

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

1Ex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Quantification de la charge polluante
des eaux usées d'ANABIB*

*Unité Profil à Froid
et
unité Gros-tube*

Proposé par :

D^r N. ABDI-HAÏDER

Etudié par :

M^e A. CHERGUI

Dirigé par :

D^r N. ABDI-HAÏDER

PROMOTION Juin 1987

DEDICACES

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

A

MON PERE

MA MERE

MES FRERES

MES SOEURS

A TOUTE LA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

DEDICACES

Je dedie ce modeste travail
à

Mon père

Ma mère

Mes frères

Mes sœurs

A toute la famille

A tous mes amis.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement ma promotrice Madame N- ABDI-HAÏDER, Docteur ingénieur en Génie Sanitaire et maître assistante à l'école nationale polytechnique pour l'aide précieuse et les conseils qu'elle m'a prodigués tout au long du semestre, et l'assure de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier :

M^o DOWGIALLO, professeur à l'ENPA pour son aide, ses conseils et son amitié.

M^o A-KERBACHI, Directeur du département de Génie de l'environnement.

M^o A. HAMDANE pour son aide et ses conseils.

Je suis très honoré de la présence à ce jury de :

M^{lle} HAMDI, Maître assistante à l'ENPA.

M^o MAHIOUT, Docteur d'Etat

M^{lle} DAHMOUNE, enseignante à l'ENPA.

Enfin que tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à élaborer ce modeste travail trouvent en quelques lignes l'expression de mes remerciements les plus sincères.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
POSITION DU PROBLEME ET BUT DE L'ETUDE.	3
CHAPITRE 1 :	
PRESENTATION DES UNITES	5
I- Unité Gros-tube	5
I-1 L'eau dans l'industrie	5
I-1-1 des eaux d'alimentations	5
a) Origine de l'eau utilisée	5
b) Consommation en eau	5
c) Contrôle de l'eau	5
I-1-2 des eaux résiduaires	6
a) Les eaux de refroidissement ou lubrification	6
b) Les eaux de piégeage des fumées contenant du soufre.	6
c) Les eaux usées domestiques	6
d) Les huiles de vidanges	6
I-2 Procédé de fabrication	7
I-2-1 Atelier-1-	7
I-2-2 Atelier-2- d'Enrobage	8
I-3 Matières premières utilisées	8
I-4 Produits chimiques utilisés	9

I-5	Déchets solides	9
I-6	Rejets atmosphériques	9
I-7	Dispositions prises par l'unité pour réduire la pollution	9
	SCHEMA DE L'UNITÉ GROS TUBE	10
II-	Unité profil à froid (P.A.F)	11
II-1	L'eau dans l'industrie	11
II-1.1	Les eaux d'alimentations	11
	a) Origine de l'eau utilisée	11
	b) Consommation en eau	11
II-1.2	Les eaux résiduaires	11
	a) Les eaux de refroidissement	11
	b) Les eaux usées domestiques	12
	c) Eaux de lubrifications	12
	d) huiles de vidanges	12
II-2	Procédé de fabrication	12
II-2.1	Atelier de profilage	12
II-2.2	Atelier d'embobage	13
II-2.3	Atelier fer et larges plats	13
II-2.4	Atelier de peinture	13
II-3	Matières premières utilisées	13
II-4	Produits chimiques utilisés	13
II-5	Déchets solides	13
II-6	Rejets atmosphériques	14

II-7 Dispositions prises par l'unité pour réduire la pollution 14
SCHEMA DE L'UNITE PAF 15

CHAPITRE 2.

TYPE DE POLLUTIONS, IMPACT SUR L'HOMME ET ENVIRONNEMENT. 17

I- Métaux 18

I-1 Fer. 18

I-1-1. Généralités 18

I-1-2 Toxicité 19

I-2 Zinc 20

I-2-1 Généralités 20

I-2-2 Toxicité 20

I-3 PLOMB 22

I-3-1 Généralités 22

I-3-2 Toxicité 22

I-4 CUIVRE 23

I-4-1 Généralités 23

I-4-2 Toxicité 24

I-5 : CADMIUM 25

I-5-1 Généralités 25

I-5-2 Toxicité 25

I-6 : CHROME 26

I-6-1 Généralités 26

I-6-2 Toxicité 26

II	Huiles.....	27
II-1	Généralités.....	27
II-2	Effets nuisible des huiles - - - - -	27
II-3	Les huiles utilisés dans l'unité ANABIB.....	27
III	Le soufre et ses dérivés réducteurs.....	29
III-1	Généralités.....	29
III-2	Étude des possibilités de combinaisons du soufre : dans l'eau.....	29
III-3	Diagramme du soufre.....	30
III-4	Toxicité des sulfures et des sulfites.....	30

CHAPITRE 3 : ANALYSE DES EAUX

I-	Echantillonnage.....	35
II-	Conditionnement.....	35
III-	Conservation des échantillons.....	35
IV-	Les paramètres analytique et les méthodes d'analyse.....	37
V-	Les résultats d'analyses.....	41
	1) Unité Gros tube.....	41
	2) Unités Profil à Froid.....	52
VI-	Interprétation.....	55
VII	conclusion.....	59
VIII	Recommandations et conclusion générale.....	60
	Annexes et bibliographie.	

Introduction :

La pollution désigne l'ensemble des rejets de nature toxique que l'homme libère dans l'écosystème, mais aussi sans être vraiment dangereuse pour les organismes exercent une influence perturbatrice sur l'environnement (17)

La pollution est devenue l'un des problèmes fondamentaux de l'humanité. L'équilibre écologique que l'homme entretenait avec la nature est rompu depuis l'avènement de la révolution industrielle dans des proportions dramatiques, à la fois par intensification que par extension géographique de la pollution.

Des déchets de fabrication, les rejets des installations énergétiques et des transports entraînent une pollution considérable de l'environnement. La pollution de l'atmosphère et des eaux provoque des changements des microclimats, une acidification des sols, une intoxication des animaux et des végétaux et des effets nuisibles sur la santé humaine.

Divers industries comportant un bon nombre de procédés de fabrication utilisent de l'eau. Ces eaux usées renferment une quantité importante en fer, plomb, phosphore, manganèse, beaucoup d'acides, d'agents toxiques et autres substances nocives, se retrouvent dans les rivières et les lacs et parfois débouchent vers la mer détruisant ainsi la faune et la flore.

En Algérie, la pollution d'origine industrielle semble prendre une

allure alarmante. A titre d'exemple, le lac de Réghaïa d'une superficie de cent hectares, et qui est un marais côtier à proximité de la zone industrielle et urbaine Rouiba - Reghaïa reçoit :

- des déchets de la zone urbaine qui n'est pas dotée d'une station d'épuration et dont la charge est estimée à $7000 \text{ m}^3/\text{j}$.

- des déchets industriels contenus dans les eaux déversées par les usines dont le volume augmente avec le développement de la zone et qui est évaluée à $20000 \text{ m}^3/\text{j}$.

- Tous les déchets véhiculés par l'eau tels que les engrais chimiques utilisés dans l'agriculture, les pesticides, déchets résultant de la pollution atmosphérique qui ont été précipités au niveau du sol par les pluies.

La dégradation de l'environnement, dont le lac de Reghaïa constitue un exemple concret, a amené le pouvoir public à prendre des dispositions à caractère réglementaire pour freiner et si possible supprimer ce phénomène qui menace non seulement la santé de l'homme mais aussi sa survie.

POSITION DU PROBLEME ET BUT DE L'ETUDE.

La zone industrielle créée en 1960, occupe une superficie de 855 hectares. L'alimentation en eau des unités industrielles est assurée d'une part par les réseaux urbains d'alimentation en eau potable de Rouiba-Réghaïa et d'autre part, elle est complétée par des forages de la nappe de la Mitidja.

Tous les eaux usées de la zone Rouiba - Réghaïa sont déversés dans l'oued de Réghaïa qui s'achemine vers le lac.

Le lac de Réghaïa est également alimenté par la nappe de la Mitidja. En cas d'une surexploitation de cette dernière entraînerait une diminution de l'approvisionnement du marais et l'alimentation se fera uniquement par les eaux usées.

La mort périodique des poissons, ainsi que la disparition de plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques, le dépérissement des arbres, Eucalyptus, et le ralentissement de l'auto-épuration naturelle du marais n'est qu'une preuve réelle du danger qui menace le site de Réghaïa.

Ainsi, l'étude que nous présentons s'inscrit dans le cadre du plan d'action antipollution du lac de Réghaïa.

Les unités Profil à Froid et Gros-tube situées dans la zone industrielle Rouiba - Réghaïa, participent comme d'autres unités à la dégradation du milieu naturel du lac et de son environnement

par ces effluents qui sont généralement chargés de matières polluantes telles que les métaux, les dérivés du soufre, les huiles et les graisses.

Notre étude se limitera donc à une étude qualitative et quantitative de l'effluent, ainsi qu'une recommandation simplifiée des solutions qui doivent être prises en compte pour réduire ou minimiser la charge polluante.

CHAPITRE I

PRESENTATION

DES

UNITES

Présentations des unités

I- Unité Gros-Tubes :

L'unité Gros tubes est spécialisée depuis plus de 20 ans dans la fabrication des tubes soudés spiralement et dans le revêtement extérieur.

Elle est implantée à Réghaïa, route nationale N°5 à 25 Km d'Alger. L'unité a l'avantage d'être reliée par voie ferrée. De plus, la proximité du port d'Alger peut rendre de précieux services.

I-1 L'eau dans l'industrie :

I-1-1 des eaux d'alimentations :

a) Origine de l'eau utilisée : L'eau utilisée par l'unité provient d'un puit de profondeur de quelques dizaines de mètres. L'eau est puisée au moyen d'une pompe qui s'arrête quand le réservoir est rempli et elle se remet en marche quand le niveau baisse.

b) Consommation en eau : Le débit de consommation est évalué à $30 \text{ m}^3/\text{j}$.

c) Contrôle de l'eau : D'après les informations fournies par le service de sécurité, l'eau ne subit pas de désinfection au niveau du réservoir, mais subit un contrôle tous les trois mois par l'institut Pasteur. Ce contrôle est effectué par des analyses de nature bactériologique.

II-1-2 Les eaux résiduaires :

On peut distinguer :

a) les eaux de refroidissement ou de lubrification dont le rejet est estimé à un volume de $40 \text{ m}^3 / \text{mois}$.

Dans l'unité, et en particulier dans l'Atelier-1-, on utilise pour les différentes opérations d'usinages et pour les opérations de mise en forme des métaux, des liquides dits de refroidissement et de lubrification, qui permettent de travailler le métal sans le détériorer. Ces liquides sont constitués d'huiles minérales émulsionnées.

Ces huiles sont diluées à 6% par rapport au volume d'eau. Ces eaux travaillent en circuit fermé jusqu'à ce qu'elles soient fortement chargées de poussières et autres impuretés, elles sont ensuite évacuées après un mois d'utilisation sous formes d'émulsions vieilles et constituent ainsi les eaux résiduaires.

b) Les eaux de piégeage de fumées contenant du soufre estimées à $8 \text{ m}^3 / \text{j}$:

La liquéfaction de la houille, nécessaire pour le revêtement des tubes, entraîne un dégagement d'une quantité importante de fumées riches en soufre (généralement du dioxyde de soufre SO_2) qui sont piégées par l'eau et évacuées sous forme d'eaux résiduaires.

c) Les eaux usées domestiques sont évaluées à $70 \text{ m}^3 / \text{j}$.

d) Les huiles de vidanges qui sont stockées dans des barils hermé-

tiquement: fermés sont estimés à $5 \text{ m}^3/\text{an}$. Elles ne sont pas rejetées dans l'émissaire d'après les informations du service de sécurité.

I-2 Procédé de fabrication :

I-2-1 Atelier 1 : Le métal de base utilisé en fabrication est l'acier au carbone.

Le tube soudé en spirale est obtenu dans une cage de formage à partir d'un feuillard en acier enroulé à froid. L'enroulement se fait de façon à permettre une représentation jointive des deux bords du feuillard à l'endroit de la soudure. La soudure est faite automatiquement à l'intérieur et à l'extérieur du tube.

Ces tubes, par la suite sont soumis à des contrôles portant sur la qualité de l'acier et de la soudure, sur l'épaisseur du métal et sur les dimensions du tube produit : Diamètre, ovalisation longueur... On a :

- a) Une épreuve hydraulique pour le contrôle d'étanchéité.
- b) Un contrôle non destructif comprenant :
 - Un contrôle dimensionnel du tube portant sur le diamètre extérieur, l'épaisseur et l'ovalisation.
 - Un contrôle ultra-sonique qui consiste en une méthode de détection électronique
 - Un contrôle radiologique (rayon X).
- c) Un contrôle destructif comprenant :

- Des essais de traction
- Des essais de pliage
- Des essais de dureté.

I-2-2 Atelier - 2- d'Enrobage :

Les tubes, par la suite, passent dans l'atelier d'enrobage, où on leur applique une couche protectrice à base de brai de houille (type C) dont la composition est la suivante :

- Grenailage extérieur des tubes
- Un produit chimique favorisant l'adhérence.
- Une armature en ~~soie~~ de verre.
- Une email (appliquée à chaud) constituant la couche protectrice.
- Une couche de badigeon de chaux anti-solaire

L'épaisseur de revêtement est de 3 à 4 mm

- Ces tubes sont soumis à une protection cathodique.

Ces tubes ainsi obtenus sont destinés principalement aux :

- Canalisations pour tous transports : Eau, gaz, pétrole
- Constructions métalliques

I-3 Matières premières utilisées :

- Acier	100 T/j
- flux de soudage	0,7 T/j
- Brai de houille	28 T/j
- Primaire (Peinture)	0,5 T/j

- laine de verre 0,5 T/j.
- fil de soudure 0,25 T/j.

I-4 Produits chimiques utilisés . Neant

I-5 Dechets solides

ferraille	250 T/MM
flux de soudage	10 T/MM
Brai de houille	25 T/MM
Déchets comestibles	4 T/MM.

I-6 Rejets atmosphériques

Composés de fumées non toxiques selon les informations fournies .

I-7 Dispositions prises par l'unité pour réduire la pollution :

- piégeage de fumées pour retenir les poussières (soufre)
- Récupération et vente de 250 T/mois de ferraille
- Evacuation des déchets ménagers et brai de houille

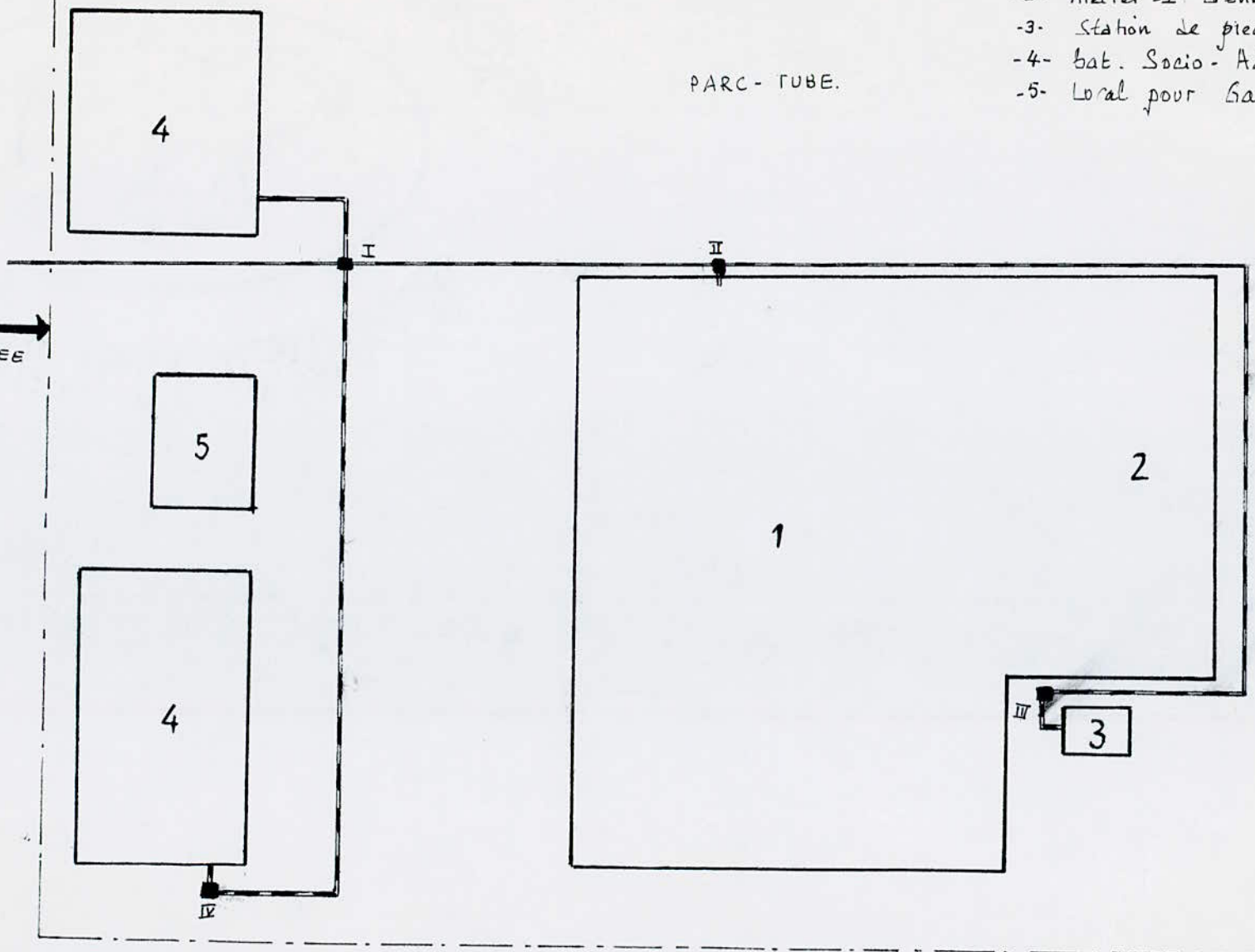
(24 T/mois)

- 1- Atelier de Profilage -1-
- 2- Atelier -2- d'Enrobage
- 3- Station de pesage
- 4- bat. Socio-Administrati
- 5- Local pour Gardiennage

PARC - TUBE.

Route Nationale N° 5

ENTREE



~10~

N

UNITE GROS TUBE

II- Unité Profilés à Froid (P.A.F):

L'unité de profilage à froid est spécialisée dans la fabrication des tubes cylindriques soudés longitudinalement utilisés en hydraulique et gaz, de fer plats, larges plats, des profils pour travaux publics et des rideaux métalliques.

Elle est implantée à Réghaia, route nationale N° 5 à 25 km d'Alger.

II-1 L'eau dans l'industrie

II-1-1 Les eaux d'alimentations :

a) Origine de l'eau utilisée : L'eau utilisée provient d'un puit de l'unité Gros-Tube.

b) Consommation en eau : Le débit de consommation est évalué à $10 \text{ m}^3/\text{j}$.

II-1-2 Les eaux résiduaires :

a) Eaux de refroidissement acides neutralisées avant rejet dont le volume est estimé à 15 m^3 / semaine, et qui proviennent de la station d'échange d'ions.

Ainsi, pour lutter contre l'entartrage des conduites, l'unité dispose d'une station échange d'ions pour la déminéralisation de l'eau d'appoint servant à refroidir les appareils mis en place dans l'atelier de refondage. Après saturation, les résines cationiques et

anioniques sont respectivement régénérées par l'acide chlorhydrique et la soude. Le volume nécessaire à la régénération est neutralisé à $\text{pH} = 7$ pour être évacué comme eau résiduaire.

Toutes les opérations pouvant être mises en oeuvre dans cette station se font automatiquement.

b) Eaux usées domestiques : Elles sont évaluées à $70 \text{ m}^3/\text{j}$.

c) Eaux de lubrification : Elles sont évacuées une fois par an, et le rejet est estimé à $10 \text{ m}^3/\text{an}$.

d) huiles de vidanges : non rejetées d'après les informations recueillies.

II-2 Procédé de fabrication :

II-2-1 Atelier de profilage :

Des profilés à froid sont des produits obtenus par des procédés de transformation appelé " Profilage à froid " qui tiennent compte de l'aptitude à la déformation à froid des aciers. Leur fabrication s'effectue à partir de produits (tôles et feuillards) introduits dans une machine à profiler et subissent au cours de leur avance des déformations progressives qui les amènent à la forme désirée sans modification de l'épaisseur d'ensemble des produits de base.

Le réfondage des bobines est effectué par cette unité.

Les tubes sont soudés sans apport de matériaux, mais par fusion des surfaces de contact des deux extrémités.

des tubes sont soumis à des essais d'aplatissement, envasement, tractionnels avant de passer à l'atelier d'ensrobage.

II-2-2 Atelier d'ensrobage : Dans cet atelier, on applique une couche protectrice aux tubes à base de houille (même procédé que l'unité Gros-tube).

Un projet d'extension pour le revêtement intérieurs est en cours de réalisation

II-2-3 Atelier fer et larges plats : Les bobines sont introduites dans une machine qui les coupent à dimension désirée.

L'Atelier va bénéficier d'un nouvel équipement de grenaillage pour le traitement des surfaces.

II-2-4 Atelier de peinture : Les produits sont peints selon le procédé de la ténipe après dégrainage au tétrachloroéthane.

II-3 Matières premières utilisées :

Bobines aciers 500 T/j.

II-4 Produits chimiques utilisés :

Tétrachloroéthane

II-5 Déchets solides :

Ferraille 54 T/j.

Calamine 2 T/j

Déchets domestiques 0,5 T/j

Sel de cyanures stockés 2 T.

II-6 Rejets atmosphériques

Risque de rejet de vapeurs en cas de défaillance du système d'adsorption.

II-7 Dispositions prises par l'unité pour réduire la pollution :

Récupération et vente de ferraille.

Neutralisation avant rejet des eaux de refroidissement acides.

Evacuation des déchets ménagers vers des décharges publiques.

ROUÏBA

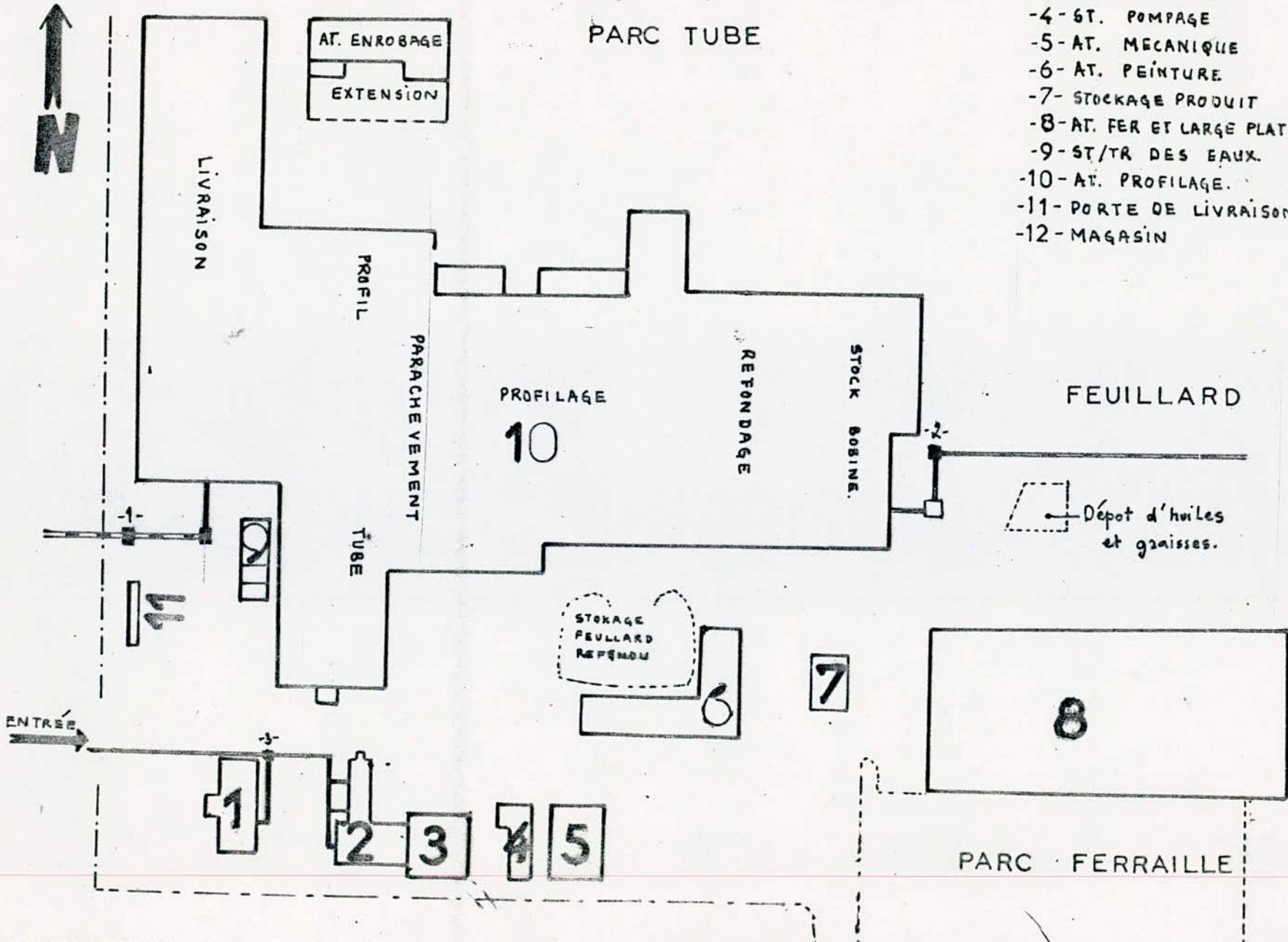
REGHAÏN

Fig N°2

UNITE P-A-F

PARC TUBE

- 1- BAT. ADMINISTRATIF
- 2- BAT. SOCIAL
- 3- BAT. SOCIO-ADM.
- 4- ST. POMPAGE
- 5- AT. MECANIQUE
- 6- AT. PEINTURE
- 7- STOCKAGE PRODUIT
- 8- AT. FER ET LARGE PLAT
- 9- ST/TR DES EAUX
- 10- AT. PROFILAGE.
- 11- PORTE DE LIVRAISON
- 12- MAGASIN





- fig N° 3 -

ZONE INDUSTRIELLE DE ROUIBA-REGHAIA

Echelle : 1 : 20000

ROUIBA

VERS
LE MARRAIS

REGHAIA

RN N° 5.

ENATB

NCA

EMBOUTEMAL

ENAD
DETERGENT

SNVI
COMPLEXE

ENAD
DETERGENT

SNS
GROS
TUBES

EMAL
EX
SNEMA

ANABIS
UNITE PETIT TUBE

BATIMENTAL

ENATB

VEHICULES
INDUSTRIELLES

SNS
E1

SNS
PROFILES
A
FROID

AUTOROUTE

CHAPITRE 2

TYPE DE

POLLUTION

IMPACT SUR

L'HOMME ET

L'ENVIRONNEMENT

TYPE DE POLLUTION ET IMPACT SUR L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT:

Les eaux résiduaires industrielles de l'unité "ANABIB" renferment des pollutions engendrées à la suite du traitement mécanique des métaux, qui utilise des graisses, des huiles et des lubrifiants.

- Les polluants plus légers que l'eau détériorent l'aspect extérieur et surtout empêchent l'accès de l'oxygène dans l'eau, et de ce fait, exercent une action dangereuse vis à vis de tous les êtres vivants aquatiques.

A cela s'ajoutent la pollution par les métaux qui peuvent créer des nuisances et des perturbations très grave dans le milieu récepteur. Ainsi le fer qu'on rencontre le plus souvent à l'état divalent, exerce une action dangereuse en adsorbant l'oxygène dissous dans l'eau, entité absolument indispensable aux êtres vivants qui s'y trouvent.

Le cuivre, le cadmium, le zinc, le plomb, le chrome, et autres métaux sont des toxiques dangereux et mortels; ils peuvent exercer parfois à long terme une action très gênante et ce, à faibles concentrations.

Des sels sont parfaitement inoffensifs, c'est le cas du sulfate de sodium ou chlorure de sodium par exemple, mais peuvent causer des perturbations ou devenir toxique à hautes concentrations.

Tous ces produits agissent les uns sur les autres, soit par synergie en augmentant les effets toxiques soit peuvent donner naissance

à des phénomènes particuliers. C'est le cas, par exemple, de la présence du zinc et du cadmium dont les actions toxiques s'additionnent simultanément ou le cas du zinc et du cuivre où elles se multiplient.

Il nous a donc semblé intéressant de rappeler dans le cadre de ce travail quelques notions générales relatives aux polluants rencontrés dans les unités "ANABIB" et de préciser leurs effets sur les êtres vivants.

I- MÉTAUX :

Certains métaux ont des effets bénéfiques, du moins à faible concentration (cas des oligo-éléments). Cependant à des concentrations un peu plus élevées, ils peuvent devenir nettement toxiques c'est le cas du Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, ...

Nous citerons, par ordre d'importance, les métaux rencontrés dans l'effluent :

I-1 FER :

I-1-1 Généralités : Le fer occupe la quatrième place dans la classification d'abondance des éléments dans la croûte terrestre. Des minerais de fer sont réduits dans les hauts fourneaux pour produire des aciers ou des fontes utilisés dans les diverses industries mécaniques.

Le Fer à haute pureté est stable à l'air et dans l'eau, suite à la formation à sa surface d'une couche d'oxyde. Mais le fer ordinaire qui contient des impuretés de toutes sortes est vite rouillé dans

une température humide. Il forme deux séries de combinaisons, composés ferreux (+2) et ferrique (+3) qui est plus stable.

I-1-2 Toxicité :

a) Effets sur l'homme :
Le fer bivalent et trivalent est essentiel au métabolisme humain particulièrement pour la synthèse de l'hémoglobine. Il est apporté en quantité suffisante à l'organisme humain par l'alimentation dont les besoins sont de l'ordre de 2 à 3 mg par 24 heures.

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

b) Effets sur les poissons :
La toxicité du fer dépend du pH et elle est liée à un dépôt d'hydroxyde sur le mucus alcalin des branchies des poissons et les détériore par érosion.

Une quantité de 0,9 mg/l, à pH = 6,5 ~ 7,5 a un effet mortel.

c) Effets sur les organismes inférieurs :
Des essais ont montré que pour une concentration de 1 g/l de sulfate de fer, et pendant 24 heures, la moitié environ des spirogyles étaient détruites.
Pour les levures, les concentrations mortelles se situent entre 0,2 à 0,5 ppm.

d) Effets sur les végétaux .

Le sulfate de fer subit dans l'eau et le sol une décomposition par hydrolyse et une oxydation . Il se forme par conséquent un dépôt d'hydroxyde ferrique dans le sol et un lessivage du sel de calcium et de potassium . Ceci donne lieu à une acidification du sol , entraînant \longrightarrow une disparition des diverses espèces telle que les trèfles et les herbes douces qui sont remplacés par des piéles , des herbes acides et des mousses .

I-2 ZINC :

I-2-1 Généralités : le zinc est un métal couramment répandu sur le globe , on le rencontre pratiquement toujours au niveau des gisements de plomb . Les principaux minerais de zinc sont la blende , la spharilite (Sulfures) et la calamine . La teneur moyenne du zinc dans la lithosphère est de 1ppm environ .

Le zinc est couramment rencontré dans les eaux à l'état d'hydroxyde , de carbonate ou de sulfure de zinc $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$, ZnS .

I-2-2 Toxicité :

a) Effets sur les hommes .:

Le zinc est un élément essentiel au métabolisme humain , il entre en effet dans la composition de nombreuses enzymes et dans l'insuline . Il présente un effet gênant en ce sens qu'il confère à l'eau un goût désagréable .

b) Effets sur les poissons :

Pour la plupart des poissons , la

concentration létale se situe entre 0,01 ppm et 10 ppm.

A la suite d'une étude, HULLER - J.M. et RERIMUTTER A. ont montré que le zinc peut augmenter le pouvoir infectueux du virus vis à vis des poissons.

Le poids, la reproduction des poissons exposés, le nombre de femelle le nombre d'œuf pondus par femelle, le nombre d'œuf arrivant jusqu'à l'éclosion, subissaient une réduction d'autant plus importante que les concentrations du zinc dans le milieu étaient élevées.

c) Effets sur les organismes inférieurs : Le zinc présente un

effet toxique vis à vis des protozoaires et des bactéries.

Une concentration de 62,5 mg/l de zinc diminue 50% de la DBO₅ des cours d'eau. Pour 1 mg/l, le zinc a un effet de stimulation vis à vis des bactéries nitrifiantes alors qu'il présente un effet d'inhibition à 10 mg/l.

d) Effets sur les végétaux : L'appareil chlorophyllien des végétaux

est détérioré par les sels de zinc. Une dose de 2 à 3 mg/l de zinc influe favorablement sur la croissance en longueur des végétaux. Le développement de petits pois en culture dans l'eau est favorisé par des additions de 0,03 et 0,015 mg/l de sulfate de zinc.

I-3 PLOMB :

I-3-1 Généralités : Le plomb se trouve dans l'écorce terrestre à des teneurs de 13 mg/kg . Les principaux minerais plombifères sont la galène PbS , l'anglélite PbSO_4 et la cérussite PbCO_3 .

À l'air, le Pb perd son éclat en se recouvrant d'une couche d'oxyde PbO . En présence d'humidité, il réagit sur l'oxygène atmosphérique pour donner l'hydroxyde de Pb: Pb(OH)_2 .

I-3-2 Toxicité :

a) Effet sur l'homme : Par accumulation dans l'organisme, le Pb provoque la maladie des saturnisme. Il est absorbé par voies cutanées, digestives et respiratoires. Il possède une très grande affinité pour les tissus osseux, il s'accumule à une proportion de 90% provoquant des traversés osseuses opaques. La concentration maximale dans l'eau d'alimentation est inférieure à $5 \cdot 10^{-2} \text{ mg l}^{-1}$. L'organisme est capable d'éliminer jusqu'à $400 \mu\text{g}$ de Pb/j.

b) Effets sur les poissons : Dans les eaux douces, les composés de Pb exercent vis à vis des poissons une action toxique très puissante. Avec des teneurs $0,1$ à $0,4 \text{ mg/l}$ Pb, des épinoches, des vairons et des truites ont péri.

c) Effets sur les organismes inférieurs : Les microorganismes qui effectuent la dégradation aérobie de la matière organique présentent des

symptômes d'intoxication quand \rightarrow la concentration du Pb supérieure ou égale à $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$.

d'effet toxique vis à vis des flagellés et des infusoires débute vers $0,5 \text{ mg/l}$; vis à vis des bactéries nitrifiantes vers $0,5$ à 10 mg/l ; et vis à vis d'autres bactéries vers 1 mg l^{-1} .

d) Effets sur les végétaux :
De légères additions du Pb dans le sol favorisent le processus de nitrification, mais l'ammoniation par contre est inhibée.

Le Pb ralentit la croissance des racines et provoque une nette atténuation de la respiration. Son action est toutefois moins toxique que celle du zinc.

Pour une concentration dépassant 50 mg l^{-1} , les plantes (pomme de terre, avoine...) périssent en espace de 8 jours.

I-4 .CUIVRE :

I-4-1 Généralités : La teneur de l'écorce terrestre en cuivre est de $5,5 \cdot 10^{-3}$ (en % massique). Il est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, et de minerais oxydés ou sulfurés.

À l'air, il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique. Il possède les propriétés d'être un bon conducteur de l'électricité et de la chaleur.

I-4-2 Toxicité

a) Effets sur l'homme :

Le cuivre est un élément essentiel à l'homme, la principale source d'apport de cuivre à l'organisme est fournie par l'alimentation. Le cuivre entre dans la composition d'un certain nombre de protéines spécifiques dont il joue un rôle important. Il intervient également dans le métabolisme du fer.

La quantité de cuivre nécessaire à l'organisme humain est environ 2 mg/j pour les enfants et 3 mg/jour pour les adultes.

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

La norme européenne concernant le cuivre dans les eaux de boisson est de $0,05 \text{ mg/l}$.

b) Effets sur les poissons :

La limite de toxicité du cuivre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) est de $0,1 \text{ mg/l}$ pour les salmonidés très sensibles; de $0,35 \text{ mg/l}$ pour la carpe et peut se manifester à des concentrations de $0,01$ à $0,02 \text{ mg/l}$ (Cu). En présence du Zn, les effets du cuivre augmentent.

A des concentrations $> 1 \text{ g/l}$, il apparaît des phénomènes de paralysie chez la truite arc-en-ciel.

c) Effets sur les organismes inférieurs :

$0,1$ à $0,5 \text{ mg/l}$ de sulfate de cuivre ont un effet toxique sur les algues.

Le seuil de toxicité pour les bactéries du genre *Escherichia coli* est de $0,08 \text{ mg Cu}^{+2} / \text{l}$, pour les algues du genre *Scenedesmus* de $0,15 \text{ mg/l}$.

et des teneurs allant de
0,2 à 0,6 mg/l CuSO_4 sont toxiques pour certains protozoaires.

I-5. CADMIUM :

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

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

I-5-2 Toxicité

a) Effets sur l'homme :

Des concentrations en Cd de l'ordre du mg/l, dans l'eau potable, conduisent à des affections osseuses extrêmement douloureuses (Maladie d'Itai - Itai). Il est plus toxique que le Pb car il n'est pas éliminé. C'est au niveau du rein qu'il se fixe à des protéines conduisant à une intoxication rénale.

b) Effets sur les poissons :

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

c) Effets sur les organismes inférieurs :

Pour les bactéries (*Escherichia - coli*), la limite de toxicité de l'ion cadmium est de 15 mg/l, pour les algues (*Scenedesmus*), les petits crustacés (*Daphnia*), elle est de l'ordre de 0,1 mg/l.

I-6. CHROME :

I-6-1 Généralités : La teneur de l'écorce terrestre en chrome est $2 \cdot 10^{-2} \%$ (massique). Le minerai chromifère le plus important est la chromite (chromoferrite, fer chromé ou chromaté) $Fe(CrO_2)_2$.

I-6-2 Toxicité :

a) Effets sur l'homme : Une intoxication aiguë par le chrome entraîne une tubulonéphrite aggravée parfois par ^{me}hépatite toxique avec ictère.

b) Effets sur les poissons : Après un contact de 6 heures dans l'eau distillée à $21^\circ C$ à une concentration de 150 à 160 mg/l de sulfate de chrome ont une action toxique sur les poissons.

Les chromates sont toxiques à une dose supérieure à 50 mg/l.

c) Effets sur les organismes inférieurs : Une application de 10 mg/l de chlorure chromique a pour conséquence un ralentissement de l'activité de fermentation.

Les boues d'eaux résiduaires peuvent être enrichies en Cr(VI) jusqu'à 3% de leur poids sec, sans que la dégradation bactérienne des matières organiques en souffre.

Escherichia - coli n'est pas sensible à une concentration de 100 mg l^{-1} de sel chromique.

d) Effets sur les végétaux : Le blé, le seigle, l'orge, le maïs et les petits pois sont fortement détériorés par une dose de 0,1 mg/l de chrome. Les chromates ont un effet favorable sur le blé pour des concentrations très faibles.

II Des Huiles :

II-1 Généralités :

Les huiles sont dans la plupart des cas des formulations très complexes à base d'huile minérale ayant les propriétés de former spontanément avec l'eau des émulsions stables d'huile dispersée dans l'eau.

Ces émulsions sont utilisées pour leurs propriétés lubrifiantes dues à l'huile et leurs propriétés réfrigérantes dues à l'eau.

II-2. Effets nuisible des huiles :

Un rejet dans le milieu naturel peut provoquer :

1) Contamination des nappes du fait de la concentration élevée en agents tensio-actifs qui favorisent le drainage des huiles par les eaux d'infiltration jusqu'au niveau de la nappe phréatique.

2) formation, après cassage d'émulsions, d'un film qui flotte à la surface de l'eau, qui détériore l'aspect extérieur et qui empêche l'accès de l'oxygène dans l'eau et de ce fait exerce une action dangereuse vis à vis de tous les êtres vivants aquatiques.

3) Perturbations au niveau des stations d'épuration.

Des teneurs en huiles supérieures à 500 mg/l dans les eaux résiduaires sont susceptibles de provoquer une attaque du béton par les acides gras libres

II-3 des huiles utilisées dans l'unité ANABIB.

Les huiles utilisés pour la lubrification sont du type TASFALOUT 228.

de TASFALOUT 22 B est une huile de coupe soluble de qualité supérieure donnant des émulsions stables. Elles sont dotées d'un bon pouvoir mouillant et de propriété anti-rouille.

Elle présente les caractéristiques suivantes. :

Densité moyenne 15°C = 0,900

pH (5% eau distillé) = 10,28

Type d'émulsion = blanc laiteuse non transparent

Viscosité à 50°C = 2,92

Viscosité à 100°C = 1,375.

D'autres huiles sont utilisées par l'unité pour d'autres fins, pour le refroidissement des machines, des transformateurs... On rencontre le RHIFFA, TOLBA, PYRALEN...

III LE SOUFRE ET SES DERIVEES REDUCTEURS :

III-1 Généralités : A l'état naturel, le soufre est assez répandu (0,15% de l'écorce terrestre). On le trouve sous forme natif, de sulfures et de sulfates.

Les sulfures sont des minerais de chaux, le fer (4^{ème} élément de la couche terrestre O, Si, Al, Fe) est souvent associé au S.

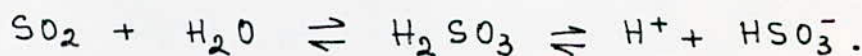
- FeS abondant en milieu naturel (plus que ZnS par exemple)
- Elements dont les formes sont peu toxiques.

Il est présent dans les divers composés de la houille, des pétroles, de gaz naturels, dans les organismes végétaux et animaux.

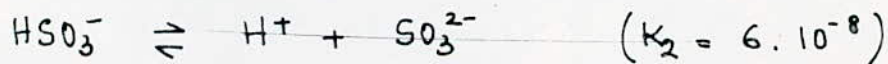
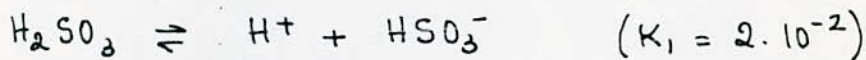
Le soufre brûle dans l'air ou en présence d'oxygène en donnant un gaz incolore, d'odeur suffocante le SO₂.



Du fait de sa solubilité dans l'eau :



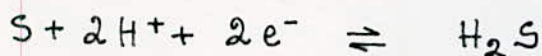
l'acide sulfureux est un acide dibasique :



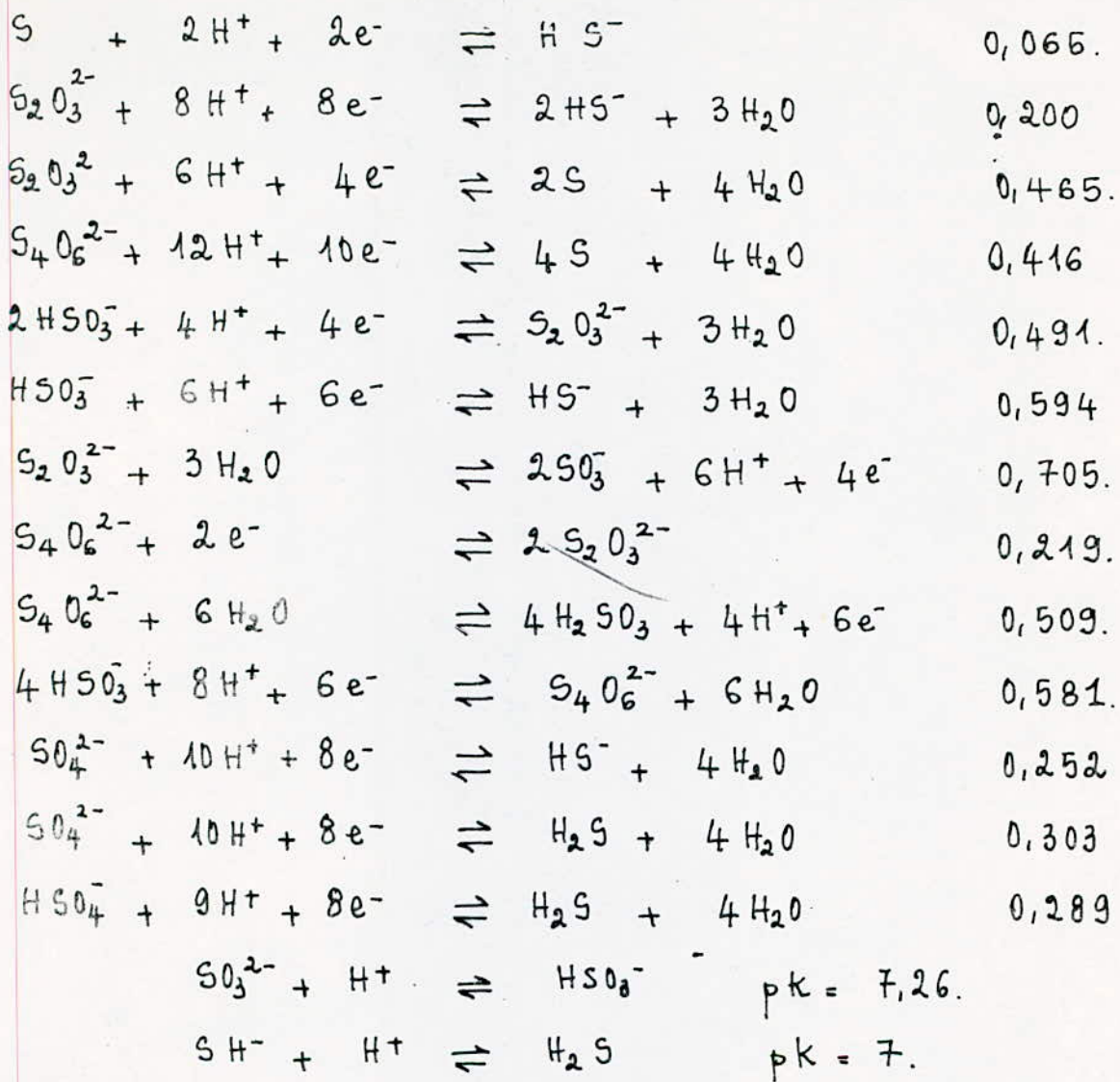
III-2 Etude des possibilités de combinaisons du soufre dans l'eau :

Réactions

Potentiels standard (pH=0, T=25°C)



0,142 Volts.



III-3. Diagramme du soufre : Il nous renseigne sur les domaines d'existence des différentes formes réduites du soufre en tenant compte du pH et du potentiel d'oxydo-réduction.

III-4. Toxicité des sulfures et des sulfites :

a) Effets sur les poissons :

L'action toxique des sulfures est en fonction du pH. Ainsi sur des truites, une concentration de 3,2 mg/l S^{2-}

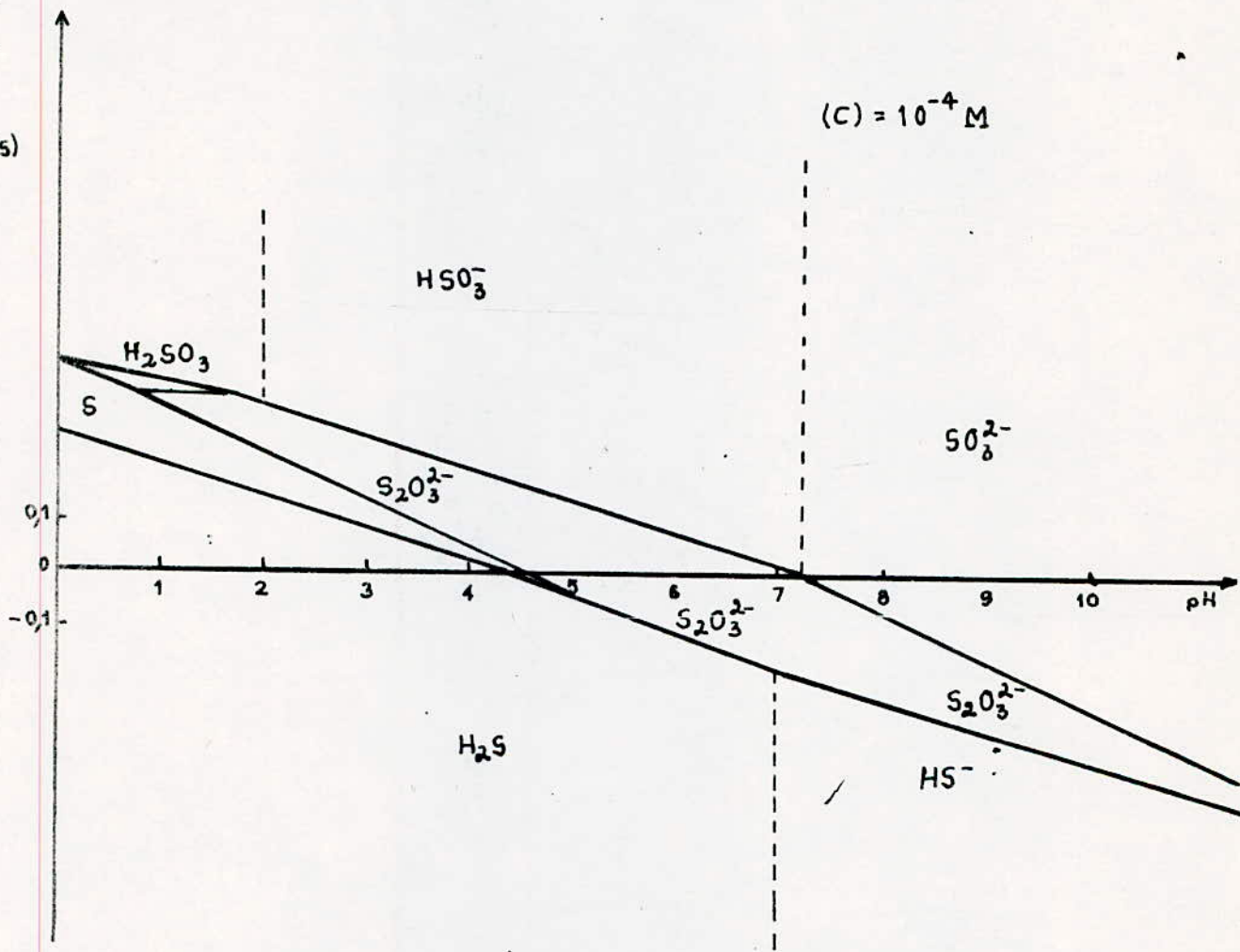


Fig N°4 Diagramme du soufre

à entraîné la mort en 2 heures à $\text{pH} = 9$, en 10 mn à $\text{pH} = 7,8$ et en 4 mn à $\text{pH} = 6$.

L'action toxique des sulfites chez les cyprins dorés se manifeste à une concentration de 100 mg/l de Na_2SO_3 .

b) Effets sur les organismes inférieurs :
des sulfures ont une action négative sur le processus de digestion.

Les sulfites exercent une action toxique sur les protozoaires ainsi que chez les organismes anaérobies dont la digestion est retardée par 50 mg l^{-1} (5).

Les sulfites de sodium provoquent un ralentissement du mouvement ondulatoire et une lente contraction du pédoncule musculaire chez *Vorticella*.

Tous les polluants sont caractérisés par un mode de pénétration qui leur est spécifique. Nous présentons les + ts mode de pénétration que l'on classe en trois catégories.

On peut distinguer trois modes de pénétration des polluants dans l'organisme

(*) Par voie respiratoire

(*) Par voie transépidermique.

(*) Par voie trophique : adsorption radiculaire chez les plantes ou digestive chez les animaux.

Dans le règne animal, au premier mode de pénétration correspond une forme de toxicité dite par inhalation, au second, elle est dite par cutanée et par ingestion pour le troisième.

Les végétaux sont exposés à trois formes de contamination :

- Par diffusion directe au travers du parenchyme foliaire de gaz toxique.

- Par respiration stomatique par contact avec les parties aériennes

- Par adsorption radiculaire dans le cas de pollutions des sols.

Chez les organismes aquatiques, on ne peut séparer les voies de pénétration épidermiques de celles par ingestion car elles se produisent *spoo facto* - simultanément.

CHAPITRE 3

**ANALYSE
DES
EAUX**

CHAPITRE 3 : ANALYSE DES EAUX :

Introduction :

Pour permettre d'élaborer notre travail de quantification de la charge polluante des eaux usées de l'unité ANABIB, nous avons suivi une certaine méthodologie qui nous permettra de contrôler les eaux industrielles.

Pour cela, nous avons suivi les étapes suivantes :

- (1) Répertoire des différentes phases de fabrication et les différentes sources d'eaux usées.
- (2) Définir la nature des matières premières et les caractéristiques des eaux usées.
- (3) Nous avons dressé un plan des réseaux d'évacuation des eaux et l'emplacement des différents points d'échantillonnage.

Les analyses ont été faites au sein de notre école nationale polytechnique - Département Génie de l'environnement et à l'entreprise nationale de recherche et d'exploitation minière "EREM".

I - Échantillonnage :

Quelque soit la qualité d'une analyse, son résultat n'est valable que dans les conditions suivantes :

- *) l'échantillon analysé est bien représentatif de la masse d'eau considérée.
- *) l'échantillon ne s'est pas altéré entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.

Pour la détermination des paramètres de pollution, nous avons effectué des échantillons moyens au point les plus représentatifs à raison d'un par semaine. Nous avons jugé nécessaire de représenter une variation journalière des différentes entités présentes.

Nous avons effectués des prélèvements à différents points des unités P.A.F et G.T représentés dans les figures 1 et 2.

Nous avons jugé nécessaire de prélever à l'intérieur des ateliers, surtout au niveau du bac de stockage.

II - Conditionnement :

Du fait que les moyens de conditionnement faisaient défaut, il a alors été procédé immédiatement aux analyses de certains paramètres évolutifs (DCO, DBO, T₅), le reste des analyses ce être fait le lendemain.

III - Conservation des échantillons :

D'après Robert - Weimer, l'acide chromique s'adsorbe sur le

verre et on peut après un séjour prolongé de l'échantillon dans un flacon de verre arriver à des résultats analytiques beaucoup plus bas. C'est pourquoi, on utilise des récipients pour le prélèvement en matière plastique qui résistent bien aux agents chimiques.

Pour stabiliser nos échantillons, on du moins ralentir les réactions éventuelles qui peuvent avoir lieu entre le moment du prélèvement et l'analyse, on a été amené à prendre quelques précautions particulières (conservation à froid 4°C , agents chimiques...).

Tableau N° 1 : (Soin de l'échantillon selon la nature de l'analyse)

Analyse	Contenant	Précautions	Délai maximum
T°C	-	sur place	imm
pH	P, V _b	sur place ref 4°C	imm 6h.
Alcalinité	P, V _b	ref 4°C	24 h.
Cl^{-}	P, V		7 jours.
D.C.O	P, V	H_2SO_4 , pH < 2	7 jours.
D.B.O	P, V	ref 4°C	3 heures.
Huiles et graisses	V	ref 4°C + HCl ou H_2SO_4 pH < 2	24 heures
SO_4^{2-}	P, V	ref 4°C	7 jours
SO_3^{-}	P, V		imm
sulfite	P, V	1 goutte / 100 ml acétate de Zn	24 h.

Legendes : V = Verre

P = plastique

V_b = Verre borosilicate (pyrex)

ref = refrigerer

imm = immédiatement

IV - Les paramètres analytiques et les méthodes d'analyses :

La connaissance de la nature des matières premières, ainsi que le procédé de fabrication nous ont permis de sélectionner les différentes paramètres physiques et chimique à analyser.

- Température (T°C)
- Potentiel d'hydrogène (pH)
- Conductivité (ms/cm)
- M.E.S
- Sulfates SO_4^{2-}
- Sulfures
- Sulfites
- Huile et graisse
- DCO
- D.B.O5
- Zn
- Cr (VI)
- Fer
- Cu
- Cd.
- Pb

1° Température : est l'un des paramètres les plus importants à noter au moment du prélèvement. Elle peut avoir une grande influence sur la croissance de microorganismes et des algues qui peuvent entraîner des goûts et odeurs désagréables, ainsi qu'une augmentation de la couleur et de la turbidité. De plus, la solubilité de l'oxygène diminue quand la température augmente, ce qui est néfaste pour la faune et la flore et pour la faculté d'autoépuration.

La mesure se fait à l'aide d'une thermomètre.

2° Potentiel d'hydrogène : le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H^+ , contenus dans une eau $pH = -\log(H^+)$

Il joue un rôle primordial à la fois : - Dans les propriétés physicochimiques
- Dans les processus biologiques
- Dans l'efficacité de certains traitements

La mesure du pH se fait à l'aide d'une électrode de verre relié à un pH mètre.

3° Conductivité exprimé en milli siemens / cm (ms/cm).
La présence d'ions confère à l'eau une certaine conductivité électrique est à dire, une certaine aptitude à conduire l'électricité.

La mesure de la conductivité nous permet d'estimer globalement la minéralisation totale de l'eau.

On fait appelle à une méthode instrumentale à l'aide d'un conductimètre

4% Demande chimique en oxygène (mg/l d'O₂) : D.C.O

La D.C.O est la mesure de toute la matière organique (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elle soit ou non biodégradable.

On fait appel à la méthode par le dichromate de potassium.

5% D.B.O₅ : Demande biochimique en oxygène. (mg/l d'O₂)

d'oxydation des composés organiques biodégradables par les micro-organismes entraîne une consommation d'oxygène.

La mesure de cette D.B.O permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution.

D.B.O₅ correspond à une incubation pendant 5 jours.

L'appareil de mesure utilisé est décrit en annexe.

6% M.E.S : matière en suspension (mg/l)

Théoriquement, ce sont les matières qui ne sont ni solubilisées ni à l'état colloïdales. Les matières en suspension comportent des matières organiques et des matières minérales. Des valeurs élevées en M.E.S peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter ainsi le développement de la vie aquatique et peuvent aussi favoriser la toxicité des poissons.

L'évaluation de ce paramètre se fait après filtration sur membrane (voir annexe)

7° Sulfates SO_4^{2-}

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates en proportions très variables. Leur présence résulte de la solubilité des sulfate de calcium, des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandues dans les roches.

Les eaux industrielles contiennent toujours des sulfates divers ainsi que de l' H_2SO_4 .

La méthode utilisée pour le dosage de sulfates est la méthode nephelométrique (Voir annexe)

8° Composés sulfurés réducteurs :

On fait appel à une méthode volumétrique (Voir annexe)

9° huiles et graisses :

Les huiles et les graisses que l'on peut rencontrer dans l'eau sont le plus souvent sous formes d'émulsions ou saponifiées. Il est bien connu que la présence des huiles et graisses constitue une gêne considérable pour le fonctionnement normal de la station d'épuration et crée des inconvénients et dommages considérables sur le milieu récepteur.

La méthode utilisée est une méthode gravimétrique (Voir annexe).

10° Métaux :

À des faibles concentrations, les métaux peuvent exercer des effets nuisibles sur le milieu récepteur. Il importe donc de doser ces éléments avec précision afin de s'assurer que les normes sont respectées.

On fait appel aux méthodes d'absorption atomique (Pb, Zn, Cu, Fe, Cd) et colorimétrique (Cr)

V - Les résultats d'analyses.

1) Unité Gros tube.

Date	31/3/87	07/04/87	14/04/87	28/04/87	06/05/87
Heure	9 ^h 45	11 ^h 00	11 ^h 30	12 ^h 00	10 ^h 00
Temp. °C	16	17	17,4	18,2	18,5.
pH	8	7,5	7,5	7,7	7,9.
Conductivité (ms/cm)	1,99	2,00	2,00	2,00	1,98
M. E. S (mg/e)	340	1296	144	204	242
D. C. O (mg/e)	48	312	200	-	140
DBO ₅ (mg/e)	22	78,1	-	-	-
huiles et graisses (g/e)	0,28	1,72	1,18	0,61	1,69
SO ₄ ²⁻	398,72	136,8	152,6	-	-
Fe (ppm)	0,02	19,77	0,25	0,1	trace.
Zn (ppm)	0,16.	5,20	0,27	trace	9,5.10 ⁻⁴
Cr (VI) (ppm)	0,006	-	0,018	0,009	0,015
Pb (ppm)	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Cu (ppm)	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Cd (ppm)	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace.

Tableau N° 1

- Regard N° I -

DATE	31/3/87	07/04/87	14/4/87	28/4/87
Heure	9 ^H 30	10 ^H 45	11 ^H 00	11 ^H 30
T °C	17	16,5	17,2	18.
pH	7,7	7,6	7,5	7,7
Conductivité (ms/cm)	1,95	1,98	1,97	2,00
M. E. S (mg/l)	896	925	3315	575
D. C. O (mg/l)	320			
D. B. O 5 (mg/l)	174	129		
Huiles et gras (g/l)	—	2,03	5,35	0,87.
Fer ppm	0,15		2,95	0,5
Zinc ppm	2,19		3,69	0,20
Cr (VI) ppm	0,02		0,016	0,009
Cd (ppm)	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02.

Tableau N° 2

- Regard N° II -

DATE	31/3/87	07/04/87	14/4/87
Heure.	10 ^h 15		
T ° C	16	17,1	16,8
Conductivité (mA/cm)	2,20	2,00	2,00
M. E. S (mg/e)	130	124	144
D. C. O (mg/e)	480	420	440
pH	7,5	7,6	7,3

Tableau N° 3.

Regard N° -15-

Date	T ° C	pH	Cond	MES (mg/e)	DCO mg/e	huiles graisse	Fe ppm	Zn ppm	Cr(VI)
31/3/87	18	7,75	257	257	656	184g/e	Trace	0,65	0,036

Tableau N° 4

Prelevement au niveau du bac de
Atockage.

DATE	31/03/87	07/04/87	14/4/87	28/4/87
Heure	9 ^h 20	10 ^h 30	10 ^h 50	11 ^h 10
T ° C	17,5	16,5	17,2	17,5
Conductivité	2,00	1,85	1,99	1,99.
M.E.S (mg/e)	57	117	40	50.
D.C.O (mg/e)	68	52	32	59.
SO ₄ ⁼ (mg/e)	78,56	80,48	86,72	79,75.
Sulfate (mg/e)	1,02	1,15	0,64	0,85.
Sulfure	3,77	5,25	3,52	3,66.
thiosulfate (mg/e)	0.	0.	0.	0.
PH	8,2	7,8	7,85	8,00

Tableau N° 5
Regard N° III.

fig N° 5

~ VARIATIONS HORAIRES DE LA TENEUR DU Zn. (24-5-87)

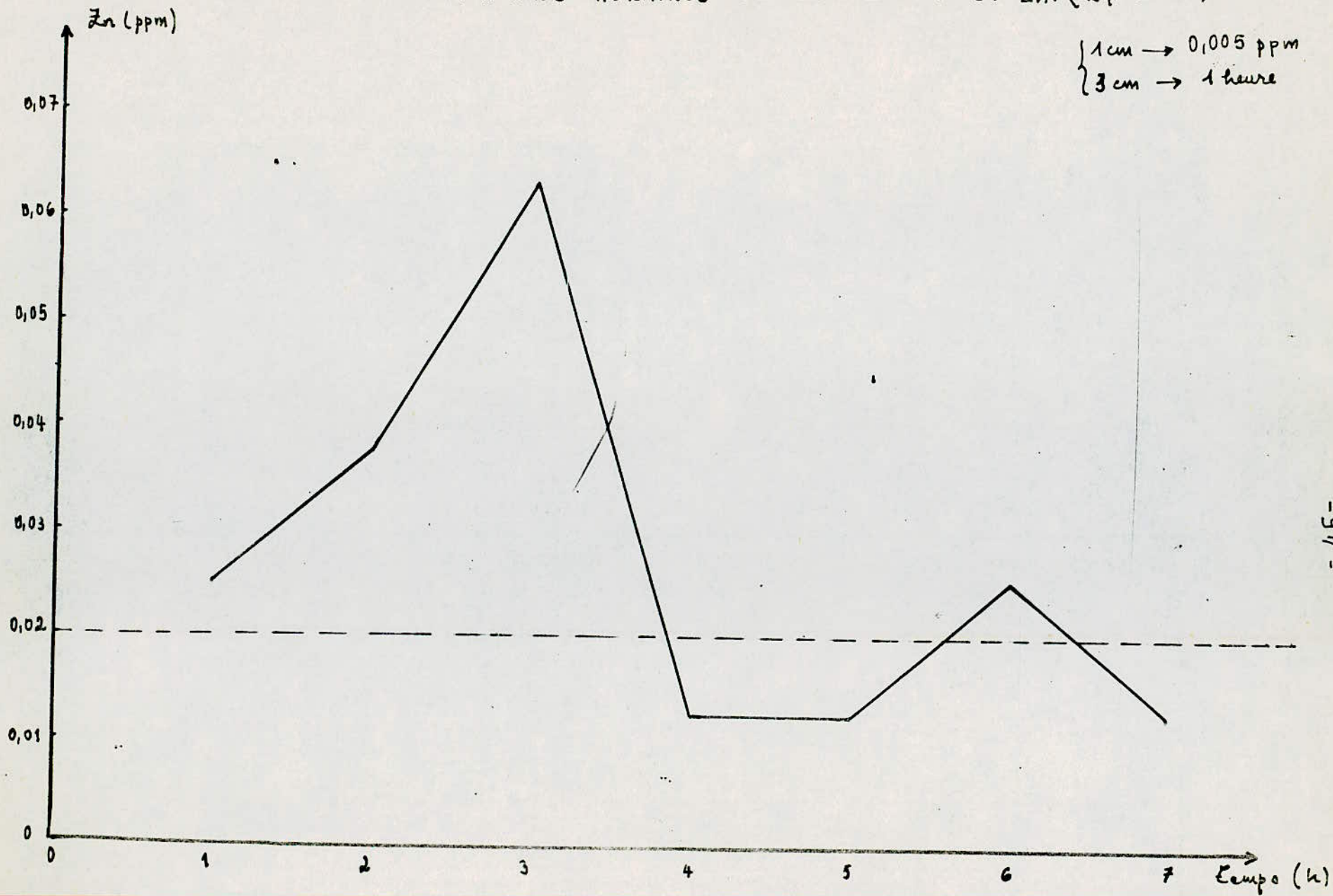
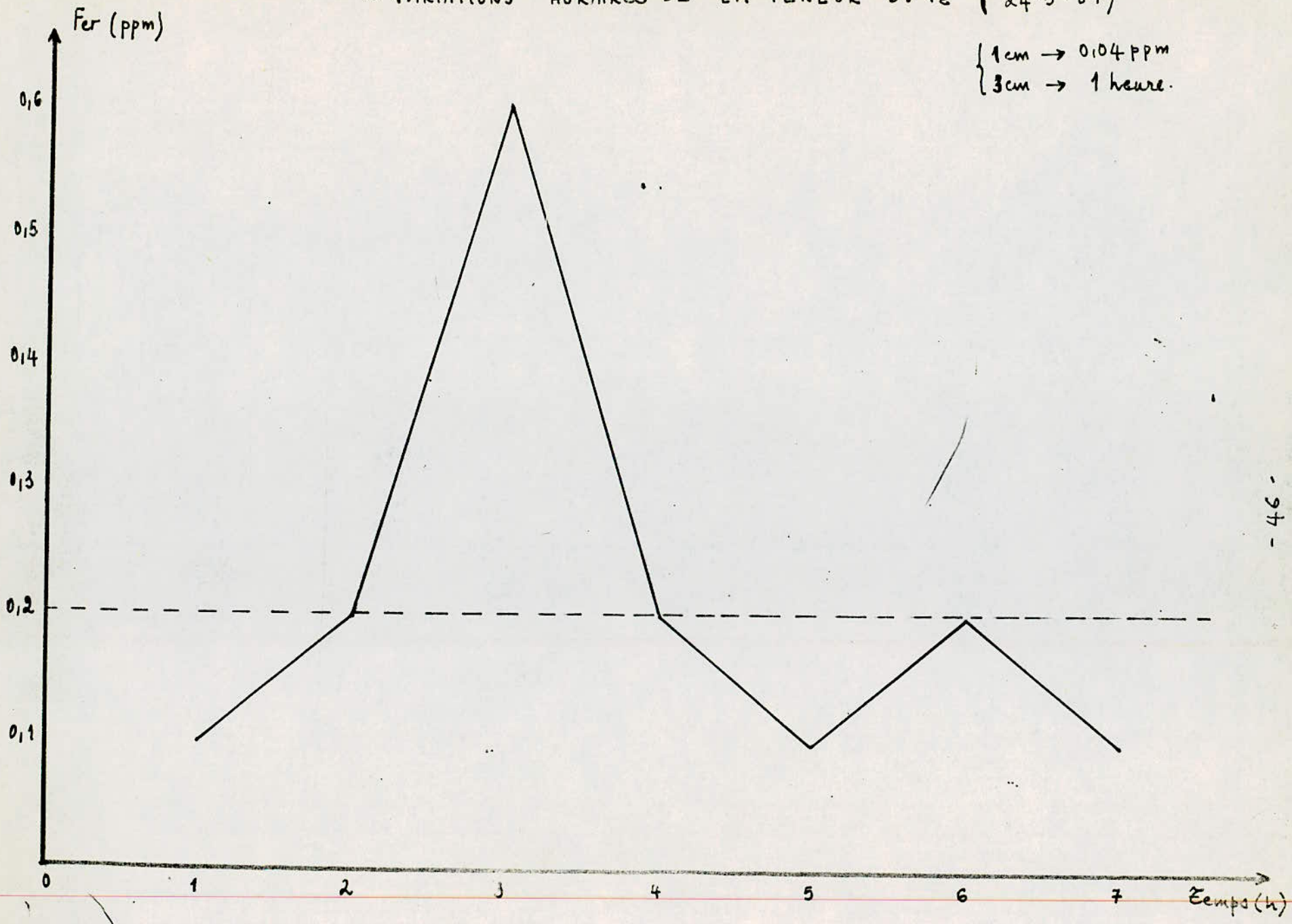


Fig. N° 6
~ VARIATIONS HORAIRES DE LA TENEUR DU Fe (24.5-87)

{ 1cm → 0,04 ppm
 3cm → 1 heure.



Chlorure
mg/l Cl^-

VARIATIONS HORAIRES DE LA TENEUR EN CHLORURE (24-5-87)

3 cm → 1 heure
1 cm → 2 ppm

90,00

80,00

70,00

1

2

3

4

5

6

7

Temps (h)

- 47 -

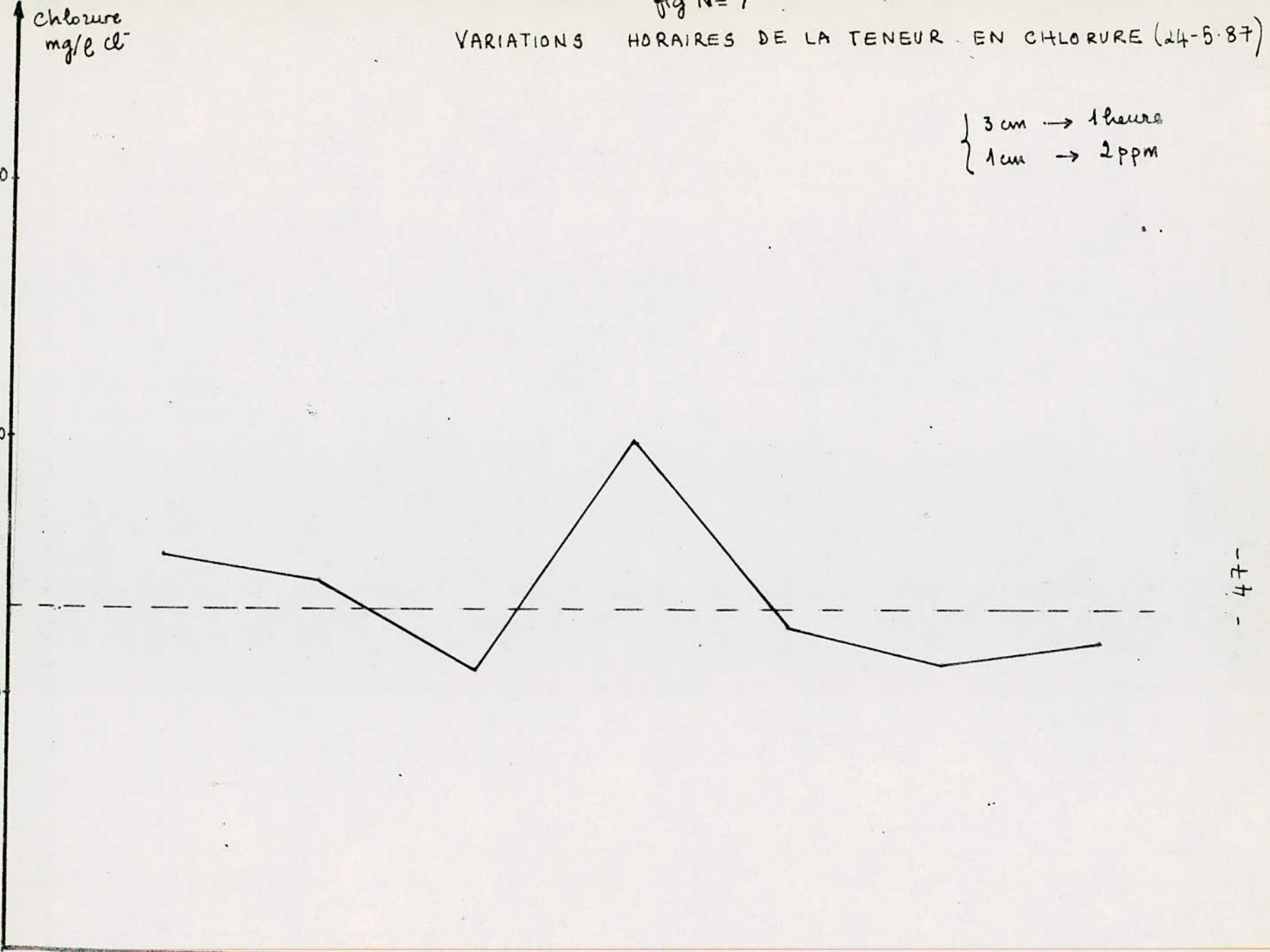
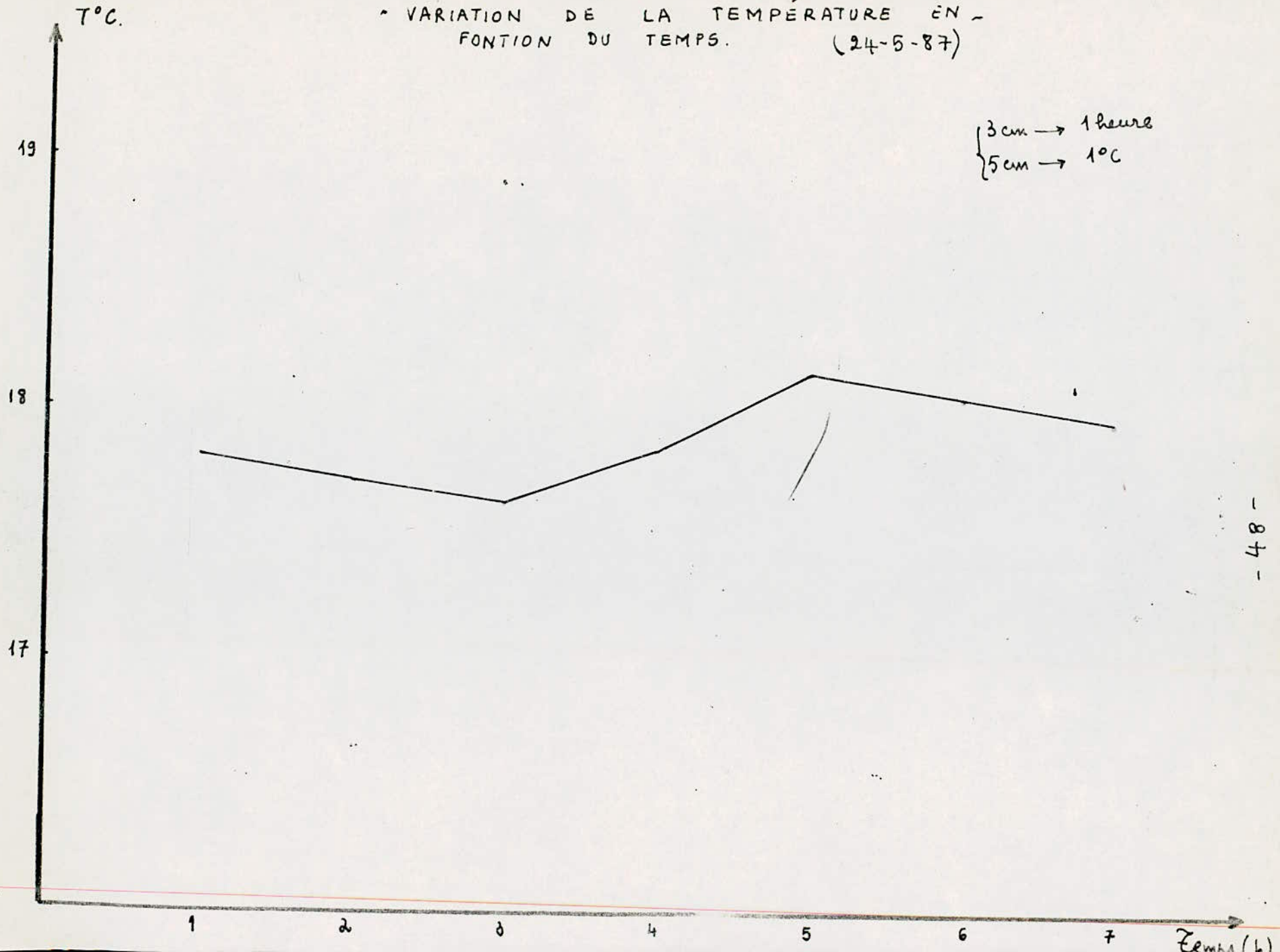


fig N° 8

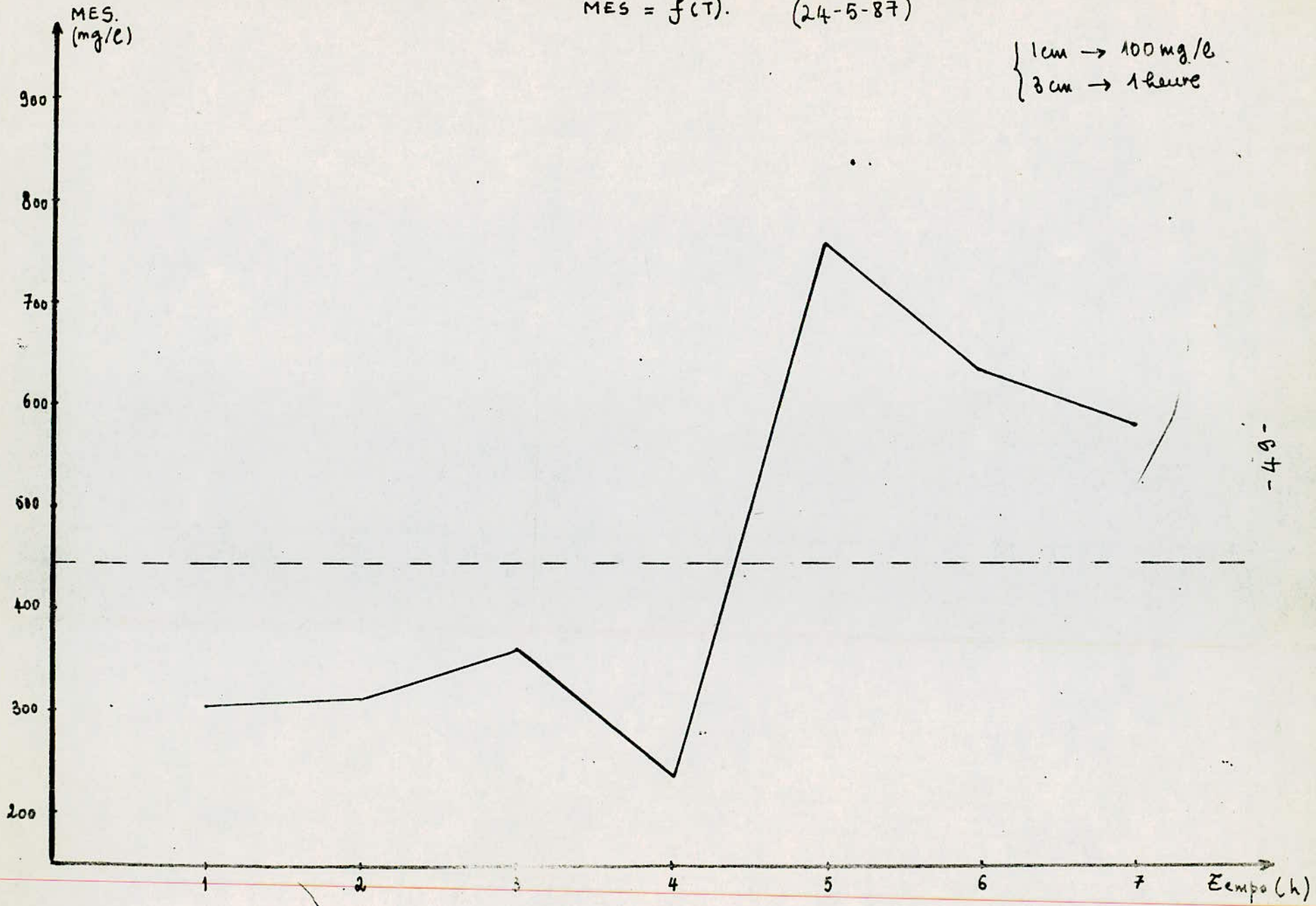
VARIATION DE LA TEMPÉRATURE EN -
FONCTION DU TEMPS. (24-5-87)



fgN = 3

~ VARIATIONS HORAIRES DE LA MATIERE EN SUSPENSION ~
MES = f(T). (24-5-87)

1cm → 100 mg/l
3cm → 1 heure



-49-

fig N° 10

~ VARIATIONS HORAIRES DU pH. ~ (24-5-87)

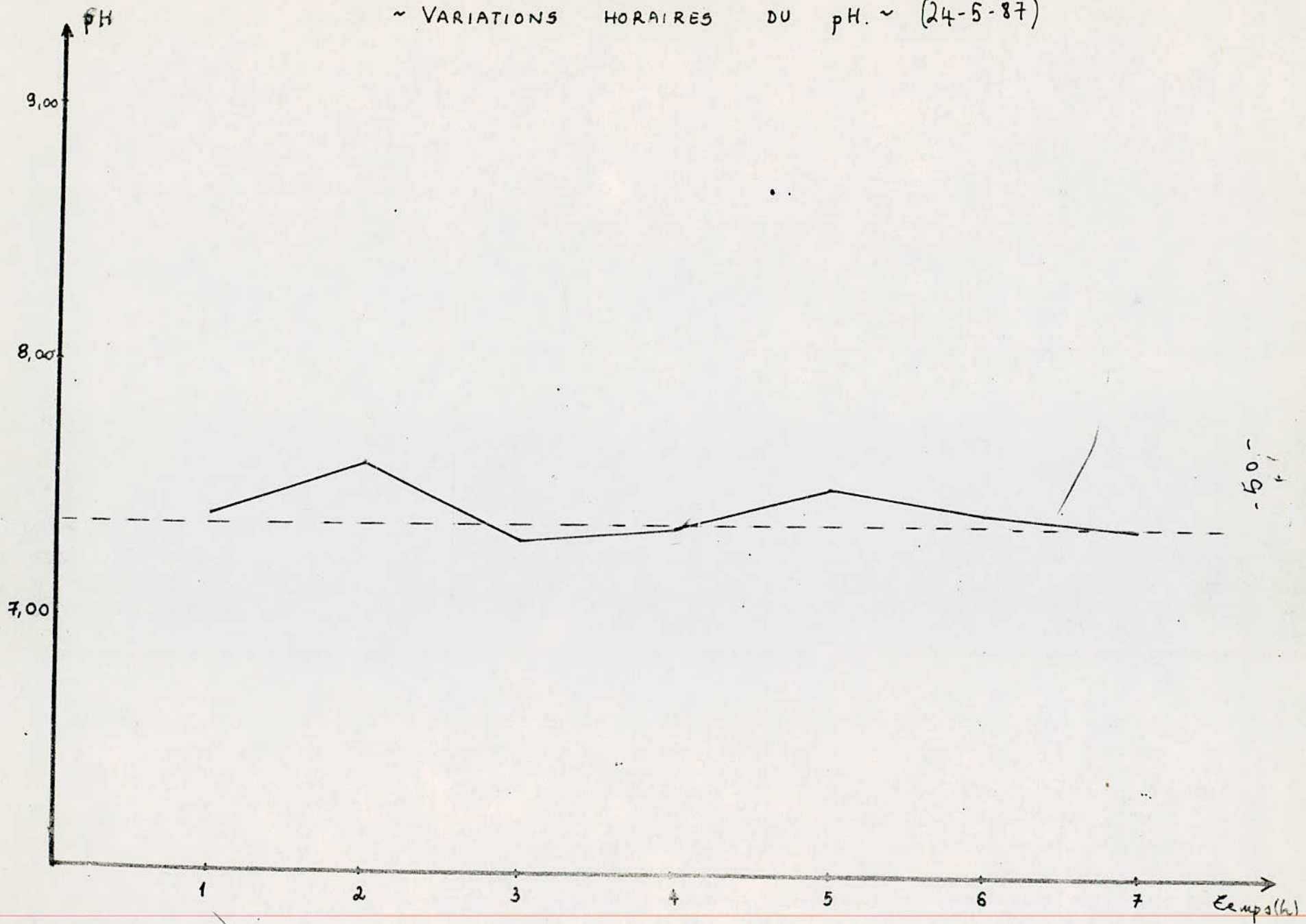
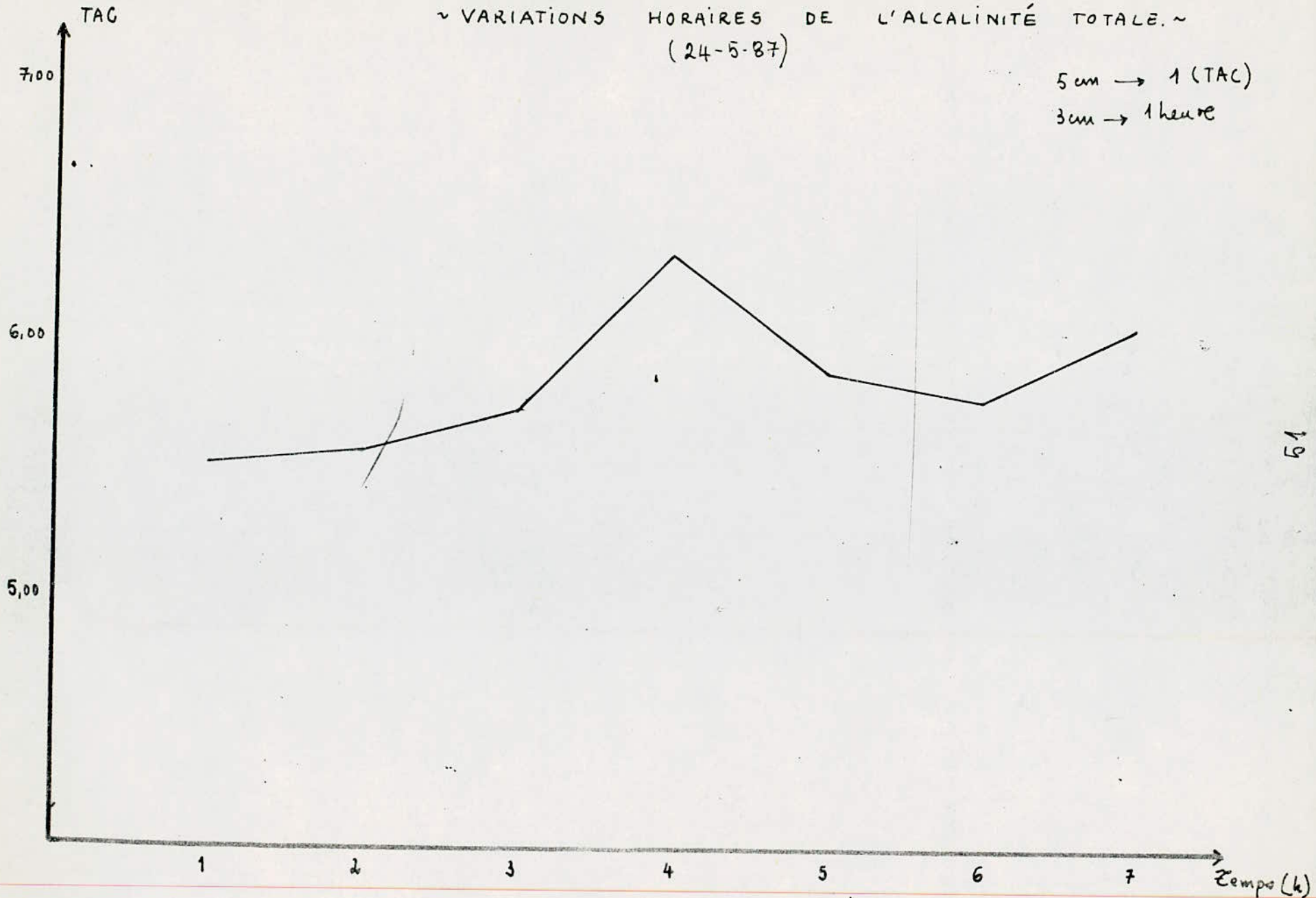


fig N° 11

~ VARIATIONS HORAIRES DE L'ALCALINITÉ TOTALE. ~
(24-5-87)

5 cm → 1 (TAC)
3 cm → 1 heure



2) d'unité Profil à Froid.

Date	07-04-87	14-04-87	28-4-87
Heure	12 ^H 20	12 ^H 30	14 ^H 00
Température °C	19,2	17,5	18,5
pH	8,2	7,7	8,00
Conductivité ms/cm	2,42	1,99	2,20
M. E. S mg/l	50	20	35.
fer (ppm)	7,15		5,17
Zinc (ppm)	0,22		0,31
Cr (VI) (ppm)	0,16		0,12.

Tableau N° 6

Regard - 1 -

Date	07-04-87	14-04-87	28-4-87
Heure	12 ^H	12 ^H 20	14 ^H 15
T°C	18	16	17,5.
pH	7,7	8,1	7,9.
Conductivité (ms/cm)	2,83	2,70	2,60
M. E. S (mg/l)	552	280	340
D. C. O (mg/l)	360	664	501
D. B. O (mg/l)	211	304	-
Cr (VI) (ppm)	0,06	0,02	0,02
Co (VI)	0,04	Trace	Trace.

Tableau N° 7

Regard 2.

Date	14-04-87	28-4-87	06-05-87
Heure	12 ^h 40	14 ^h 30	13 ^h 30
Température °C	18,4	19,2	17,5
pH	8,0	7,9	8
Conductivité mS/cm	2,2	2,3	2,20
M.E.S mg/l	246	259	271
Huiles et graisses g/l	0,65	0,77	0,54.
Chlorure mg/l	90,52	92,3	88,75
Fer (ppm)	0,042	0,032	< 0,01
Zn (ppm)	0,85	0,73	0,04
Cr (VI) (ppm)	0,009	0,006	0,130
Cu (ppm)	trace	0,2	trace
Pb.	Trace	Trace	Trace.

Tableau N° 8

- Lubrifiant -

Prélèvement du robinet d'alimentation

Date	07-04-87	14-04-87
Heure	12 ^h 10	13 ^h
Température °C	17,3	17,5
pH	7,2	6,8
Conductivité ms/cm	2,20	2,6
M. E. S (mg/l)	103.	121
DCO mg/l	307	-
D. B. D 5 mg/l	118,7	120,6

Eablan N° 9

Regard -3-

Date	Huiles et graines (g/l)	Fer (ppm)	Zinc (ppm)	Cadmium (ppm)	Plomb (ppm)	Cuivre (ppm)	Chrome ^(VI) (ppm)
28/4/87	74,94	8,56	0,73	0,06	0,5	trace	0,053.

Eablan N° 10

bac de stockage des huiles usées.
(à une profondeur de 10 à 15 cm).

INTERPRETATION :

Nous avons essayé d'analyser les eaux usées des unités PAF et G.T avec les plus grands soins possibles, tout en mettant à votre disposition le matériel nécessaire et disponible pour votre étude.

Nous essayons donc d'interpréter les résultats paramètres par paramètres.

1° Température : La température des effluents de nos unités varie entre 16°C à 17°C et elle est proche de la température ambiante. Cette gamme ne dépasse pas les normes internationales de ce fait, elle ne présente aucun effet sur la faune et la flore du milieu récepteur.

2° pH : Généralement, on observe que le pH des deux unités est neutre ou légèrement alcalin, il varie entre 6,8 et 8,00. Ces valeurs sont conformes aux normes internationales.

3° Conductivité : Les valeurs de la conductivité sont très élevées et aux voisinage de 2100 ms/cm .

D'après les normes Françaises, une conductivité dépassant $1000\text{ }\mu\text{s/cm}$ indique une minéralisation élevée.

Ainsi l'ANABIB contribue à la minéralisation de l'eau dans le milieu récepteur, par les sels complètement dissociés tel que les chlorures les métaux, le soufre, .. et par la matière en suspension.

4° D.C.O : Elle évalue la teneur en matières oxydables par le $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ et la matière organique

Nous remarquons que les valeurs de la D.C.O sont importantes pour la plupart des points de prélèvement effectués - ceci peut être dû à la présence d'huiles en provenance des ateliers mécaniques et de la matière organique provenant des eaux de cantine et des eaux sanitaires.

La DCO des eaux de triageage du soufre est de l'ordre de soixante - ces eaux sont pauvres en matière organique. La valeur mesurée s'expliquerait par l'oxydation des éléments réducteurs tel que les sulfites et les sulfures.

Les valeurs de la D.C.O changent d'un regard à un autre, ceci est dû à la dilution par des eaux sanitaires.

En générale, elles dépassent les normes internationales. De ce fait elle accentue la pollution en désoxygénant le milieu récepteurs.

5° D.B.O : Elle évalue la teneur en matière biodegradable.

Le rapport $\frac{DCO}{DBO_5}$, ainsi que la valeur de la DBO₅ change de prélèvement à un autre, ceci peut être dû à ce que la fraction huileuse n'est pas facilement biodegradable et, à la variation de la teneur en métaux, qui avec le phénomène de synergisme influe sur l'activité des microorganismes et en particulier sur la biodégradabilité et sur l'autoépuration naturelle.

Elle dépasse les normes admissibles. 30 mg/l.

6° Huiles et graisses : Ici, il serait plus exact de dire que l'on mesure les substances extractibles par le solvant. Nous avons utilisé l'Hexane°

Les huiles rejetés par l'unité ANABIB sont des lubrifiants utilisés pour le refroidissement des surfaces métalliques. Les rejets sont mensuels pour G.T et annuels pour P.A.F.

Pour l'unité G.T, nous avons trouvé des teneurs assez importantes, et ceci est dûe d'après nos observations à des fuites au niveau des bacs d'huiles ou principalement aux fuites au niveau de l'appareillage de liquifaction.

Leur teneur est élevée, et leur effets sur le milieu est plus importants. La concentration dépasse toute les normes établies jusqu'à présent pour les substances flottantes.

L'unité P.A.F ne rejette pratiquement pas d'huiles ou du moins à des teneurs très faibles, et en des points éloignés des collecteurs. Pour cela, nous avons préféré faire des prélèvements au niveau du bac de stockage des huiles usées (le prélèvement est effectué à profondeur de 10 à 15 cm), et au niveau du robinet d'arrivée d'huile. Les teneurs dépassent les normes et sont promotrice d'une pollution grave à un effet rémanent qui peut condamner le milieu récepteur.

7/ M.E.S. : Les matières en suspension dans les différents collecteurs sont présents en quantité notable. De telles teneurs peuvent empêcher la pénétration de la lumière. Ceci est accentué par la présence d'huiles et l'arrivée des eaux d'origines sanitaire provoque l'agglomération de ces matières en suspension en surface empêchant leur décaantation.

8% Soufre et ses dérivés :

Le dioxyde de soufre piégé par les eaux est évacué par la suite dans les eaux résiduaires.

La teneur en sulfates ne dépasse pas les normes, ce qui n'est pas le cas des sulfures qui peuvent occasionner des odeurs désagréables.

9% Métaux : le Zn et le Fe sont deux polluants qui présentent des valeurs assez importantes dans les eaux résiduaires. Ils dépassent les normes admissibles dans certains cas.

Le fer provient des différents opérations effectuées sur l'acier tel que la déformation et le décapage,...

Le Zn provient généralement de la calamine. C'est un oxyde qui se forme à la surface des pièces métalliques lors du traitement à haute température au contact de l'air. Elle contient 37% du zinc (si pure)

La plus faible teneur se situe au niveau de la fosse septique ou il n'y a pas d'apport d'eaux résiduaires.

Nous avons analysé d'autres métaux tel que Pb, Cr, Cd, Cu, ... qui sont estimés les plus toxiques. Nous avons remarqué que les teneurs dépassent les normes surtout au niveau du bac de stockage.

Les métaux proviennent des différents alliages utilisés pour l'acier.

VI - Conclusion :

Nous remarquons que ~~des~~ teneurs de certains polluants sont de plus ou moins faible, mais étant donné le phénomène de synergisme et du fait de leurs effets cumulatifs sur la chaîne alimentaire, la toxicité augmente dans les eaux résiduaires provoquant des effets néfastes sur l'environnement.

RECOMMENDATIONS

ET

CONCLUSION

GENERALE

RECOMMANDATIONS et CONCLUSION GÉNÉRALE :

Parmi les pollutions rencontrées dans les eaux résiduaires issues des unités Gros-Tube et profil à froid, nous citons principalement les huiles, les graisses et les métaux.

Lors de nos campagnes d'analyses, nous avons remarqué l'existence d'un phénomène de crémage d'huile libre à la surface du bac de stockage ; ceci est dûe généralement à une prolifération bactérienne due en générale à une perte d'efficacité du ou des agents bactéricides utilisés.

De cela peut résulter des épidémies susceptibles d'atteindre les ouvriers aux contact des huiles contaminées.

Pour cela, nous recommandons :

- a) Un nettoyage des circuits et des tours de réfrigération en effectuant si possible une stérilisation au moyen d'agents chimiques lors du changement des bains
- b) Éviter les points de stagnation dans les circuits
- c) Utiliser une eau de dilution propre, peu riche en sels minéraux, en matières organiques et en microorganismes.

Le rejet des huiles posent un problème, il serait souhaitable qu'une étude soit faite avant rejet pour s'assurer de la biodegradation et de l'absence de toxicité vis à vis de la faune et

la flore. Il est à noter que ces rejets d'huiles solubles, à faibles concentrations, très inférieures au seuil de toxicité, peuvent être responsables d'effets à long terme par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire.

Une solution est d'augmenter la durée de vie des huiles par régénération ou envisager une destruction des bariis usés au moyen de procédés physico-chimiques non polluants.

Dans le cas de la régénération, il serait souhaitable de prévoir un traitement d'élimination des métaux présents dans la fraction aqueuse en fortes concentrations au niveau du bac de stockage.

Autre polluant rencontré :

Il a également été remarqué un dégagement d'odeurs irritantes au niveau des appareils de liquifaction de la houille qui serait soit du dioxyde de soufre, du monoxyde d'azote ou du monoxyde de carbone. Nous proposons comme solution une simple maintenance des appareils. Ces risques d'intoxications peuvent être évités par le port de lunettes et de masques.

Le travail dont l'objet était de quantifier la charge polluante des eaux usées de l'unité ANABIB a été orienté suivant trois axes :

- Présentation générale des unités, les matières premières utilisées, les différents procédés de fabrication au niveau de chaque

atelier et enfin l'emplacement des différents points de rejet.

- Mesure de certains paramètres généraux permettant de traduire les nuisances susceptibles d'être induites dans le milieu récepteur, à savoir température, pH, conductimétrie, matière en suspension, DCO, DBO5.

- Mesure de certains paramètres spécifiques aux rejets de l'unité ANABIB tels que : Sulfures (S^{2-}), sulfites (SO_3^{2-}), sulfates (SO_4^{2-}), Plomb, Zn, Fer, Cuivre, Chrome (VI) et huiles et graisses.

Les résultats d'analyse et d'observation ont montré :

(*) Les rejets de l'unité ANABIB étaient principalement composés d'huile et graisses.

(*) Les émanations de dioxyde de soufre, et probablement monoxydes d'azote et de carbone pourraient provoquer des effets irritants sur la santé du personnel de l'unité.

(*) Le rejet des huiles usagées fortement chargées en métaux, entraînerait des effets perturbateurs si celui-ci ne subissait aucun traitement.

- ANNEXES -

ANNEXE

1 - Détermination de la D.B.O₅

la demande biochimique en oxygène est déterminée dans un appareil appelé "respiromètre".

- Principe : les échantillons à analyser sont mis dans des bouteilles, et soumis à une agitation à l'aide d'agitateurs magnétiques. On introduit deux gouttes de KOH dans le bouchon en caoutchouc renversé de chaque bouteille. L'introduction de KOH permet l'absorption du CO₂ dégagé par les micro-organismes. La consommation d'oxygène par les microorganismes se traduit par une hauteur de mercure au niveau de chaque bouteille contenant l'échantillon d'eau à analyser.

$$\text{hauteur de mercure} \times \text{facteur de correction} = \text{D.B.O.}_5 \text{ (mg/l)}$$

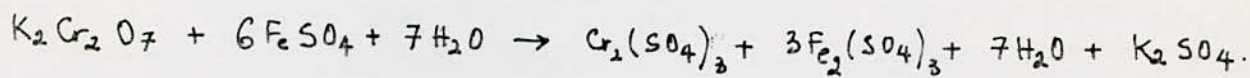
des facteurs de correction sont donnés par le tableau suivant :

Volume d'échantillon d'eau à analyser (ml)	Facteur de correction.
420	0,1
360	0,2
244	0,5
157	1,0
94	2,0
56	4,0

2 - Détermination de la D.C.O

Oxydation par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et à ébullition, des matières oxydables dans des ^{les} conditions de l'essai, contenues dans l'eau en présence de sulfate d'argent (jouant un rôle de catalyseur d'oxydation) et de sulfate de mercure (agent complexant des chlorures).

Une fois la réaction terminée, on dose le bichromate résiduel par addition de sulfate ferreux, sous forme de sulfate ferreux d'ammonium (ou SFA) de normalité connue. Soit la réaction d'oxydo-réduction :



d'indicateur utilisé est la ferroïne.

$$\text{D.C.O} = 8000 \frac{(V_0 - V_1)}{V} \cdot T$$

ou $T =$ titre, en normalité, de SFA

$V_0 =$ Volume, en ml, de solution SFA (essai à blanc)

$V_1 =$ Volume, en ml, de solution SFA (nécessaire au dosage)

$V =$ Volume, en ml, de la prise d'essai.

3 - Détermination des M.E.S :

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

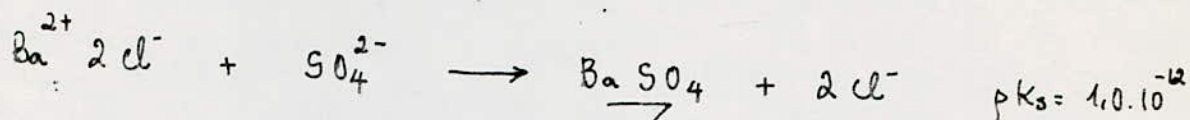
4 - Détermination des chlorures.

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

d'argent.

5- Détermination des sulfates par nephélobimétrie :

Le dosage des sulfates est basé sur la réaction, en milieu acide, entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum, qui conduit quantitativement à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble



On maintient le précipité BaSO_4 en suspension grâce à un agent stabilisant (Tween 20). La teneur en sulfate est alors reliée à la turbidité de la suspension. L'acide chlorhydrique sert à décomposer les carbonates BaCO_3 qui sont insolubles.

La lecture se fait au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

6- Détermination de l'Alcalinité :

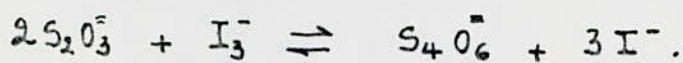
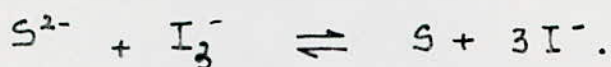
Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH 8,3 et 4,3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (T.A.C.).

7- Détermination du soufre et des composés sulfurés réducteurs par la méthode volumétrique :

Le principe de la méthode est :

- Séparer les sulfures par précipitation au moyen d'une solution fraîchement préparée de carbonate de zinc.
- De doser alors le thiosulfate par iodométrie après formation d'un composé bisulfite - aldéhyde avec le formaldéhyde.
- De doser la somme des sulfites et des thiosulfates par iodométrie et d'en déduire la teneur en sulfites.
- De déterminer la somme des sulfures, sulfites et thiosulfates.

Les trois réactions utilisées sont :



8 - Détermination des huiles et graisses : Méthode par gravimétrie

Dans une ampoule à décantation, verser 1 litre d'échantillon acidifié à raison de 5 ml H_2SO_4 (1+1) par litre.

Rincer le récipient ayant servi à prélever l'échantillon avec 15 ml du solvant. Transvaser ce liquide de lavage dans une ampoule à décantation et ajouter 25 ml du solvant. Agiter 2 mn et laisser décantation. Cette extraction est répétée plusieurs fois.

Les phases organiques sont réunies, séchées sur sulfate de sodium anhydre et filtrées sur papier filtre mouillé du solvant.

Ensuite, on évapore le solvant (la température du bain ne doit pas excéder $72^\circ C$). On termine l'évaporation sous vide et on pèse à poids

constant.

Si le solvant n'est pas pure, évaporer un volume, peser le résidu sec pour la correction.

9 - Dosage des métaux par absorption atomique (A.A).

Dans 100 ml d'échantillon, on ajoute 5 ml H_2SO_4 (1+1) et l'on porte 15 minutes au bain de vapeur. Après filtration, on ajuste le volume à 100 ml et on procède à l'analyse.

a) Principe de l'absorption atomique :

On fournit à l'atome (non excité) exactement la radiation qu'il est capable d'absorber. Cette radiation est émise par une source externe avec une intensité I_0 déterminée. En traversant la flamme, elle est partiellement absorbée par l'élément et son intensité diminue d'autant plus que la concentration de cette élément est plus grande (Loi de BEER) :

$$I_t = I_0 e^{-kc}$$

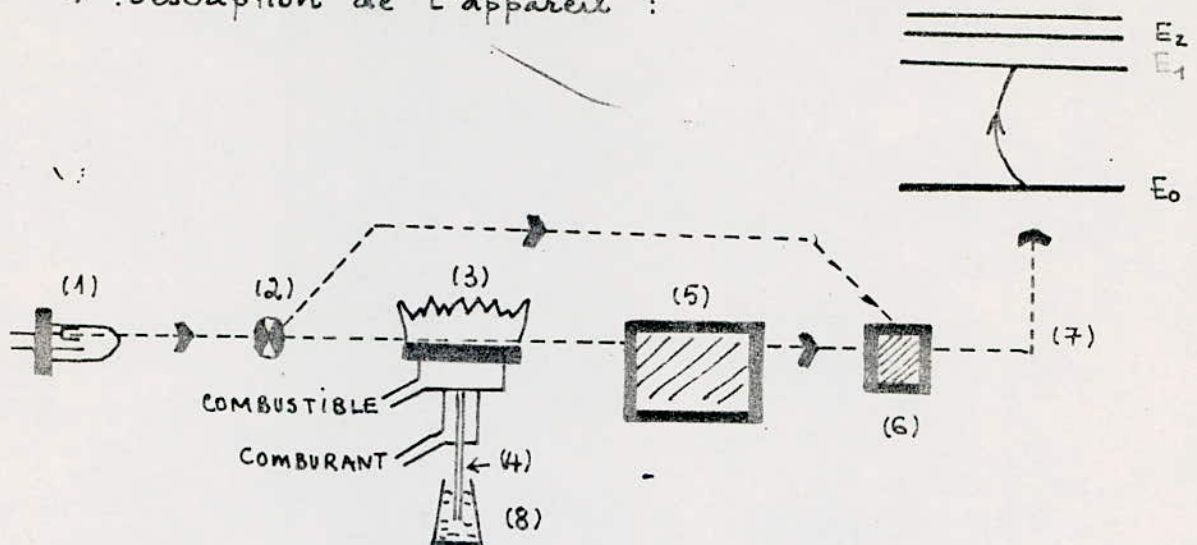
où I_0 = Intensité de la lumière avant la traversée de l'échantillon.

I_t = Intensité de la lumière transmise

C = Concentration de la substance absorbante.

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

b) Description de l'appareil :



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

c) Domaine d'application :

Eléments	longueur d'onde (nm)	Domaine de dosage $\mu\text{g/l}$
Cr	357,9	0,1 - 10
Cd	228,8	0,02 - 2
Cu	324,7.	0,05 - 6
Fe	248,3	0,1 - 10
Pb	217	0,2 - 10
Zn	213,9.	0,05 - 2.

10 - Dosage du chrome hexavalent par colorimétrie :

En solution légèrement acide, le chrome hexavalent réagit avec la diphenylcarbazide pour donner une coloration rouge violette susceptible d'un dosage colorimétrique. ($\lambda = 540 \text{ nm}$)

11 - Normes de rejet :

Tableau N° 11 Concentration limite du rejet des eaux source cadat ()

FACTEUR	VALEUR LIMITE MAX.
pH	6,5 ~ 8,5
T(°C)	30°C
MES	30 mg/l
DBO5	30 mg/l max 60
DCO	90 mg/l
Huiles + graisses	20 mg/l
Fer	1 mg/l
Zinc	5 mg/l

Tableau N° 12 Directives suisses concernant la qualité des eaux résiduaires à rejeter. ()

substance polluante	Valeur limite pour le rejet	
	en émissaire	en réseau d'égout
pH	6,5 ~ 8,5	6,5 ~ 9,0
Pb	1,0 mg/l	1,0 mg/l
Cd	1,0 mg/l	1,0 mg/l
Cr(VI)	0,1 mg/l	0,1 mg/l

substance polluante	Valeur limite pour le rejet	
	en émissaire	en réseau d'égout
Cr (III)	2,0 mg/l	2,0 mg/l
Fer	1,0 mg/l	valeurs (H) élevées.
Cu	1,0 mg/l	1,0 mg/l
Zn	2,0 mg/l	2,0 mg/l
hydrocarbures (essence, huile minérale, gas oil)	10 mg/l d'extrait total	20 mg/l d'extrait total

Tableau N° 13 Valeurs limites fixées en RDA pour les éléments présents dans l'émissaire

Substance	teneur limite maximale, mg/l.		
	classe de qualité 1	2	3
pH	6,5 ~ 8,5	6,5 ~ 8,5	6,5 ~ 9,0
Cr(VI)	0,05	0,1	0,1
Cr(3+)	0,5	0,5	0,5
Fe	0,5	1	1,5
Cu	0,01	0,1	0,3
Zn	0,01	0,1	3,0
cd	0,005	0,03	0,2
Pb	0,1	0,1	0,1
SO ₄ ²⁻	150	250	300
Cl ⁻	200	300	400
Sulfites ou autres sulfures	0	0,01	0,05

Tableau comparatif de normes de rejets pour quelques pays.

Propriétés physiques et constituants chimiques (mg/l)	RFA				BELGIQUE			SUISSE		
	Rejet en cours d'eau			Valeur limite d'attribution d'épuration	Rejet en rivière			Rejet à l'égout en cours d'eau	Rejet en avertissement	Rejet en égout en avertissement
	A	B	C		1	2	3			
Température (°C)	20	20-28	28	35	30	30	-	45	30	60
pH	6-9	5-10	5-10	6,5-9,5	6,5-8,5	-	-	6,5-9,5	20	6,5-9
M.E.S (mg/l)	20				100		1000	20-100	20	
DBO ₅	25				15	30	50		10	
DCO	80					500				
Cl ⁻	150	150-350	350							
Sulfures (en S ²⁻)									0,1	1
Sulfate (en SO ₄ ²⁻)				400		2000				300
Cadmium									0,1	0,1
Chrome (6+)									0,1	0,5
Fer	0,5	0,5-1,5	1,5			2			2	20
Pb			3						0,5	0,5
Zn			5						2	2
Huiles et graisses	0	trace	trace		20-100				20	0

BIBLIOGRAPHIE

- (1) N. ABDI - HAÏDER . " Etude du rôle des sulfures et pyrite de fer dans la dénitrification en sous sol ".
thèse Docteur d'Etat, Université de Rennes, 1986.
- (2) M. ALOUDJEHANE, N. HAÏDER . " Dimensionnement d'une station d'épuration d'eaux usées . Ville de SOUMAA . P.F.E 82.
- (3) ALEXEEV - Analyse qualitative - Editions MIR 1980
- (4) ALEXEEV - Analyse quantitative - Editions MIR 1980
- (5) ASSOCIATION DES INGENIEURS EN ANTICORROSION,
Dégradation microbienne des matériaux
Edition TECHNIP 1974.
- (6) BEAUDRY J. P " Traitement des eaux " Edition Le Griffon d'Argile - 1984.
- (7) DEGREMONT, " Memento technique de l'eau " 1978
- (8) DJILTI - Traitement des effluents de l'entreprise nationale d'ameublement et de transformation de bois
(UMB 412) Rouba. P.F.E 1986
- (9) ECKENFELDER - " Gestion des eaux usées urbaines et industrielles ". Technique et documentation (Lavoisier) 1982.
- (10) Encyclopedie des techniques de pointe . N° 26
2^{eme} trimestre 1982.

- (11) LEVESQUE . L - Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales.
CHROME , CUIVRE , NICKEL . Rapport N° 6 , 1979
- (12) LEVESQUE . L - Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales.
ZINC , CADMIUM . Rapport N° 4 , 1978.
- (13) LEVESQUE . L - Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales.
PLOMB , ETAIN , Rapport N° 3 , 1976.
- (14) MEINCK - H. STDOF - H. KOHLSCHUTTER
" Les eaux résiduaires industrielles " Edition MASSON. 1977
- (15) PETROV - M , MIKHILEV - L et KOUKOUCHKINE - Y
" Chimie minérale " Editions MIR , 1984
- (16) Pollution - Bibliothèque Laffont des grands thèmes 1975
- (17) F. RAMADE " Ecotoxicologie " Paris - Masson 1979
- (18) F. RAMADE " Element d'écologie - écologie appliquée " Mc GRAW - HILLE . 1982 .
- (19) LA RECHERCHE - N° 97 - Février 1979.
- (20) Recueil des normes d'AFNOR - 1979
- (21) RODIER - J " L'analyse de l'eau " Edition DUNOD - 1984
- (22) SCIENCE et AVENIR N° 335 - Janvier 1975.
- (23) TARDEY - HENRY " Chimie des eaux " Edition Griffon d'Argile - 1984.

(24) Technique de l'eau et de l'assainissement
N° 394 Octobre 1979.

(25) WEINER "Épuration des eaux résiduaires
dans la transformation et la galvanisation des
métaux". Edition Eyrolles 1973.

Bibliographie des annexes.

Analyse	N° de bibliographie.
Détermination de la PO_5	(21)
Détermination de la DCO	(23)
Détermination du MES	(21)
Détermination des chlorures	(21)
Détermination des sulfates	(21)
Détermination de l'alcalinité.	(20)
Détermination du soufre.	(21)
Détermination des huiles et graisses	(23)
Dosage de métaux par A.A.	(23)
Normes des rejets :	
- Concentration limite du rejet des eaux (A source cadat)	(8)
- Directives suisses concernant la qualité des eaux résiduaires à rejeter	25
- Valeurs limite fixées en R.D.A pour les éléments présents dans l'émissaire	(25)
- Tableau comparatif de normes de rejets pour quelques pays	(7)

Erratum.

Annexe - Détermination du soufre.

