oxygène dissous :

- Solution d'iodate de potassium 0,01 N

$\text{KIO}_3$  (préalablement séché à 150°C) 0,3567g.

Eau distillée.

- Solution d'iodure de potassium 0,6 M:

KI 100 g  
Eau distillée 1 litre.  
Acide sulfurique dilué au 1/5.

#### 3.4. Mode opératoire.:

Remplir complètement, avec l'eau à analyser, un flacon de 125 ml à col rodé.

Ajouter rapidement, à l'aide d'une pipette plongeant sous la surface du liquide

- . 1 ml de sulfate manganéux
- . 1 ml de réactif à l'iodure de potassium.

Reboucher sans emprisonner de bulles d'air et agiter.

Quand le précipité formé s'est déposé, introduire de la même manière :  
2 ml d'acide sulfurique concentré.

Quand tout le précipité s'est dissous, prélever 103 ml de la solution (3 ml pour tenir compte du volume d'eau déplacé par les réactifs) et les mettre dans un erlenmeyer. Doser l'iode formé par la solution de thiosulfate 0,0125 N :

Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5 ml d'indicateur à l'empois d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète.

Remarques :

En présence de nitrites, sels ferreux et ferriques, ajouter 1 ml de solution de fluorure de potassium avant l'acidification.

Titration de la solution de thiosulfate :

- Mettre 20 ml d'iodate de potassium 0,01 N dans un erlen de 125 ml.
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique dilué au 1/5
- Ajouter 15 ml d'iodure de potassium 0,6 M
- titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium.
- Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5 ml d'indicateur à l'empois d'amidon.
- Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète.

$$\text{Titre de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{titre de KIO}_3 \times \frac{\text{volume de KIO}_3}{\text{volume de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

3.5. Expression des résultats:

\* chaque équivalent de I<sub>2</sub> correspond à un équivalent de O<sub>2</sub> dissous.

Au point équivalent, on a, en équilibre

- 100 ml d'échantillon de titre X en I<sub>2</sub>, donc en O<sub>2</sub> dissous.
- V ml de thiosulfate de titre T

$$100 \cdot X = V \cdot T.$$

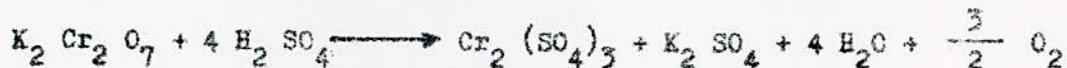
L'échantillon contient donc X = V.T équivalents  
par litre de O<sub>2</sub> dissous soit :

$8000 \frac{V \cdot T}{100} = 80 VT \text{ mg / l de O}_2 \text{ dissous.}$
---

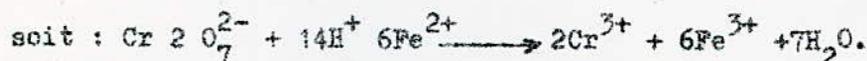
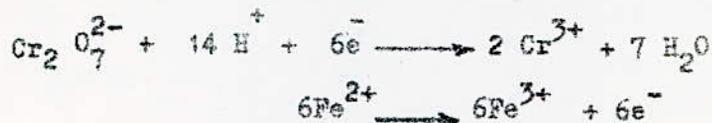
#### 4. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

##### 4.1. Principe du dosage.

Le bichromate de potassium oxyde les matières organiques en milieu acide :



On fait agir un excès de bichromate de potassium en milieu acide sur l'échantillon étudié, puis on dose à l'aide de sulfate ferreux l'excès de bichromate.



Pour obtenir une meilleure oxydation de certaines substances organiques, on ajoute un sel d'argent qui joue le rôle de catalyseur :

Pour éviter l'oxydation des chlorures qui ne jouent aucun rôle dans le déficit en oxygène d'un cours d'eau, on ajoute un sel mercurique stable et très peu oxydable.

##### Réactifs :

- Acide sulfurique concentré ( d = 1,84)
- Solution de sulfate d'argent : 6,6g de  $\text{Ag}_2 \text{SO}_4$  dans 1 litre d'acide sulfurique.
- sulfate mercurique  $\text{Hg SO}_4$  en cristaux.
- Solution de sulfate ferreux environ 0,25 N :

- \* Dissoudre 98g de sulfate de fer et d'ammonium  $\text{Fe SO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (ou sel de mohr) dans de l'eau.
- \* Ajouter 20 ml d'acide sulfurique et compléter à 1 litre avec de l'eau.
- \* Déterminer au moins chaque jour le titre exact de cette solution à l'aide de la solution de bichromate 0,25 N.
- Solution de sulfate ferreux environ 0,025 N.

Diluer au dixième la solution précédente. Déterminer au moins chaque jour le titre exact de cette solution à l'aide de la solution de bichromate 0,025N.

- Solution de bichromate de potassium 0,25 N:
- \* Dissoudre 12,2588g de bichromate de potassium, préalablement séché pendant 2heures à 110°C dans de l'eau.
- Diluer à 1000 ml.

- Solution de bichromate de potassium 0,025 N  
Diluer au dixième la solution précédente
- Solution de ferroïne :

1.10. Phénanthroline : 1,485g.

Sulfate de fer  $Fe SO_4 \cdot 7H_2O$  : 0,695g.

Eau distillée 100 ml.

#### 4.2. Mode opératoire :

Mettre dans un ballon à colrodé de 500 ml :

- 20 ml de bichromate de potassium 0,025N ou 0,25N suivant que la DCO presumée est inférieure ou supérieure à 500 mg/l.
- 35 ml d'acide sulfurique concentré
- 5 ml de solution de sulfate d'argent.
- 1 pincée de sulfate mercurique représentant environ 0,1 g.
- quelques billes de verre pour régulariser l'ébullition.
- Ajouter 20 ml maximum de prise d'essai (eau à analyser)
- Porter à ébullition pendant 2heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon.
- Laisser refroidir.
- Diluer avec de l'eau distillée de telle sorte que la concentration de l'acide sulfurique soit de 50% en volume lors de l'ébullition.  
( diluer à 200 ml).
- Ajouter quelques gouttes de ferroïne et titrer l'excès de bichromate par la solution de sulfate ferreux : la coloration passe du vert au rouge brun.
- Procéder de la même façon avec 20 ml d'eau distillée (essai à blanc)
- Titrage du sulfate ferreux.

Dans un erlenmeyer de 500 ml, diluer 20 ml de bichromate de potassium à 200 ml environ avec de l'eau distillée.

- Ajouter 60 ml d'acide sulfurique concentré et laisser refroidir
  - Ajouter quelques gouttes de ferroïne et titrer par le sulfate ferreux
- $$T = \text{titre du sulfate ferreux} = \text{titre du bichromate} \times \frac{V_{\text{bichromate}}}{V_{\text{sulfate ferreux}}}$$
- V = volume.

4.3. Expression des résultats :

un litre d'échantillon consomme  $n$  équivalents de bichromate, donc d'oxygène, soit:  $(n \times 8000)$ mg de  $O_2$

$$DCO = \frac{8000 T (V_0 - V_1)}{V \text{ Prise d'essai.}}$$

$V_1$  = volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage de l'eau distillée (essai à blanc)

$V_0$  = Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage de la prise d'essai.

$V$  = volume de la prise d'essai.

$T$  = titre de la solution de fer et d'ammonium.

## 5. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO)

La  $DBO_5$  est la quantité d'oxygène consommé dans les conditions de l'essai (incubation durant 5 jours à 20°C et à l'obscurité) pour assurer la dégradation par voie biologique de certaines matières organiques présentes dans l'eau. La  $DBO_5$  permet d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles et son pouvoir auto-épurateur.

### 5.1. Principe de la méthode:

L'oxygène nécessaire à l'oxydation biologique de la matière organique est apporté à l'échantillon par une eau de dilution préalablement aérée et éventuellementensemencée.

La dilution de l'échantillon doit être telle qu'au bout de 5 jours la concentration en oxygène dissous soit encore égale à la moitié de la concentration initiale, ceci afin d'éviter les fermentations anaérobies qui fausseraient les résultats.

Cette dilution est déterminée approximativement par la mesure préalable de la demande chimique en oxygène : DCO.

Facteur de dilution  $F = DCO/5$ .

### Réactifs :

1) solution de phosphates :

- Dihydrogénophosphate de potassium  $KH_2 PO_4$  2,8g.
- Monohydrogénophosphate de sodium ( $Na_2 HPO_4 \cdot 2H_2O$ ) 8,5g (ou  $Na_2 HPO_4 \cdot 12H_2O$ ) 17 g
- Eau distillée 1 litre.

2) Solution de chlorure de fer III :

- chlorure de fer III  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  5g.
- Acide chlorhydrique environ N 10ml.
- Eau distillée 1 litre.

3) Solution saline :

- Sulfate de magnésium  $Mg SO_4 \cdot 7H_2O$  2g.
- Chlorure de calcium  $Ca Cl_2$  2,5g
- Chlorure d'ammonium  $NH_4 Cl$  0,2g.
- Solution de chlorure de Fer III 50 ml.
- Eau distillée 1 litre.

## 5.2. Mode opération :

### Préparation de l'eau de dilution :

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| 1) solution de phosphates | 5 ml.    |
| 2) solution saline        | 10 ml.   |
| 3) Eau distillée          | 1 litre. |

Aérer la solution jusqu'à ce qu'elle contienne environ 8 mg/l d'oxygène en évitant toute contamination par des matières organiques ou des métaux. Le jour d'utilisation, ajouter à cette eau 5 ml d'eau d'ensemencement par litre d'eau de dilution.

Diluer l'échantillon avec l'eau de dilution. La prise d'essai PE est déterminée par le rapport :  $PE = \frac{\text{volume de la fiole}}{F}$

Vérifier que le pH du mélange obtenu est compris entre 6 et 8, sinon l'ajuster à une valeur voisine de 7 par addition d'acide sulfurique ou de soude.

Doser l'oxygène dissous dans le mélange.

Remplir un flacon complètement avec ce mélange en veillant à ce qu'il ne reste aucune bulle d'air à l'intérieur.

Pratiquer un essai témoin en dosant l'oxygène dissous dans l'eau de dilution. conserver les fioles contenant l'échantillon et l'eau de dilution à  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  dans l'obscurité.

Mesurer l'oxygène subsistant au bout de 5 jours.

## 5.3. Expression des résultats :

Soit :

$DO$  = teneur en oxygène ( mg/l ) de l'eau de dilution au début de l'essai.

$D_5$  = teneur en oxygène ( mg/l ) de l'eau de dilution au bout de 5 jours d'incubation.

$T_0$  = teneur en oxygène ( mg/l ) de l'échantillon dilué au début de l'essai.

$T_5$  = teneur en oxygène ( mg/l ) de l'échantillon dilué au bout de 5 jours d'incubation.

La  $DBO_5$ , exprimée en mg/l d'oxygène, est égale à :

$$DBO_5 = F(T_0 - T_5) - (F - 1)(DO - D_5)$$

$F$  = Facteur de dilution choisi tel que :

$$0,4 T_0 \leq T_0 - T_5 \leq 0,6 T_0$$

6. Détermination des matières en suspension : MES.

Méthode par filtration :

6.1. Principe :

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

6.2. Mode opératoire :

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher à 105°C jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur. Filtrer ensuite l'échantillon de volume V.

Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau distillée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage. Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à poids constant.

6.3. Expression des résultats :

La teneur en matières en suspension (mg/l) est déterminée de la façon suivante :

$$\frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000$$

avec :

$M_0$  = masse du disque filtrant avant utilisation ( mg )

$M_1$  = masse du disque filtrant après utilisation ( mg )

V = volume d'eau utilisé ( ml ).



