

2/84

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم والبحث العلمي
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15x

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE - SANITAIRE

PROJET DE FIN D'ETUDES

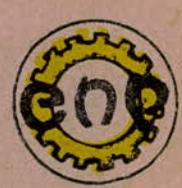
SUJET

*Application Et Dimensionnement D'un
Procédé De Coagulation-Floculation Pour Le
Traitement Des Eaux Résiduaires De La
Papeterie De BABA-ALI*

Proposé par : **Mr ZAOUCHE**

Etudié par : **Melle AFIR**

Dirigé par :
Mr MEZAQUI



PROMOTION : JANVIER 84

ملخص

دراستنا تشمل على كيفية ازالة اللون الاسود و تقليل من تركيز المواد المؤكدة كيميائيا في مياه قد استعملت في وحدة بابا علي ومن اجل ذلك حددنا المواهل التي تؤثر على كمية القذايسر المتعلقة بالماء ثم أجرينا ووضعنا مقاييس لعملية تطهير فزيائية كيميائية أي تخثر وتسدف المواد العذابة والمعلقة لتسهيل ترسيبها .

Resume

Notre étude consiste à l'élimination de la coloration noirâtre et la diminution de la teneur en D.C.O. des effluents de l'unité S.O.N.I.C. de Baba-Ali. Ainsi nous avons déterminé d'abord les différents paramètres définissant la charge polluante puis appliqué et dimensionné un procédé d'épuration physico-chimique en l'occurrence la coagulation - Flocculation .

Subject

Our study consists of the elimination of the blackish coloration and the reduction of the consistency in C.O.D. from effluents of Bab-Ali's S.O.N.I.C. unity . thus, we have determined first of all the different paramètres which determine the polluting charge then applied and dimensionned a physico-chemical purifying procedure from which result the Flocculation - coagulation .

//-| MON PERE QUI M'A BEAUCOUP AIDE

//-| MA MERE

//-|⁴ MES FRERES ET SOEURS

//-| MA FAMILLE

//-| L'AMITIE

ooooooooo
/ DJAMILA /
ooooooooo

- Remerciements-

C'est un grand plaisir pour moi de pouvoir exprimer mes remerciements et toute ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidé à la réalisation de ce modeste travail, du projet de fin d'études.

Ces remerciements vont tout particulièrement à :

- Mr Mezaoui Ali, professeur à l'I.N.A d'avoir accepté de diriger ce travail, pour sa collaboration et sa gentillesse.
- Mme Nezzal chef de département du Genie Sanitaire, d'avoir accepté de presider ce jury et pour sa gentillesse.
- Mr Zaouche responsable au S.E.F.O.R de m'avoir proposé le sujet et de bien vouloir honorer de sa présence ce jury de thèse
- Melle Djerid Enseignante à l'E.N.P, pour l'intérêt certain et amical qu'elle a apporté à cette étude.
- Mr le Directeur de l'I.N.A qui m'a autorisé à travailler dans le laboratoire de traitement des eaux.
- Mme Mansouri et Mr Radju enseignants à l'I.N.A.

Je tiens également à associer à ces remerciements les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation matérielle de cet ouvrage: Melle LEKKAT pour la frappe et M.MABROUK pour le tirage.

- SOMMAIRE -
=====

Introduction

CHAPITRE I

I - Aspects généraux des effluents de papeterie

I. 1 - Caractéristiques des eaux résiduaires de papeterie

I. 1.1 - Nature des effluents

I. 1.2 - Composition des effluents

I. 1.3 - Volume des effluents

I. 2 - Effets produits par le deversement de l'industrie des pâtes et papiers dans le milieu naturel

I. 2.1 - pollution de l'air

I. 2.2 - pollution de l'eau

I. 2.3 - Conditions de rejets des effluents

I. 3 - Procédé de récupération des résidus et réemploi de l'eau

I. 4 - Récupération des sous-produits

I. 5 - procédés d'épuration des eaux résiduaires de fabriques de pâtes et papier

I.5.1 - Prétraitement

I.5.1.1-Dégrillage

I.5.1.2-Déssablage

I.5.1.3-Tamissage

I.5.2 - traitements primaires

I.5.3 - traitements secondaires

I.5.3.1-Procédés biologiques intensifs

I.5.3.2-Procédés biologiques extensifs

CHAPITRE II

II - Généralités sur la papeterie de Baba- Ali

II. 1 - Présentation de la papeterie

II. 2 - Activités de la papeterie

II. 3 - Etude des circuits d'eau

II. 3.1 Alimentation en eau

II. 3.2 utilisation de l'eau

II. 4 - processus de fabrication

II. 4.1 -Atelier cellulose

II. 4.1.1-traitement mécanique du végétal

II. 4.1.2-phase de cuisson

II. 4.1.3-phase de chloration

II. 4.1.4-phase de sodation

II. 4.1.5-phase d'épuration

II. 4.1.6-phase de blanchiment

II. 4.2 - Atelier papier

II.5 - Etudes des eaux résiduaires

II. 5.1 - Caracteristiques des eaux résiduaires

II. 5.1.1-Atelier cellulose

II. 5.1.2-Atelier papier

II. 5.2 - Collecte et évacuation des eaux résiduaires

CHAPITRE III

III Etude analytique

III.1 Mode de prélèvement

III.2 Paramètres retenus pour exprimer la charge polluante

III. 2. 1 la Température

III. 2. 2 Le P **M**

III. 2. 3 les matières en suspension

III.2.1 principe de mesure

III. 2. 4 La demande **cl**inique en oxygène

III. 2. 5 Demande biochimique en oxygène

III. 2. 6 Les chlorures

III. 2. 7 Volume de boues décantées

III. 2. 8 les phosphores

III. 2.8.1 principe de la mesure par colorimétrie

III. 3 évaluations des résultats d'analyses

III. 3. 1 la Température

III. 3. 2 le P **M**

III. 3. 3 Les chlorures

III. 3. 4 la demande **cl**inique en oxygène

III. 3. 5 la demande biochimique en oxygène

III. 3. 6 les Matières en suspension

III. 3. 7 les phosphores

III. 4 Conclusion.

C H A P I T R E I V

IV Application de la coagulation floculation à l'ensemble des eaux résidu- -aires de l'unité de Baba-Ali.

Introduction

IV 1 processus de la coagulation - floculation

-IV 1 . 1 Théorie de stockes

-IV 1 . 2 Théorie de la double couche électrique

IV 1.2.1 Théorie de Helnotz

IV 1.2.2 Théorie de Stern et Gouy-Chapman

IV 2 Coagulation

-IV 2.1 Réactif de coagulation (coagulants)

IV 2.1.1 Coagulation à l'aide de sulfate d'alumine

IV 2.1.2 Coagulation à l'aide de sels ferriques

IV 3 floculation

-IV 3.1 Réactifs de floculation (flocuants)

IV 3.1.1 Floculants minéraux

IV 3.1.2 Floculants organiques

IV 4

IV 4 Cinétique de la coagulation-floculation

IV 5 Paramètres de l'eau influançant la coagulation-floculation

IV 6 Etude experimentale

-IV 6.1 Interpretation des résultats

IV 6.1.1 Liqueurs noires

IV 6.1.1.1 Conclusion

IV 6.1.2 Ensemble des eaux résiduaires de l'unité

IV 6.1.2.1 Conclusion

-IV 6.2 Conclusion

CHAPITRE V

V. Dimensionnement de la station d'épuration

V.1 prétraitements

V.2 traitement physique

V.2.1 Les décanteurs à circulation horizontale

a) bassins rectangulaires

b) bassins circulaires

V.2.2 Les décanteurs à circulation verticale

V.3 traitement physico - chimique

V.3.1 Coagulation péricinetique

V.3.2 Coagulation orthocinétique

V.3.3 Technologie des flocculateurs

V.4 Description et dimensionnement de l'installation

V.4.1 Dégrillage

V.4.2 Décanteur primaire

V.4.3 Coagulateur

V.4.4 Flocculateur

V.4.5 Décanteur secondaire

V.5 Gestion et entretien de la station

Conclusion générale

ANNEXE

1) Notations principale

2) Bibliographie.

INTRODUCTION

L'industrialisation et l'urbanisation constituent des sources de pollution portant gravement atteinte à la qualité de l'environnement, lui causant souvent des préjudices irréparables.

L'eau semble avoir été le premier milieu à montrer des signes visibles de pollution. Ainsi, le problème de la pollution des eaux est devenu un des aspects les plus inquiétantes de la dégradation du milieu naturel et pourrait constituer à long- terme un réel danger pour l'avenir de l'humanité.

En effet, le developpement de certaines epidemies, au cours des siecles précédents, était notamment dû au fait qu'il n'existait pas, dans les villes ou villages, une évacuation convenable des eaux usées.

De plus on a constaté, depuis quelques dizaines d'années, une dégradation progressive de la qualité des eaux de surface et de nappes souterraines due à la multiplication des rejets d'eaux usées.

Si l'industrialisation a pour finalité de satisfaire les besoins croissants des populations, elle ne doit pas, au retour, être la source de leurs maux tant il est vrai que l'expansion de l'industrie va de pair avec celle de la pollution.

La pollution industrielle représente en masse 60 % de la pollution globale rejetée dans le milieu naturel, dans les pays industrialisés.

La fabrication de la pâte à papier se caractérise par un apport en eau considérable et par conséquent un rejet important d'eaux souillées, transportant les différents résidus de fabrication auxquels sont associés les matières organiques et les produits chimiques. Ces derniers provoquent par combinaisons secondaires des corps parfois plus nocifs que les premiers.

Cette production s'accompagne malheureusement d'un certain nombre de nuisances qui vont plus ou moins agresser nos sens, ce seront notamment :

- Les odeurs (mercaptans)
- La pollution atmosphérique
- La pollution des eaux qui fera l'objet de notre étude

.../...

Le modèle retenu a été celui de la SONIC de BABA-ALI, dont les effluents contiennent les impuretés suivantes à savoir :

- Les liqueurs noires
- Les matières organiques telles que (lignine, hemicellulose, fibres)
- Les produits chimiques (soude à forte concentration)
- Matières en suspension.

Ces effluents sont deversés en aval de l'oued terro qui est un affluent de oued EL-HARRACH.

Cette papeterie est une source de pollution de cet oued, sinon la principale.

L'objectif de notre étude va consister, dans un premier temps, à déterminer les différents paramètres définissant la charge polluante de cette unité et dans un second temps à appliquer puis dimensionner un procédé de traitement physico-chimique en l'occurrence la coagulation floculation ceci, dans le but de diminuer la coloration des eaux, les matières en suspension et la demande chimique en oxygène.

CHAPITRE I

(-----)
(ASPECTS GENERAUX)
(DES)
(EFFLUENTS DE PAPETERIE)
(-----)

INTRODUCTION

L'eau joue un rôle considérable dans l'industrie des pâtes et papiers qui l'utilise à tous les stades de la Fabrication en exploitant ses nombreuses propriétés physiques et chimiques.

Dans la fabrication des pâtes, l'eau apporte en solution les réactifs chimiques qui permettent, au cours des opérations de cuisson et de blanchiment la libération des fibres du bois et l'obtention de pâtes écruës ou blanchies de qualités diverses;

Dans la fabrication des papiers, l'eau sert à désagréger la pâte pour individualiser les fibres, les rendre réactives, les gonfler et à disperser les charges et autres adjvants, elle sert aussi à véhiculer ces divers éléments, à les orienter, à les distribuer et permet la formation de la feuille sur la toile de la machine à papier ; elle participe, au cours de son élimination dans l'opération de séchage à la liaison des fibres entre elles donnant au papier sa solidité.

Ces eaux résiduaires font , dans la plupart des cas l'objet de traitements poussés de dépollution avant rejet dans le milieu récepteur afin de préserver la qualité de l'environnement.

Aux industries de la cellulose et du papier appartiennent non seulement les fabriques de celluloses et papeteries proprement dites, mais aussi les fabriques de pâtes à papier.

Les eaux résiduaires industrielles sont définies par Meinck comme étant des déchets liquides obtenus lors de l'extraction de la transformation de matières premières en produits industriels.

Selon Degremont (1) les caractéristiques principales des eaux résiduaires de papeterie sont :

- pollution ((insoluble)) importante (fibres perdues au cours du cycle de fabrication, charges utilisées pour améliorer la qualité du papier)
- pollution soluble importante (DB $0,5$, D.C.O, couleur)
- débit important ($30 \text{ m}^3 / \text{t}$ pour papier journal, 150 à $200 \text{ m}^3 / \text{t}$ pour papier fin).

I.1.1 NATURE DES EFFLUENTS

Les eaux résiduaires des fabriques de pâte et papier sont regroupées généralement dans le cadre des effluents à caractère mixte, contenant des matières organiques et des matières minérales dans des proportions assez voisines . Meinck (2).

I.1.2 COMPOSITION DES EFFLUENTS

Leur composition dépend du procédé de fabrication et de la nature des végétaux utilisés. Il existe quatre grandes catégories dont chacune produit des pâtes écruées ou plus souvent, des pâtes blanchies.

A) procédé Kraft : L'extraction des fibres se fait par cuisson sous pression dans une solution contenant de la soude caustique, du sulfure de sodium et carbonate de soude. Les eaux résiduaires obtenues sont :

- des condensats de cuisson dont l'odeur est désagréable, se retrouvent sous forme de liqueurs appelées " Liqueurs noires ",
- des condensats de cuves de cuiseurs et diffuseurs,
- Les eaux de rinçage des diffuseurs, dont la quantité dépend dans une grande mesure de l'effet de lessivage (les eaux de rinçage ont de couleur brun foncée et ont une réaction alcaline,
- des condensats de vapeurs provenant de l'évaporation de la lessive noire, Ces liquides sont caractérisés par leur odeur désagréable, due à des composés organiques volatils dans la vapeur d'eau (mercaptans).

.../...

B) procédé au bisulfite : L'extraction au bisulfite est employée pour les types de bois pauvres en résine, comme lessive d'extraction, on se sert d'une solution de bisulfite de calcium contenant de l'acide sulfureux libre. Ces eaux résiduaires sont chargées d'acide sulfureux, d'alcool méthylique, furfol de cymène. On appelle ces eaux résiduaires rassemblées. Sous forme de " lessive sulfitée ", qui est un liquide de couleur rouge-brun à jaune-brun, d'odeur âcre d'acide sulfureux, avec odeur secondaire de résine. Les éléments employés se composent d'environ 20 % de substances minérales et 80 % de substances organiques.

C) procédés ((mi - chimique)) combinent une action chimique et une action mécanique : le plus connu est le N.S.S.C (Neutral sulfite semi - chemical).

D) procédés par ((desintégration mécanique ou thermomécanique)).

I.1.3 VOLUME DES EFFLUENTS

On a déjà mentionné les quantités énormes d'eau utilisées dans l'industrie de pâte à papier. Suivant le procédé, il y a une proportion considérable d'eau utilisée qui est déversée dans les cours d'eau transportant matières solides en suspension et composés solubles organiques tels què lignine, carbohydrates, sels minéraux en provenance des produits chimiques du procédé de cuisson. Ces matériaux constituent une charge polluante énorme dans les rivières. C'est aussi un gros gachis de matières premières d'une valeur potentielle.

Le volume des effluents varie selon le procédé utilisé voir tableau N° 1.

.../...

TABLEAU N° 1

VOLUME DES EFFLUENTS DE FABRICATION DE LA PATE A PAPIER

(Selon Gurnham (3))

Procédé	gallon par tonne
Fabrication de la pulpe	
- Kraft	15.000 - 35.000
- fultite réduit	40.000 - 60.000
- pulpe semi - chimique	30.000 - 40.000
Fabrication du papier	
- papiers blancs	20.000 - 40.000
- papiers Kraft	2.000 - 10.000
- Tissus	8.000 - 35.000

N.B : 1 gallon = 4,5 litres

I. 2 EFFETS PRODUITS PAR LE DEVERSEMENT DE L'INDUSTRIE
DES PATES ET PAPIERS DANS LE MILIEU NATUREL

I.2.1 POLLUTION DE L'AIR

Dans cette industrie, la pollution par les odeurs est très souvent plus importante que celle par les émissions gazeuses et variable suivant les procédés de traitement du bois et de la pâte.

Deux procédés de traitement de la pâte restent couramment employés : Le procédé dit au ((Sulfite)) et celui dit au ((Sulfate)) , ce dernier étant plus spécialement utilisé dans la production des papiers Kraft.

Le traitement au Bisulfite, dont la partie active de la lessive de traitement et l'anhydride sulfureux libre ou combiné avec de l'hydroxyde de calcium ne provoque pas une importante pollution de l'air, le SO₂ entraîné étant en général recyclé dans le circuit de traitement.

Le traitement ^{au} sulfate cause des émissions gênantes de méthyl - mercaptans résultant de la réaction d'un groupe méthoxy de la lignine avec H₂S.

Les polluants produits par la cuisson de la pâte sont principalement :

- Les cendres volantes et l'anhydride sulfureux résiduel pour le procédé au sulfite,
- Ces composés sulfurés non oxydés, l'hydrogène sulfuré, les mercaptants malodorants même à faible dose et l'anhydride sulfureux résiduel pour le procédé au sulfate. Pierre charbier (4) nous donne une idée sur les émissions dans la fabrique de papier Kraft qui sont données dans le tableau N° 2.

TABLEAU N° 2

EMISSION DANS LA FABRIQUE DE PAPIER KRAFT

(KG/T DE PULPE SECHE PRODUITE) SELON PIERRE CHARBIER (4)

Sources	Polluants gazeux			Polluants particuliers	Type de traitement
	Hydrogène sulfuré	méthyl-mercaptan	Diméthyl sulfide		
systeme de Soufflage (digester)	0,05 - 0,35	0,5 - 2,6	0,5 - 1,9	négligeable	non traité
Réservoir de fusion	-	-	-	10 2,5 0,5 - 1	incontrôlé pulverisation à l'eau séparateur de brouillard à mailles
Four à chaux	0,5	négligeable	négligeable	9,3	Caveur (Laveur)
Four de récupération	1,8	2,5	1,5	75	Caveur simple
	1,8 - 0,35	-	-	3,5 - 8	précipitateur électrique
	0,35	-	-	6 - 12	Caveur Venturi
évaporateur à effet multiple	0,6	0,02	-	négligeable	non traité
	0 - 0,25	0,001-0,015	négligeable	négligeable	oxydation par liqueur noire
Tours d'oxydation	-	-	0,05	négligeable	oxydation par liqueur noire

I.2.2 POLLUTION DE L'EAU

L'industrie des pâtes est une des plus largement responsables de la pollution des cours d'eau, en partie parcequ'il y a beaucoup de vieilles installations en opération et en partie à cause des procédés eux même mis en oeuvre. Alors que les anciennes installations ont été construites à un moment où la pollution n'était pas considérée comme un problème , de nos jours elles font l'objet d'une selection soignée autant pour le choix du site que pour les procédés.

Après utilisation dans les différents processus de la fabrique, l'eau est en suite deversée sous forme d'un rejet renfermant des substances minérales et organiques en solution ou en suspension.

Ces déversements, peuvent avoir, comme on le sait, des conséquences multiples sur le milieu aquatique, les effets consécutifs à ces rejets peuvent être immédiats ou apparaître au bout de plusieurs heures, donc à plusieurs kilomètres en aval du point de déversement.

Les eaux résiduaires exercent toujours dans l'émissaire, une action défavorable se manifestant de façon très nette. Une coloration foncée de l'eau et une diminution de la teneur en oxygène sont, dans la plupart des cas, les conséquences du rejet d'eaux résiduaires.

Celles- ci peuvent occasionner des ennuies par formation des mousses , perturbation de processus biologiques naturels, ect..., par infiltration, elles peuvent modifier défavorablement la qualité de l'eau souterraine, par une pollution organique, une salinité, un endurcissement , une acidification, ect...

Nous pourrions citer les effets à long terme occasionnés par ces rejets. Ils sont dus à la présence de matières dissoutes fermentescibles et de fibres en suspension. Les micro-organismes ainsi que les substances entrant en décomposition empruntent l'oxygène dissous au cours d'eau , il s'ensuit une asphyxie du poisson et un dégagement d'odeurs nauséabondes.

I.2.3 CONDITIONS DE REJETS DES EFFLUENTS

Le rejet des eaux résiduaires par les établissements industriels classés comme dangereux, insalubres ou incommodes doivent répondre aux critères suivants, après n'importe quel traitement. Pour illustrer cela, Règlement (1) donne dans le tableau N° 3 les conditions qu'il faut respecter.

TABLEAU N° 3

CONDITIONS DE REJET DES EFFLUENTS INDUSTRIELS

Rejet dans le milieu naturel	Rejet éloigné des prises d'eau pour les Villes, de plages, de bancs de coquillages ou de réserves à Salmonides			Rejet à proximité de prise d'eau pour les Villes, de plages, de bancs de coquillages ou de réserves à Salmonides
	Faible charge	charge importante	préponderante	
P H	5,5 (PH(8,5	5,5(PH(8,5	5,5 (PH(8,5	5,5 (PH (8,5
Température max	30° C	30° C	30° C	30° C
D.B.O ₅	200 mg/l	100 mg/l	40 mg/l	40 mg/l
N (total)	60 mg/l en N 40 mg/l en NH ₄	30 mg/l en N 40 mg/l en NH ₄	10 mg/l en N 15 mg/l en N H ₄	10 mg/l en N 15 mg/l en N H ₄
D.C.O	150 mg/l	100 mg/l	50 mg/l	50 mg/l
M.e.s	200 mg/l	50 mg/l	30 mg/l	30 mg/l
Substances de Nature à favoriser la manifestation d'odeurs, de saveurs, de coloration anormales dans les eaux naturelles utilisées en vue de l'alimentation humaine	interdites	interdites	interdites	interdites

I. 3 PROCEDE DE RECUPERATION DES RESIDUS ET REEMPLOI DE L'EAU

L'eau peut - être recueillie et réutilisée à partir de l'enlèvement des écorces, les condensats d'évaporation à partir des postes de recuperation des lessives, l'eau de lavage à partir des cribleurs, les filtrats de lavage du blanchiment et les eaux blanches à partir des machines à papier. Les divers points de réemploi de l'eau sont indiqués dans les tableaux ci-dessous selon W. Wesley (5)

Type d'installation	Débit en m ³ /t Moyenne	D.B.O ₅ kg/t	M.S kg/t
Blanchiment Kraft			
- ancien	190	100	-
- actuel	105	60	-
Blanchiment au sulfite			
- ancien	390	250	60
- actuel	230	165	50

REEMPLOI DE L'EAU ET REDUCTION DES REJETS, PROCEDE KRAFT

Selon W. WESLEY (5)

Opération	Eau résiduaire	réemploi	réduction des charges résiduaires %	réduction des quantités d'effluent %
préparation des bois	Condensats d'évaporation filtrat du laveur de pulpe blanchie	transporteur de grumes débarqueur	80 - 90	70 - 85
Fabrication de pâte	Condensats récupérés	eau de dilution, lessiveurs, criblage décoloration, préparation des bois	30 60 - 90	30 60 - 90
Criblage, lavage et épauissement	eau blanche	eau d'appoint	20 - 60	20 - 60
Blanchiment Machine à papier	eau blanche	machine à papier, préparation, des bois, blanchiment, lavage de la pâte	30 - 80 20 - 70	60 - 80

Les liqueurs résiduaire de l'industrie de pâte à papier et en particulier les liqueurs résiduaire de sulfite peuvent être considérées comme une matière première possible plutôt que des déchets. Elles contiennent environ 50 % de bois travaillés. La récupération des sous produits à partir des liqueurs de sulfite est pratiquée dans de nombreux cas mais le problème de pollution des eaux existe toujours. On divise les sous produits par groupe d'intérêts suivant leur nature chimique et biochimique.

- a - récupération des ligno-sulfonates,
- b - récupération des produits chimiques,
- c - fermentation de la liqueur contenant des matières solides en suspension.

Les liqueurs sulfonates sont employés comme liants ou dispersants. Les liants sont employés dans l'alimentation des animaux, la pâte de linoléum et les adhésifs à bois. Les dispersants sont importants dans les boues de forage des puits pétroliers en particulier. Les ligno-sulfonates réduisent aussi les besoins en eau pour la préparation du béton, augmenter sa force et sa durabilité. La vanilline est un des produits chimiques les plus importants, elle se forme par l'hydrolyse alcaline de la liqueur concentrée résiduaire de sulfite où par l'hydrolyse alcaline des ligno-sulfonates. Dans ces deux procédés, la réaction se produit à haute température (160° c) et haute pression avec une forte solution de soude caustique. Le sel de sodium de vanilline peut-être extrait directement avec du butanol ou précipité avec du gaz carbonique et extrait au benzène. La vanilline brute est distillée sous un vide poussé, et ensuite récrystallisé. Le rendement commercial est d'environ 2 à 3 %.

La liqueur résiduaire de sulfite est un bon substrat de fermentation dans les fermentations aérobies, un produit des levures alimentaires " candida utilis " et Monilia murmanica " sont la plupart du temps cultivées. La teneur en protéine des levures candida atteint 47 à 55 %. Elles contiennent aussi de nombreuses vitamines en particulier la vitamine B complexe. D'autres développements importants dans ce domaine sont les cultures de champignons comestibles sur la liqueur résiduaire de sulfite (recherches en laboratoires actuellement)

Les fermentations anaérobies incluent la production d'éthanol par saccharomyces cerevisial qui convertit les hexoses en alcool et gaz carbonique.

I.5 PROCEDES D'EPURATION DES EAUX DE FABRIQUES DE PATE A PAPIER

Le contrôle des procédés d'épuration appliqués dans l'industrie de pâte à papier est suivi par la connaissance des paramètres suivants:

- a) matières solides en suspension
- b) Demande chimique en oxygène ou demande biochimique en oxygène
- c) produits toxiques à la vie aquatique.

Le rassemblement maximum des matières solides et le recyclage de l'eau à l'intérieur de l'usine constituent évidemment le premier pas pour réduire la pollution. Il faut donc d'abord réduire la concentration des matières solides en suspension si l'on veut pratiquer toute épuration ultérieure. On étudiera les procédés d'épuration suivant leur ordre : primaire, secondaire et tertiaire.

Les eaux brutes doivent généralement subir , avant leur traitement proprement dit, un pré-traitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs.

I.5.1 PRETRAITEMENT

Les opérations de prétraitement sont les suivantes :

- dégrillage,
- dessablage,
- tamissage,

I.5.1.1 DEGRILLAGE

Le dégrillage permet :

- de protéger la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation,
- de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution.

.../...

L'opération peut - être plus ou moins efficace en fonction de l'écartement entre barreaux de grille; on peut distinguer :

- dégrillage fin, pour écartement de 3 à 10 mm,
- dégrillage moyen, pour écartement de 10 à 25 mm,
- prédégrillage, pour écartement de 50 à 100 mm

Le dégrillage est assuré, soit par une grille à nettoyage manuel, soit par une grille à nettoyage automatique, dite grille mécanique.

I.5.1.2 DESSABLAGE

Le déssablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, Sables et particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion, à éviter de surcharger les stades de traitement suivants.

La technique classique du déssablage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation où il est tenté d'obtenir une vitesse constante quelque soit le débit (une vitesse de 0,30 m/s permet le dépôt de la majeure partie des sables). Cependant, la condition recherchée est très difficile à réaliser en raison des variations du débit et les sables recueillis contiennent souvent des boues, d'où un problème de lavage de ceux-ci.

I.5.1.3 TAMISSAGE

Le tamisage est une filtration sur support mince, utilisable dans de nombreux domaines du traitement de l'eau. Suivant la dimension des orifices de passages du support on distingue deux variantes.

- Le macrotamisage est destiné à retenir certaines matières en suspension, flottantes ou semi- flottantes, débris végétaux ou animaux, etc..., de dimensions comprises entre 0,2 mm et quelques millimètres,
- Le microtamisage est destiné à retenir les matières en suspension de très petites dimensions contenues dans les eaux usées.

I.5.2 TRAITEMENTS PRIMAIRES

Ce sont en général les traitements physico- chimiques en particulier la décantation et la coagulation - floculation.

Pour permettre la séparation d'une suspension colloïdale dans des conditions de vitesse satisfaisante, par exemple sous l'effet de la pesanteur, il est nécessaire de rassembler les colloïdes pour constituer des particules nettement plus importants. La coagulation et floculation sont des phénomènes physico - chimiques obtenus par traitement d'une eau par des agents dits coagulants et (ou) flocculants, et ont pour effet de créer des agrégats qui facilitent la séparation liquide- solide. Ces deux processus sont en fait très proches, voire parfois indissociables.

Les principaux agents réactifs sont : les sels de fer ou d'aluminium, la chaux et les polyélectrolytes.

I.5.3 TRAITEMENT SECONDAIRE

On peut supprimer les matières organiques dissoutes ou colloïdales par oxydation biologique.

Le principe du traitement biologique fait appel à l'utilisation de la vie et, plus particulièrement, à la vie microscopique.

En effet, à côté de l'utilisation de techniques simples de décantation par tranquillisation de volumes, la pollution est attaquée par l'activité de colonies bactériennes, contenues dans l'eau à traiter et rendues dynamiques par une oxygenation adaptée.

On distingue des procédés biologiques intensifs tels que lits bactériens et boues activées et procédés biologiques extensifs tels que lagunage aéré et étang de stabilisation.

I.5.3.1 PROCEDES BIOLOGIQUES INTENSIFS

Ces procédés comprennent des dispositifs qui permettent de localiser sur des surfaces réduits et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques tels qu'ils se produisent en milieu naturel.

.../...

a) LITS BACTERIENS

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien appelé quelques fois filtre bactérien, consiste à faire ruisseler les eaux usées préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux qui sert de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film. Une aération est pratiquée, la plus souvent par tirage naturel et quelques fois par ventilation forcée. Cette aération a pour but d'apporter dans toute l'épaisseur de la masse du lit l'oxygène nécessaire au maintien en aérobie des bactéries aérobies.

Suivant la nature du matériau utilisé on peut distinguer :

- lits bactériens à remplissage traditionnel (cailloux de même granulométrie),
- lits bactériens à remplissage plastique (tubes en polyéthylène ou plastique).

Le tableau N° 4 donne des performances de lits bactériens à haute charge dans l'industrie de pâte à papier (d'après Eckenfelder 1966) (6).

b) Boues activées.

Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées) dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer.

Dans ce bassin, le ~~trassage~~^(brassage) a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte); l'aération, qui peut se faire à partir de l'oxygène de l'air, d'un gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé aussi décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont en partie recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'exédant est extrait du système et évacué vers le traitement des boues.

TABLEAU N° 4

PERFORMANCES DE LITS BACTERIENS A HAUTE CHARGE
 D'APRES ECKENFELDER (6)

Eaux résiduaires	Charge hydraulique (M G P D)	profondeur (pied)	D.B.O brute (mg/l)	réduction de D.B.O (%) clarifiée
Fabrique de Kraft	365	18,0	250	10
	185	18,0	250	24
	200	21,6	250	23
	90	21,6	250	31
liqueur noire	47	18	400	73
	95	18	400	58
	189	18	400	58
Eaux d'égout	189	10,8	166	45
	126	21,6	145	-
	135	-	165	57
	126	-	152	76

N.B : 1 pied = 33 cm (unité britannique).

I.5.3.2 PROCEDES BIOLOGIQUES EXTENSIFS

On utilise souvent le lagunage aéré , qui est un vaste bassin peu profond, comportant un système d'aération artificielle qui assure l'oxygénation des eaux usées et permet de maintenir dans l'étang un milieu aérobie. L'aération artificielle est réalisée soit par insufflation d'air, soit le plus souvent par des aérateurs flottants constitués par des turbines à axe vertical portées par des flotteurs. L'intérêt essentiel du lagunage aéré est son fort pouvoir tampon, son exploitation aisée lorsque les eaux brutes sont peu chargées en produits lourds. Suivant l'intensité du mélange eau - boue assurée par l'aération artificielle, les lagunes aérées sont classées en aérobies ou facultatifs.

Ce tableau ci-dessous, donne des performances des lagunes aérées (6).

PERFORMANCES DE BASSINS AERES

Genre d'eau Residuaire	Temps de retenus (Jours)	Température (°C)	D.B.O (mg/l)	Réduction de DBO %
Kraft	4	20 - 36	89	64
	4	26 - 39	40	81
	3	26 - 40	52	73
Côpeaux de pâte à papier journal	10	17 - 30	122	68

On utilise aussi des étangs de stabilisation, qui sont de vastes bassins peu profonds.

Cependant, le système devient très efficace si on utilise des étangs anaérobies - aérobies comme le montre le tableau N° 5

TABLEAU N° 5

ETANGS DE STABILISATION POUR EPURER DES EAUX RESIDUAIRES DE
PATE A PAPIER (D'après Porges 1966 (7)

Genre de d'étang	Surface (ha)	Profondeur (pieds)	Temp de retenues (jours)	Charge (kg/ha.j)	Réduction de la DBO(%)
aérobie	34	5	30	120	80
aérobie	29	6	18	390	50
aérobie - anaérobie (combiné)	1000	5,5	136	31	94

N.B : 1 pied = 33 cm

II. 1 PRESENTATION DE LA PAPETERIE

La papeterie de Baba - Ali est située dans la banlieu sud d'Alger , à quelques six kilomètres et à l'ouest du Gue de constantine sur la Route Departementale (R. W) 114 menant de Baba - Ali vers Bouinam.

La voie de chemin de fer Alger - Blida passe non loin d'elle côté Nord. C'est par cette voie que sont acheminés l'alfa et autres produits de traitement de celle - ci. L'usine comporte en outre deux autres accès donnant sur la R W 114 dont l'un est réservé aux services d'exploitation et l'autre à l'administration et aux visiteurs.

Côtés est et ouest, l'usine est longée par des fossés à ciel ouvert qui évacuent les rejets industriels jusqu'a l'oued Terro qui la delimite au sud. Ce dernier rejoint l'oued Zouine qui à son tour débouche sur l'oued EL-HARRACH (voir plan de Situation Générale figure N° 1).

L'usine est de conception relativement ancienne (près d'un demi siècle).

Elle a été mise en service en 1949 par les colons est nationalisée en 1971. Elle est de type intégré c'est à dire qu'elle traite à la fois l'alfa pour tirer la pâte cellulosique et cette dernière pour en faire du papier.

II. 2 ACTIVITES DE LA PAPETERIE

Le personnel de cette unité est d'environ 850 personnes travaillant en continue. La marche est assurée avec trois postes de huit heures chacun. Des arrêts techniques de courtes durées sont prévus à des fins de maintenance et de nettoyage.

Une fois l'an un arrêt de longue durée permet de procéder aux travaux de réaménagements où de grandes réparations.

Cette unité produit actuellement une moyenne de 40 T/j de pâte cellulosique blanchie à base d'alfa et 61 T/j de papier impression - écriture. Ce papier existe en quatre coloris: blanc, rose, vert et jaune. L'Alfa traitée provient de différentes régions des hauts plateaux Algériens et de ce fait possède une composition sensiblement variable selon qu'elle vient de Tebessa, Saida ou Ain- Temouchent.

II. 3 ETUDE DES CIRCUITS D'EAU

II.3.1 ALIMENTATION EN EAU

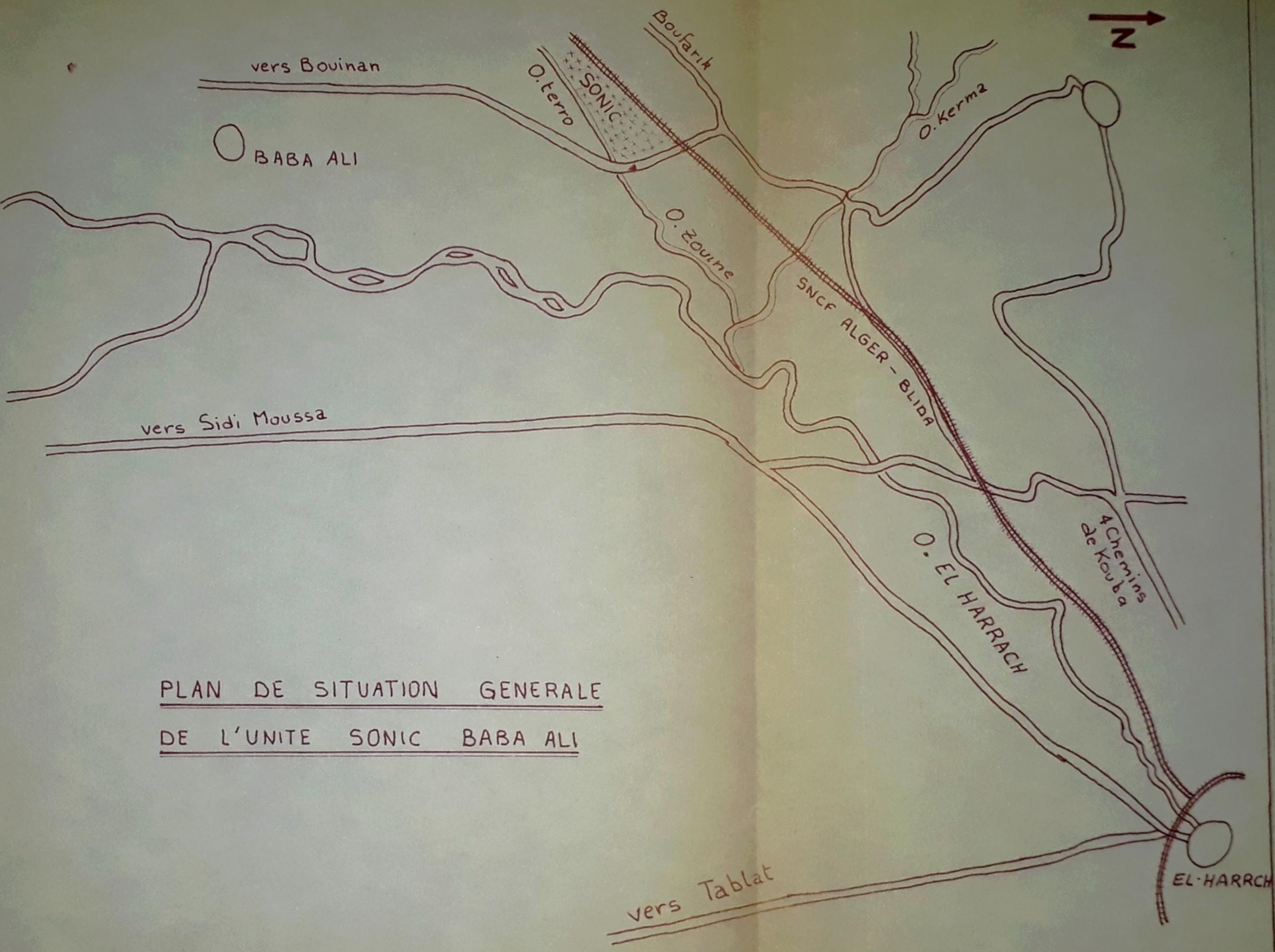
Les papeteries sont de grandes consommatrices d'eau.

L'eau qui alimente l'usine est pompée à partir de forages situés sur le territoire de l'usine. Il existe sept forages, actuellement seuls trois d'entres eux fonctionnent en débitant au total 14.400 m³/j.

II.3.2 UTILISATION DE L'EAU

La fabrication du papier exige l'utilisation de deux types d'eaux: eaux brutes et eaux adoucies.

eau adoucie : L'eau brute est traité par des échangeurs de cations pour obtenir une eau dite "adoucie" possédant une dureté de 10°F. L'adoucissement est réalisé par une batterie d'échangeurs d'ions permettant de diminuer les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ sans changement de la teneur des autres éléments (car ces ions risquent de perturber le processus de fabrication).



PLAN DE SITUATION GENERALE
DE L'UNITE SONIC BABA ALI

PF002/814

Fig(1)

REPARTITION DE LA CONSOMMATION EN EAU DANS L'USINE

L'usine consomme 14.400 m³/t dont 10.703 m³/j pour le processus de fabrication proprement dit et 36 97 m³/j pour autres activités (cuisine, bloc hygiénique du personnel, lavage de véhicules etc..). Sachant que cette usine produit 40 t/j de pâte à papier et 61 t/j de papier impression.

Nature de l'eau	Atelier Cellulose	Atelier papier
Eau Brute	6 2 7 7 m ³ /j	-
Eau adoucie	1 2 1 0 m ³ /j	3 216 m ³ /j
Eau brute par tonne de produit et par jour	156,90 m ³ /t	-
Eau adoucie par tonne de produit et par jour	30,25 m ³ /t	53 m ³ /t

II.4 PROCESSUS DE FABRICATION

L'usine utilise le procédé industriel connu sous le nom de procédé chimique à la soude (dit Pomilio) dont la matière première est l'alfa et matières chimiques (Soude, chlore, Naocl, colorant, azuron optique, amidon de maïs et Kaolin). On distingue dans cette unité deux grands ateliers à savoir atelier cellulose et Atelier papier.

II.4.1 ATELIER CELLULOSE : PREPARATION DE LA PATEE

II.4.1.1 TRAITEMENT MECANIQUE DU VEGETAL

L'alfa qui arrive sous forme de balles pressées, et hâchée et réduite en brindille de 5 cm environ et ceci dans un appareil appelé " cône ouvreur" qui est constitué par 2 cônes s'emboitant l'un dans l'autre et munis de dents qui s'entrecroisent. Les opérations chimiques mises en oeuvre dans le procédé de la sonic de Baba - Ali ont pour but d'isoler la cellulose des tissus ligneux constituant le végétal.

II.4.1.2 PHASE DE CUISSON

Après avoir été réduite en brindilles, l'alfa est envoyée vers la tour de cuisson. Le but de cette cuisson est de dissoudre la lignine (matières cellulosiques et matières non cellulosiques qui constituent l'alfa et qui est un liant entre les fibres) afin de libérer les fibres cellulosiques et ceci par une solution de soude à 45 g/l de concentration et chauffée au préalable à une température de 90° C. L'eau de dilution est apportée pour 90 % par l'eau adoucie et 10 % par l'eau de constitution du végétal. L'énergie thermique étant obtenue grâce à des jets de vapeur d'eau sur les parois de la tour. La pâte cuite est lavée avec de l'eau brute, elle passe ensuite dans deux tambours rotatifs (ou filtres de lavage) reliés à des pompes à vides qui aspirent les eaux de lavage.

.../...

II.4.1.3 PHASE DE CHLORATION

Cette opération consiste en une attaque de la lignine restant dans le végétal par du chlore gazeux. La pâte, à sa sortie du deuxième filtre le lavage, passe d'abord dans des presses colin, puis dans un "cône ouvreur" afin de déchiqueter et d'obtenir une plus grande surface de contact; ceci facilite la pénétration du chlore dans la pâte. La chloration se fait par le système à contre - courant dans deux colonnes, ensuite elle est rincée sur le "filtre acide."

Au cours de la chloration, la lignine réagit avec le chlore gazeux pour former les chloro-lignines. Une partie des chlorolignines est éliminée par l'eau, l'autre partie réagit avec la soude lors de la phase de sodation.

II.4.1.4 PHASE DE SODATION

Les chlorolignines formés ne sont que peu solubles dans l'eau. Un lavage alcalin est nécessaire pour les extraire en totalité. La distribution des chlorolignines s'effectue dans une tour alcaline après addition d'une lessive de soude, les chloro sodo-lignines formés sont facilement éliminés par l'eau sur un filtre dit "filtre alcalin"; à la sortie de ce filtre, la pâte cellulosique est brune (chargée de bruns de végétaux incuits ayant échappé aux agents chimiques).

II.4.1.5 PHASE D'EPURATION

L'épuration s'effectue en deux stades

1er Stade : épuration grossière qui a lieu dans un tamis vibrant (buchettes, noeuds, cailloux, incuits sont éliminés au cours de ce stade),

2ème Stade :Epuration fine qui a lieu dans un premier temps, dans un appareil appelé "trimbeys" (joue le rôle d'une centrifugeuse) puis dans un deuxième temps dans une station de centre - cléaner. Cette dernière installée tout récemment permet d'éliminer les **particules** indésirables (faisceaux de fibres, sables...).

- 30 -

II.4.1.6 PHASE DE BLANCHIMENT

Le but principal du blanchiment consiste à obtenir des fibres cellulosiques à un haut degré d'homogénéité contenant le minimum de substances indésirables. Il s'effectue successivement dans deux tours par de l'hypochlorite de soude, la réaction qui domine lors de ce phénomène est une réaction d'oxydation de la lignine et les produits de la réaction se dissolvent dans le milieu alcalin. Pratiquement on est dans le domaine de $\text{PM} \ 8 - 9$. L'oxydation de la cellulose active la formation d'oxycellulose qui a pour conséquence de diminuer la résistance mécanique du papier.

Après cette opération, la pâte est lavée dans un filtre à tambour a sa sortie de celui-ci, elle est envoyée dans des cuiviers de stockages de 300 m^3 de capacité chacun.

II.4.2 ATELIER PAPIER

- a) La pâte à papier blanchie est stockée dans deux cuiviers puis envoyée au raffinage, phase au cours de laquelle elle est mélangée à la pâte importée destinée à compenser le déficit de la première en fibres courtes et pour améliorer ses qualités mécaniques.
- b) après le raffinage la pâte est envoyée dans les machines où se fait l'ajout de la colle (collodion), du Kaolin, du sulfate d'alumine, du leucophore (agent chimique pour obtenir un blanc neutre très pur de la pâte) et enfin et selon les cas, du colorant.
- c) ensuite la pâte subit une centrifugation destinée à la débarrasser de ses impuretés solides tels que sables fins, concretion de Kaolin.
- d) Au niveau de la caisse de tête de machine, elle est diluée puis injectée sur la toile roulante (il est prévu qu'à ce niveau interviendra l'ajout de la cartarétine F qui est un agent de rétention des fibres et des charges, son rôle est d'accélérer la déshydratation de la pâte et permet de réaliser une séparation optimale des matières solides contenus dans les eaux résiduares de fabrication. Actuellement cette opération s'effectue au niveau des bacs broughton).

.../...

e) La pâte passe sur la toile roulante où elle est étalée et essorée

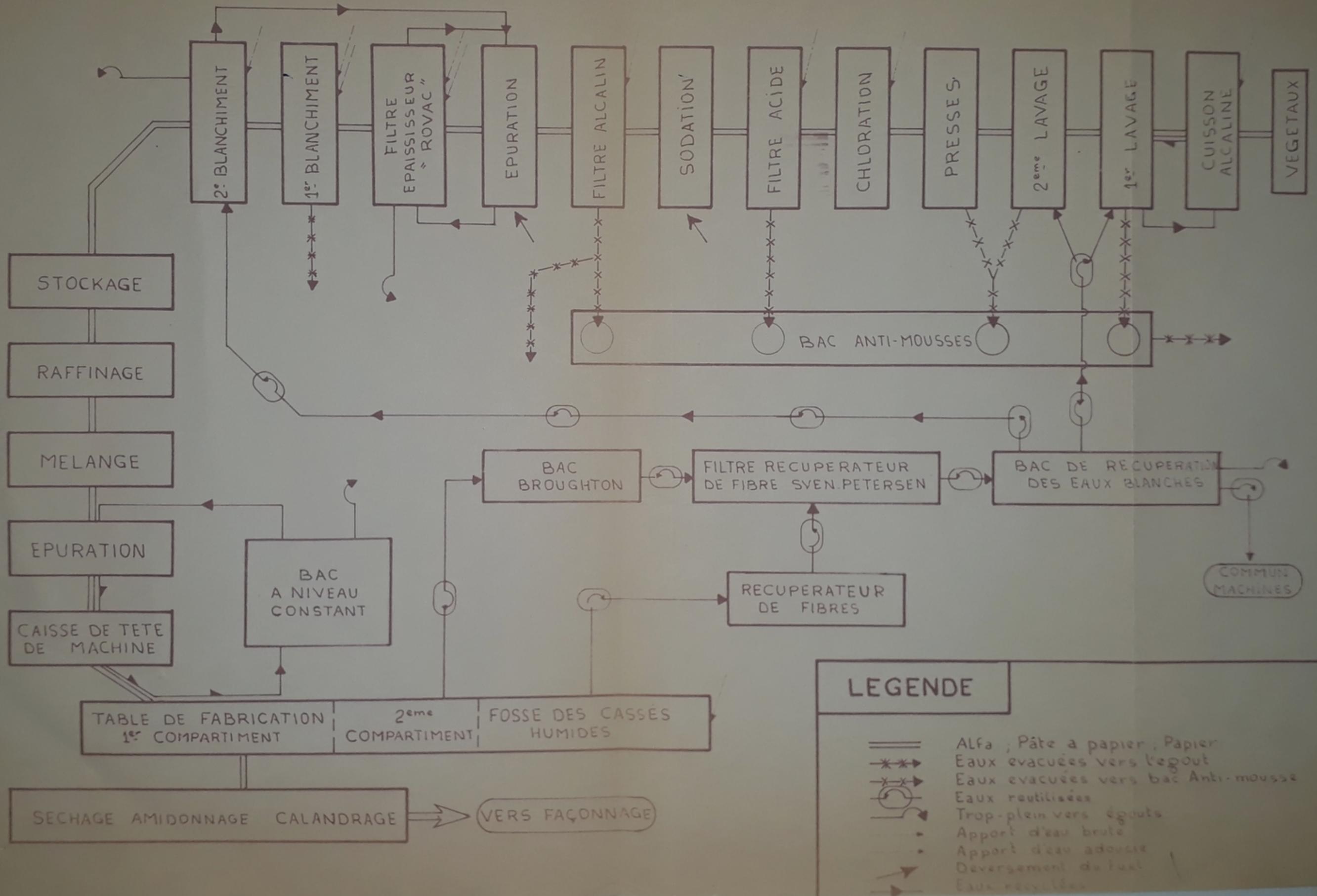
f) après l'essorage la pâte est :

- séchée et amidonnée;
- elle passe au calandrage,
- atteint le façonnage,
- et enfin l'expédition.

La figure N° 2 représente les différentes phases de fabrication.

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES PHASES DE PRODUCTION
 DU PAPIER A PARTIR DE L'ALFA ET DU CIRCUIT DES
 EAUX D'UTILISATION

PE 002 / 84
 Avant P. 33



LEGENDE

- ==== Alfa ; Pâte a papier ; Papier
- * * * * * Eaux évacuées vers l'égout
- x x x x Eaux évacuées vers bac Anti-mousse
- ○ ○ ○ Eaux réutilisées
- ○ ○ ○ Trop-plein vers égouts
- ○ ○ ○ Apport d'eau brute
- ○ ○ ○ Apport d'eau adoucie
- Deversement de l'eau
- Eaux recyclées

II. 5 ETUDES DES EAUX RESIDUAIRES

Les eaux résiduaires de l'unité de Baba-Ali proviennent, surtout des procédés de fabrication de pâte et de papier. La majorité des résidus proviennent de la confection de la pâte, du blanchiment et des opérations des machines à papier. Les rejets contiennent des matières en suspension (pâte et fibres), une DBO 5 pour les liqueurs de cuisson, une coloration pour les lessives et d'autres produits chimiques pour les procédés de préparation de l'alfa. Les provenances et les caractéristiques des eaux pour les opérations individuelles sont indiqués ci-dessous.

II.5.1 CARACTERISTIQUES DES EAUX RESIDUAIRES

De façon à bien connaître la composition de l'effluent, il est indispensable d'examiner sommairement les conditions d'obtention des eaux résiduaires, c'est à dire de suivre les principales étapes de fabrication au niveau de cette unité (voir figure N° 3).

II.5.1.1 ATELIER CELLULOSE

L'atelier cellulose, par son importance primordiale dans la phase de fabrication de pâte à papier, est responsable du rejet d'un énorme volume d'eaux résiduaires.

Phase de cuisson : Au niveau de cette phase, de grands volumes d'eau et de soude à forte concentration sont rejetés après les opérations de lavage . Ces effluents sont constitués principalement par les matières organiques; les lignines; les mercaptans, les fibres fines et autres résidus.

Les liqueurs noires sont obtenues dans la tour de cuisson lors de l'extraction de la cellulose par dissolution de la lignine végétale par la soude.

Ces liqueurs dégagent une odeur désagréable et sont chargés de fibres d'alfa, de sodium dissous;

Phase de chloration : Au niveau de ce stade, la pâte chlorée subit un lavage à l'eau brute ce qui donne naissance à une eau brunâtre à P H acide chargée d'éléments tels que Na et cl, de chlorolignines et de fibres.

Phase de sodation : Dans le filtre alcalin la pâte, après sodation , est encore lavée. De ce lavage est obtenue une eau brunâtre à P H basique, est chargée de Sodo - chlorolignine ainsi que de fibres cellulosiques fines et soude.

Phase de blanchiment : Au niveau des tours de blanchiment, les rejets blanchâtres et sont constitués d'alcalis, de fibres cellulosiques fines et dégradées, beaucoup de chlore actif et de ce fait un très fort pouvoir oxydant.

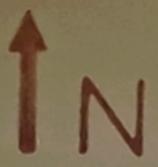
II.5.1.2 ATELIER PAPIER

L'atelier papier rejette moins d'eaux usées que l'atelier cellulose du fait qu'il existe des circuits internes de recyclage des eaux de machines dans deux flottateurs de type " Sven Pedersen ". Ces eaux sont dites eaux blanches car elles renferment des matières de charge tel que Kaolin, sulfate d'alumine en solution, amidon, résine, etc.. Le versement d'eaux blanches à l'égout se fait à partir de deux bacs de reception dénommés " bac broughton " et du trop plein du Sven pedersen.

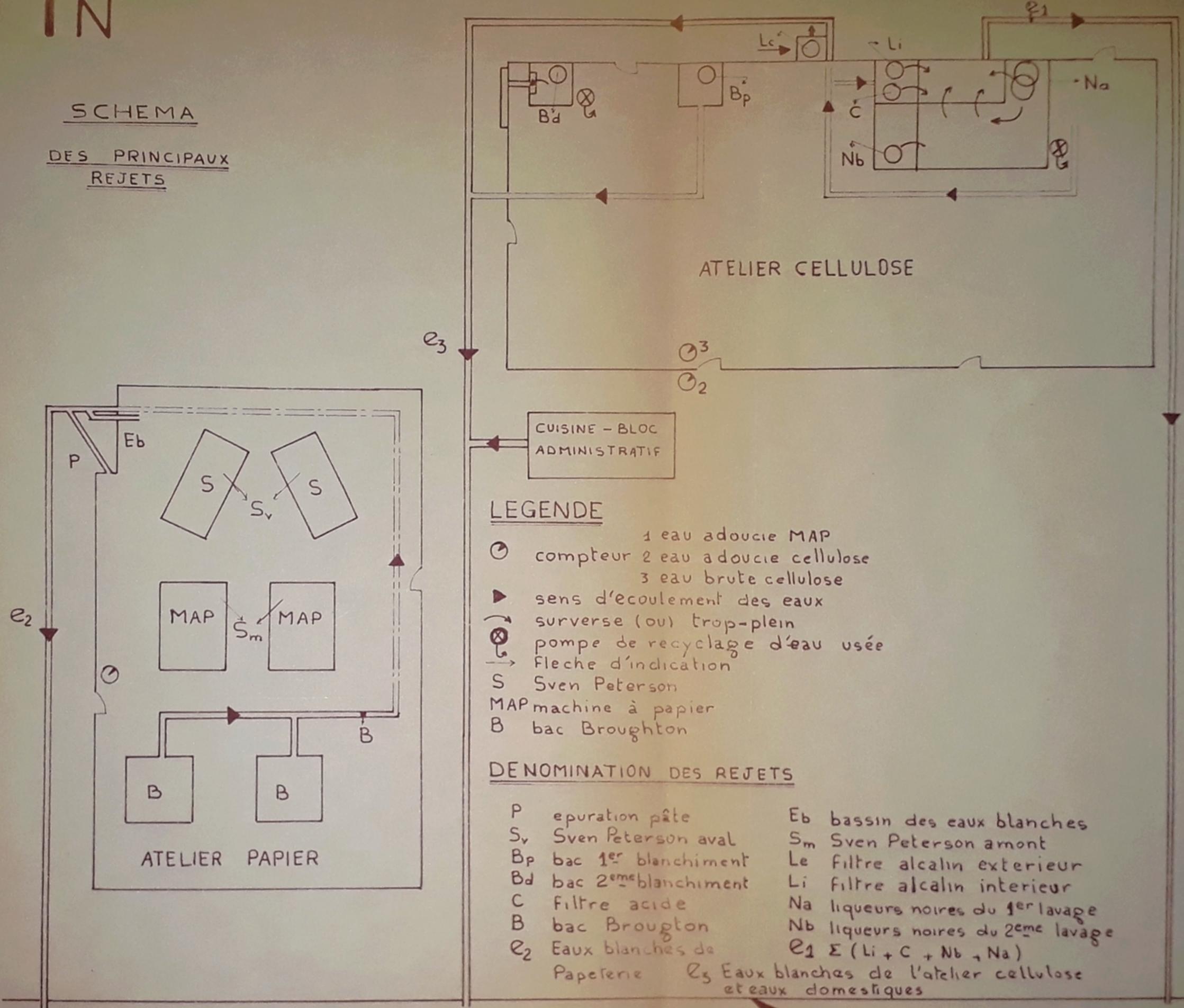
II.5.2 COLLECTE ET EVACUATION DES EAUX RESIDUAIRES

Au niveau de l'unité, il existe trois égouts conduisant les eaux résiduaires qui débouchent directement dans l'oued Terro (voir figure N° 4).

PE 002/84
Avant 306



SCHEMA
DES PRINCIPAUX
REJETS



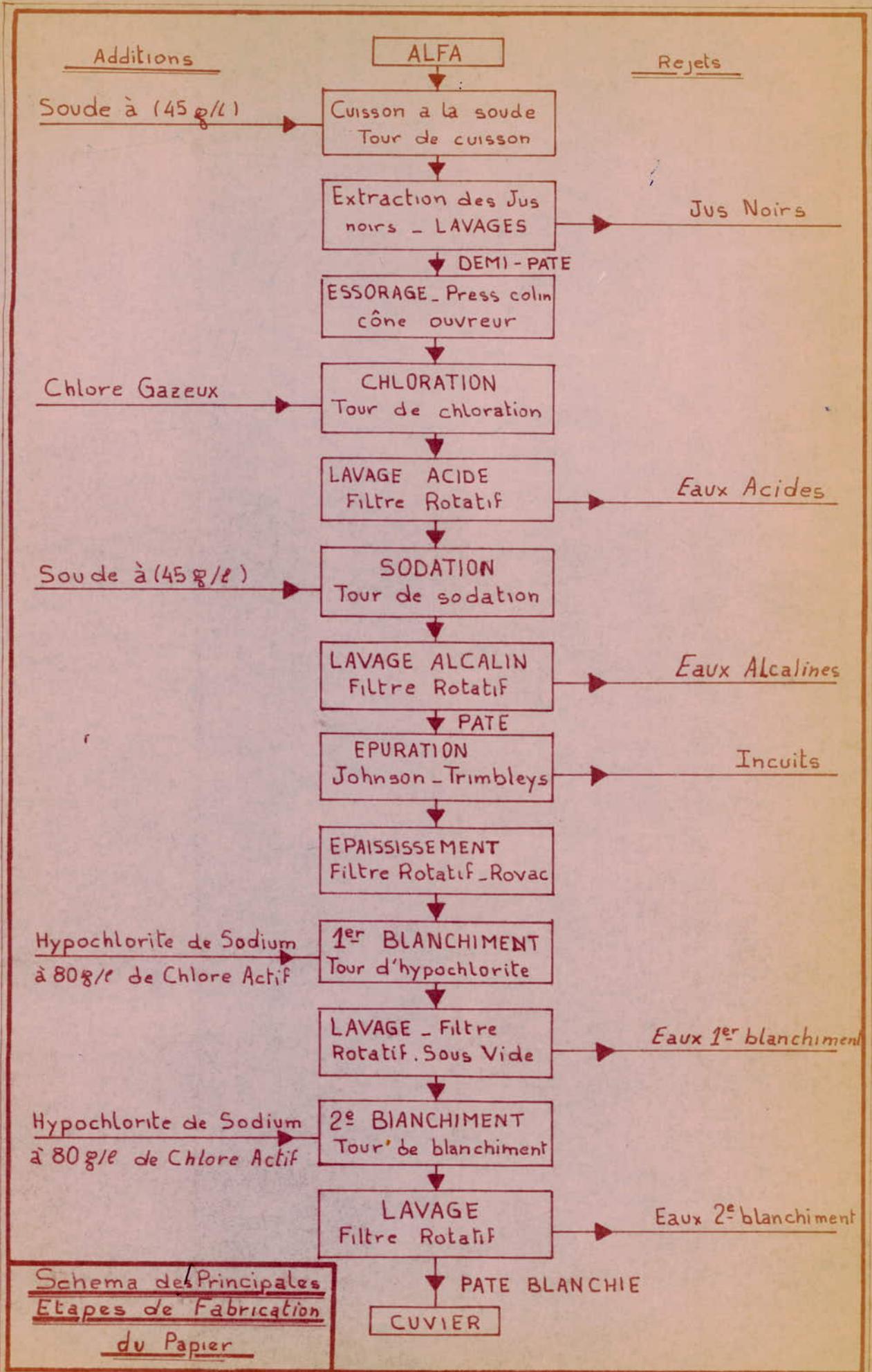
LEGENDE

- 1 eau adoucie MAP
- 2 eau adoucie cellulose
- 3 eau brute cellulose
- ◀ sens d'écoulement des eaux
- ⊗ surverse (ou) trop-plein
- ⊗ pompe de recyclage d'eau usée
- fleche d'indication
- S Sven Peterson
- MAP machine à papier
- B bac Broughton

DENOMINATION DES REJETS

- | | | | |
|----|----------------------------|----|--|
| P | epuration pâte | Eb | bassin des eaux blanches |
| Sv | Sven Peterson aval | Sm | Sven Peterson amont |
| Bp | bac 1er blanchiment | Le | filtre alcalin exterieur |
| Bd | bac 2eme blanchiment | Li | filtre alcalin interieur |
| C | filtre acide | Na | liqueurs noires du 1er lavage |
| B | bac Broughton | Nb | liqueurs noires du 2eme lavage |
| e2 | Eaux blanches de Papeterie | e1 | Σ (Li + C + Nb + Na) |
| | | e3 | Eaux blanches de l'atelier cellulose et eaux domestiques |

O. TERRO



Fig(3)

CHAPITRE III

ETUDE ANALYTIQUE

III.1. MODE DE PRELEVEMENT

La première phase de l'étude expérimentale a été consacrée à la connaissance de la papeterie et au choix des paramètres de pollution. Ce choix a été fixé suivant l'importance des polluants et des possibilités matérielles mises à notre disposition.

La technique de prelevement doit être étudiée avec soin car la représentabilité de l'échantillonnage est un problème fondamental qui conditionne les résultats.

Les échantillons ont été prelevés au niveau des endroits suivants :

- goût N° 1 celui - ci regroupe

- * Les eaux du 1er et 2ème lavage (des 2 filtres) après la tour de cuisson
- * Jus noires concentrées
- * eaux de press colin
- * filtre acide
- * une partie du filtre alcalin,.

- égoût N° 2 : Les eaux blanches de la papeterie
- égoût N° 3 : les eaux du 1er et 2 éme blanchiment de l'atelier
cellulose + les eaux de cuisine + les eaux du bloc
hygiénique + les eaux provenant d'autres usagers
- Bac des liqueurs noires concentrées
- Bac des eaux de blanchiment.

Nous identifions les échantillons de la manière suivante

- e₁ : effluent de l'égoût N° 1
- e₂ : effluent de l'égoût N° 2
- e₃ : effluent de l'égoût N° 3
- B₁ : effluent du bac des eaux de blanchiment
- B₂ : effluent du bac des liqueurs noires concentrées.

La détermination des paramètres de pollution en ces différents points a été effectuée sur un échantillon moyen obtenu par mélange de plusieurs prélèvements ponctuels pratiqués au cours de la journée.

Ainsi, nous avons prélevé, à intervalles réguliers (toutes les 15 minutes) , des quantités identiques d'eau que nous avons utilisées pour faire des échantillons mixtes.

L'échantillonnage a été effectué manuellement. Pour cela, nous avons utilisé une bouteille de 500 ml en verre qu'on plonge complètement dans l'égoût (Conduite semi - ouverte). Les bouteilles devant contenir l'eau à analyser sont rincées au préalable avec cette même eau. Les échantillons ont été conservés dans la glace jusqu'au laboratoire ou ils sont analysés.

La conservation des prélèvements est indiqué dans le tableau ci-dessous d'après Rochier (8).

Caractéristique ou élément analysé	Conservateur à utiliser	Effectuer la mesure avant
Chlorure	-	24 h
P H	Mesure in Situ	-
M. e. S	-	6 h
D. C. O	H 2 S O 4 (2 ml/l)	24 h
D B O 5	-	6 h
Azote total	H 2 S O 4 q s. q PH= 2	48 h

III.2 PARAMETRES RETENUS POUR EXPRIMER LA CHARGE POLLUANTE

Dans le domaine des eaux résiduaires industrielles, la caractérisation des effluents fait appel à des paramètres globaux (D C O, M e. S, etc..) ainsi qu'a des paramètres spécifiques au rejet étudié.

Ainsi, les paramètres retenus (compte tenu de limitation d'ordre matériel) pour exprimer la charge polluante sont les suivants :

- Température
- P H
- Matières en suspension (M. e. s)
- Demande chimique en oxygène (D.C.O)
- Demande Biochimique en oxygène (D B O 5)
- Chlorures
- Volumes des boues décantées
- Phosphore

III.2.1 LA TEMPERATURE

La température est une caractéristique physique qui a une influence sur l'activité biologique et sur le pouvoir de dissolution de l'oxygène dans l'eau.

La température joue ainsi un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductibilité électrique.

III.2.2 LE P_H

Le P_H nous renseigne sur l'acidité ou basicité du milieu.

La mesure du P_H doit s'effectuer de préférence sur place, ce facteur influe également sur l'activité des microorganismes

III.2.3. LES MATIERES EN SUSPENSION

Les matières en suspension sont généralement définies comme étant la totalité des matières non dissoutes contenues dans un effluent. Elles sont celles qui sont susceptibles de se déposer après deux heures de décantation.

Dans le cas de la SONIC de BABA-ALI, elles sont constituées de ;

- fines particules d'écorces et de boues provenant de la chambre de broyage,
- fibres et particules de fibres en provenance de la fabrication de la pâte et du papier
- matériaux de recouvrement et de remplissage tels que talc, argile, carbonate de calcium, dioxyde de titane en provenance du procédé de fabrication du papier.

III. 2.3.1. PRINCIPE DE MESURE

Le principe de détermination des matières en suspension repose sur une filtration de l'échantillon. Les matières retenues par le filtre sont séchées à l'étuve pendant deux heures à 105° C.

$$(\text{M.e.s}) \text{ mg/l} = \frac{(m_2 - m)}{V} \cdot 1000$$

V : Volume d'eau à analyser

m : poids du filtre

m2 : poids du filtre et des particules retenues, après séchage à l'étuve.

* Le volume d'eau à analyser ou à filtrer doit être tel que la quantité de M.e.s soit supérieure ou égale à 10 mg/l

III.2.4 LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

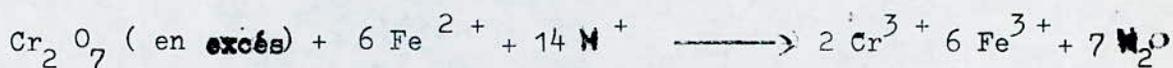
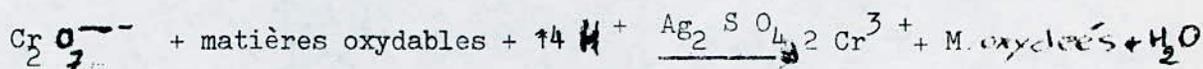
La teneur en composantes organiques oxydables et d'une grande importance dans l'évaluation de la pollution des eaux. On la détermine de façon indirecte sur la base de la quantité d'oxygène qui est consommée pour dégrader complètement ces substances organiques chimiquement oxydables. La quantité totale d'oxygène nécessaire à cette fin est appelée " demande chimique en oxygène " (D.C.O).

On la détermine en ajoutant à un volume mesuré de l'échantillon d'eau une quantité connue d'oxygène sous forme d'un agent oxydant, chimiquement efficace, ce qui conduit à l'oxydation chimique. Comme agents d'oxydation pour la détermination de la D.C.O, on emploie surtout du permanganate de potassium ou du dichromate de potassium.

La D.C.O permet de donner une bonne idée de la pollution globale, elle est relative à l'ensemble des matières réductrices présentes dans une eau de nature minérale ou Organique et susceptibles d'être oxydées chimiquement.

En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelles que soient leurs origines, organique ou minérale. Les matières sont oxydées par une solution de $K_2Cr_2O_7$ en milieu acide, un catalyseur (Ag_2SO_4) est utilisé pour faciliter l'oxydation. L'échantillon est bouilli en milieu fortement acide en présence de Ag_2SO_4 et H_2SO_4 (avec un excès de $K_2Cr_2O_7$) pendant deux heures à reflux.

L'excès de $K_2Cr_2O_7$ est titré par une solution de sulfate de fer et d'ammonium (sel de Mohr).



alors

$$(\text{Cr}_2 \text{O}_7^{2-})_{\text{total}} = \text{Fe}^{2+} + \text{M. oxydables}$$

La D.C.O est exprimé en $\text{mg O}_2 / \text{l}$

$$\text{D.C.O} = \frac{8000 (V_0 - V')}{V} \cdot t$$

V_0 = Volume de sel de Mohr nécessaire au titrage de l'essai à blanc

V' = Volume de sel de Mohr nécessaire au titrage de l'échantillon

V = Volume de la prise d'essai

t = teneur en sel de Mohr.

* Le rejet de l'unité de BABA - ALI sont fortement concentrés et colorés, afin de réaliser convenablement l'analyse on a été obligé de diluer 50 fois l'échantillon.

III.2.5 DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGÈNE

La demande de biochimique en oxygène d'une eau usée est la quantité d'oxygène consommée, dans les conditions de l'expérience, par des bactéries pour décomposer par bioxydation des matières organiques contenues dans cette eau.

La D.B.O₅ a été mesurée par la méthode respirométrique.

III.2.6 LES CHLORURES

A cause de l'interference de la teneur en chlorures sur la mesure de la D.C.O (puisque les chlorures sont aussi oxydés par le dichromate de potassium), la connaissance de la teneur en chlorures de l'échantillon d'eau devient necessaire.

Le dosage des chlorures a été effectué par la méthode de Mohr.

III.2.7 VOLUME DE BOUES DECANTEES

C'est la quantité de Matières déposées au fond d'un récipient au repos pendant deux heures. Cette quantité est déterminée par volumétrie, pour cela on utilise le "cône de Imhoff " de un litre de capacité et gradué en millilitre.

Le résultat s'exprime en (ml) de matières décantées pour un litre d'eau usée.

III.2.8 LES PHOSPHORES

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral et organique et sous la forme de ~~il~~ l'expérience par des bactéries pour décomposer différents composés.

III.2.8.1. PRINCIPE DE LA MESURE PAR COLORIMETRIE

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique.

Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, l'émétique, tartrate double d'antimoine et de potassium. La sensibilité de la méthode est augmentée en extrayant la coloration bleue par un Solvant. Les lectures sont effectuées au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690 nm en cuve de 1 cm.

On construit d'abord la courbe d'étalonnage et ceci en préparant une série d'échantillons à l'aide d'une solution étalon de phosphore à 2 mg/l (ml), eau distillée et réactif (acide sulfurique, solution de molybdate d'ammonium, Solution d'acide ascorbique et solution d'émétique).

Pour les échantillons à analyser procéder de la même manière et opérer à la même longueur d'onde . Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

III.3 EVALUATIONS DES RESULTATS D'ANALYSES

Les résultats d'analyse sont consignés dans les tableaux 6 à 13 et illustrés par les figures 5 à 10.

Les valeurs moyennes figurent dans le tableau N° 14

Pour mieux saisir l'importance de cette étude analytique nous présentons ci-dessous, l'interprétation des résultats d'analyse pour les différents paramètres de pollutions étudiés.

III.3.1 LA TEMPERATURE

Les températures relevées sont reportées dans le Tableau N° 6 et illustrées par la figure N° 5.

Les plus hautes températures sont celles qui sont relevées de l'effluent du bac des liqueurs noires (cuisson à 90° c)

Sinon les autres valeurs restent inférieures à la norme (T = 30°)

III.3.2 P H

Les valeurs du P H relevées sont reportées dans le tableau N° 7 et illustrées par la figure N° 6.

Les P H des effluents e₁, e₃, B₁ et B₂ sont fortement basiques, Ceci est du à la forte concentration de la soude rejetée dans l'eau résiduaire (Ces P H restent supérieurs aux normes de rejet).

Par contre le P H de l'effluent e₂ est pratiquement neutre et se trouve donc dans les normes (5,5 (P H (8,5).

III.3.3 LES CHLORURES

Les teneurs en chlorures aux différents points de prélèvement sont portées dans le tableau N° 9 et illustrées par la figure N° 7

Les teneurs en chlorures des effluents e₁, e₂, e₃ et B₁ sont très élevées c'est tout à fait normal car la pâte à papier subit une chloration au contact du chlore gazeux et ceci dans la tour de chloration et elle subit aussi un blanchiment avec de l'hypochlorite de Sodium.

Nous remarquons que ces valeurs sont nettement supérieures à celle fixée par la norme de rejet qui est de 100 mg/l.

III.3.4 LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (D.C.O)

Les valeurs de la D.C.O sont reprises dans le tableau N° 10 et illustrées par la figure N° 8.

Elles sont comprises entre 7.200 ----- 41.600 mg O₂ /l.

Elles demeurent fortement élevées et dépassent de très loin la norme de rejet fixée à 90 mg O₂ / L.

La valeur de 41.600 mg O₂ / l correspond à l'effluent des liqueurs noires concentrées (B₁)

Car celui - ci renferme beaucoup de matières organiques jusqu'a 50 %. Le rejet de degrés élevés de substance en D.C.O peut réduire ou épuiser l'approvisionnement en oxygène dissous qui est indispensable pour préserver les organismes aquatiques et développer la reproduction et la vitalité des espèces. Pour cela il est indispensable de traiter l'effluent avant son rejet dans la rivière.

III.3.5 DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO₅)

Les valeurs de la D.B.O₅ sont reprises dans le tableau N° 11 et illustrées par la figure N° 9

Ces valeurs sont comprises entre 68 --- 2800 mg_{O₂}/l,

Celles des effluents e₁, e₂ et e₃ sont relativement élevées (ceci est du aux très fines fibres cellulosiques perdues lors du processus de fabrication et c'est du aussi aux matières organiques dissoutes contenus dans les liqueurs de cuisson et de lavage) par contre celles des effluents e₂ et B₁ sont relativement moindres. En tout cas quelles que soient ces valeurs elles demeurent supérieures à la norme de rejet qui est de 40 mg_{O₂}/l.

III.3.6 MATIERES EN SUSPENSION

Les teneurs en matières en suspension sont représentées dans le tableau N° 12 et illustrées par la figure N° 10. Ces teneurs sont très importantes , elles varient entre 560 --- 2115 mg/ l, elles sont dûes aux fines particules **venant** de la chambre de broyage et en grande partie des matériaux de recouvrement et de remplissage tels que talc, argile, carbonate de calcium, dioxyde de titane en provenance de l'atelier papier.

Les valeurs trouvées restent nettement supérieures à la norme de rejet qui est de 30 mg/l.

III.3.7 PHOSPHORES

Les analyses des teneurs en phosphore selon la methode expliquée au paragraphe III. 2.8.1 ont donné lieu à des valeurs pratiquement nulles.

III.4 CONCLUSION

L'évaluation des résultats d'analyse nous révèle que la plupart des paramètres étudiés présentent des valeurs largement supérieures aux normes de rejets imposées par la législation.

Il ressort aussi du résultat des analyses que la liqueur noire à laquelle donne lieu le procédé de cuisson contient environ 80 % de la quantité totale de la pollution issue de l'unité.

La coloration foncée de l'eau et la forte D.C.O sont dans la plupart des cas, les conséquences du rejet d'eaux résiduaires.

De ce fait, une épuration poussée est indispensable afin de ramener les teneurs à des valeurs acceptables.

TABLEAU N° 6

TEMPERATURE (° C)

DATE	POINTS DE PRELEVEMENTS				
	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
19.11.83	28	25	24	27	37
21.11.83	27	24	24	25	36
23.11.83	28	26	24	25	36
29.11.83	26	25	25	26	38
05.12.83	27	25	24	26	37
10.12.83	27	23	23	24	34

TABLEAU N° 7

PH

	POINTS DE PRELEVEMENTS				
DATE	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
19.11.83	10,5	7,9	8,9	9,0	12,2
21.11.83	11,0	7,7	9,0	8,9	13,2
23.11.83	11,5	7,5	9,0	8,9	13,0
29.11.83	11,8	7,4	8,7	9,0	13,1
05.12.83	12,3	8,5	8,9	9,8	12,9
10.12.83	12,0	6,9	9,0	9,4	12,8

TABLEAU N° 8

VOLUME DES BOUES DECANTEES (ml)

DATE	POINTS DE PRELEVEMENTS				
	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
19.11.83	3,0	396	5	96	4,0
21.11.83	2,5	350	4,5	87	3,0
23.11.83	3,5	372	6	93	3,5
29.11.83	2,0	290	4	80	2,5
05.12.83	3,0	370	3	96	2,0
10.12.83	2,0	376	4	95	3,0

TABLEAU N° 9

TENEUR EN CHLORURES (mg/l)

DATE	POINTS DE PRELEVEMENTS				
	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
19.11.83	790	852	952	568	199
21.11.83	810	785	850	500	281
23.11.83	788	690	796	579	276
29.11.83	710	809	1002	525	213
05.12.83	1020	781	1491	852	280
10.12.83	1091	1078	1420	649	284

TABLEAU N° 10

DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (mg O₂ /l)

=====

DATE	POINTS DE PRELEVEMENTS				
	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
19.11.83	1280	300	2800	85	1800
21.11.83	985	350	2500	75	1470
23.11.83	1080	200	1800	70	2000
29.11.83	1050	280	2050	68	1160
05.12.83	1380	200	1090	78	1500
10.12.83	1040	330	1550	76	2000

TABLEAU N° 11

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (mg o₂/l)

	POINTS DE PRELEVEMENTS				
DATE	e ₁	e ₂	e ₃	B _A	B ₂
19.11.83	23.296	7800	8040	14.200	40.000
21.11.83	19.814	9081	8100	12.950	38.000
23.11.83	20.800	8200	7200	14.400	40.800
29.11.83	22.400	8256	7224	15.200	41.600
05.12.83	22.200	8000	8000	13.400	39.600
10.12.83	20.000	8700	7600	15.600	41.200

TABLEAU N° 12

MATIERES EN SUSPENSION (mg/l

	POINTS DE PRELEVEMENT				
DATE	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
19.11.83	595	560	823	902	2110
21.11.83	1068	740	640	577	1305
23.11.83	765	690	782	790	2001
29.11.83	1030	669	790	850	1500
05.12.83	2115	1093	926	739	2050
10.12.83	1098	600	495	455	1001

TABLEAU N° 13 MATIERES MINERALES ET MATIERES ORGANIQUES (mg/l)

DATE	POINTS DE PRELEVEMENTS									
	e ₁		e ₂		e ₃		B ₁		B ₂	
	M.M	M.V	M.M	M.V	M.M	M.V	M.M	M.V	M.M	M.V
19.11.83	357	238	392	168	535	288	604	298	877	1233
21.11.83	762	306	481	259	448	192	318	259	783	522
23.11.83	535	230	449	241	508	274	553	237	1300	701
29.11.83	669	361	480	189	582	208	552	298	2370	1130
05.11.83	1374	741	700	393	602	324	517	222	1435	615
10.11.83	713	385	360	240	346	149	293	182	700	301

TABLEAU N° 14

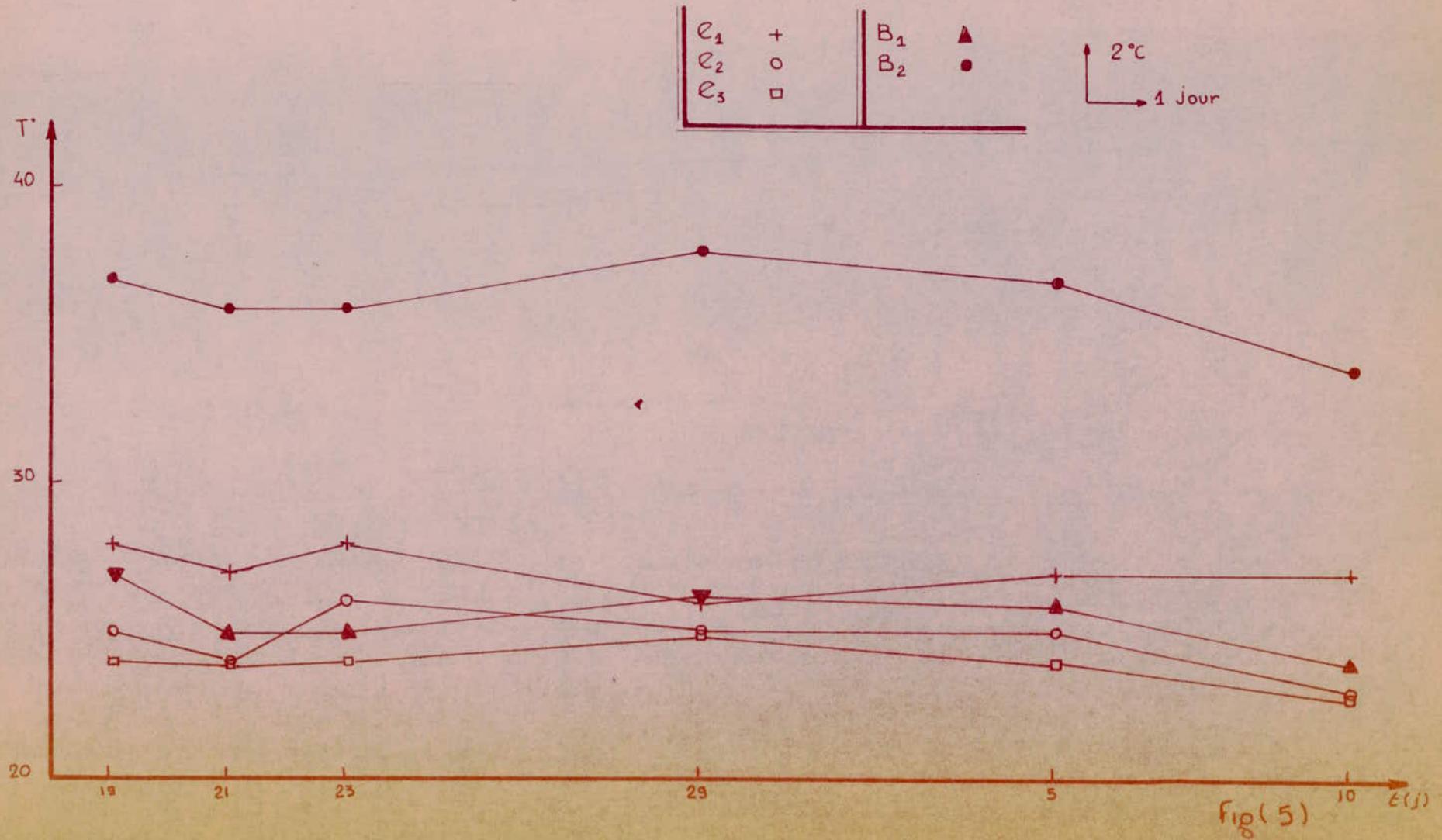
=====

VALEURS MOYENNES

=====

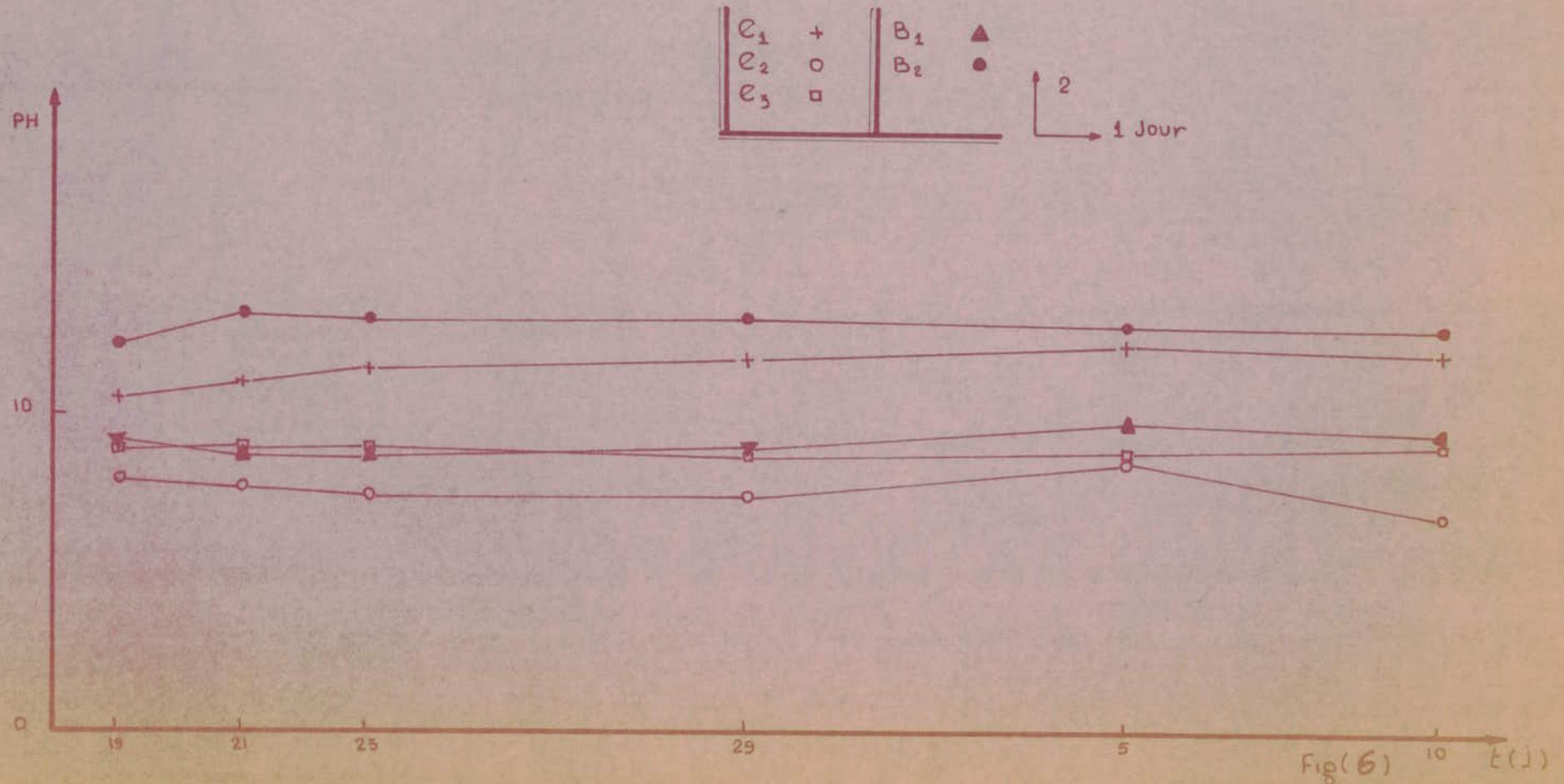
POINTS DE PRELEVEMENTS					
Paramètres	e ₁	e ₂	e ₃	B ₁	B ₂
Température (°C)	27,15	24,70	24,00	25,50	36,40
P H	11,50	7,65	8,90	9,15	12,90
Volume des boues décantées (ml)	2,60	359	4,40	91,15	3,00
Teneur chlore (mg/l)	1000	865	1085	728	256
D.P O ₅ (mg O ₂ /l)	1136	277	1965	75	1655
D.C.O (mgO ₂ /l)	21.418	8339	7694	14292	40200
M.e;s (mg/l)	1111	725	742	719	1661
M.M (mg/l)	735	477	503	473	1244
M.V (mg/l)	377	248	239	249	750

Variation de la temperature en fonction du temps



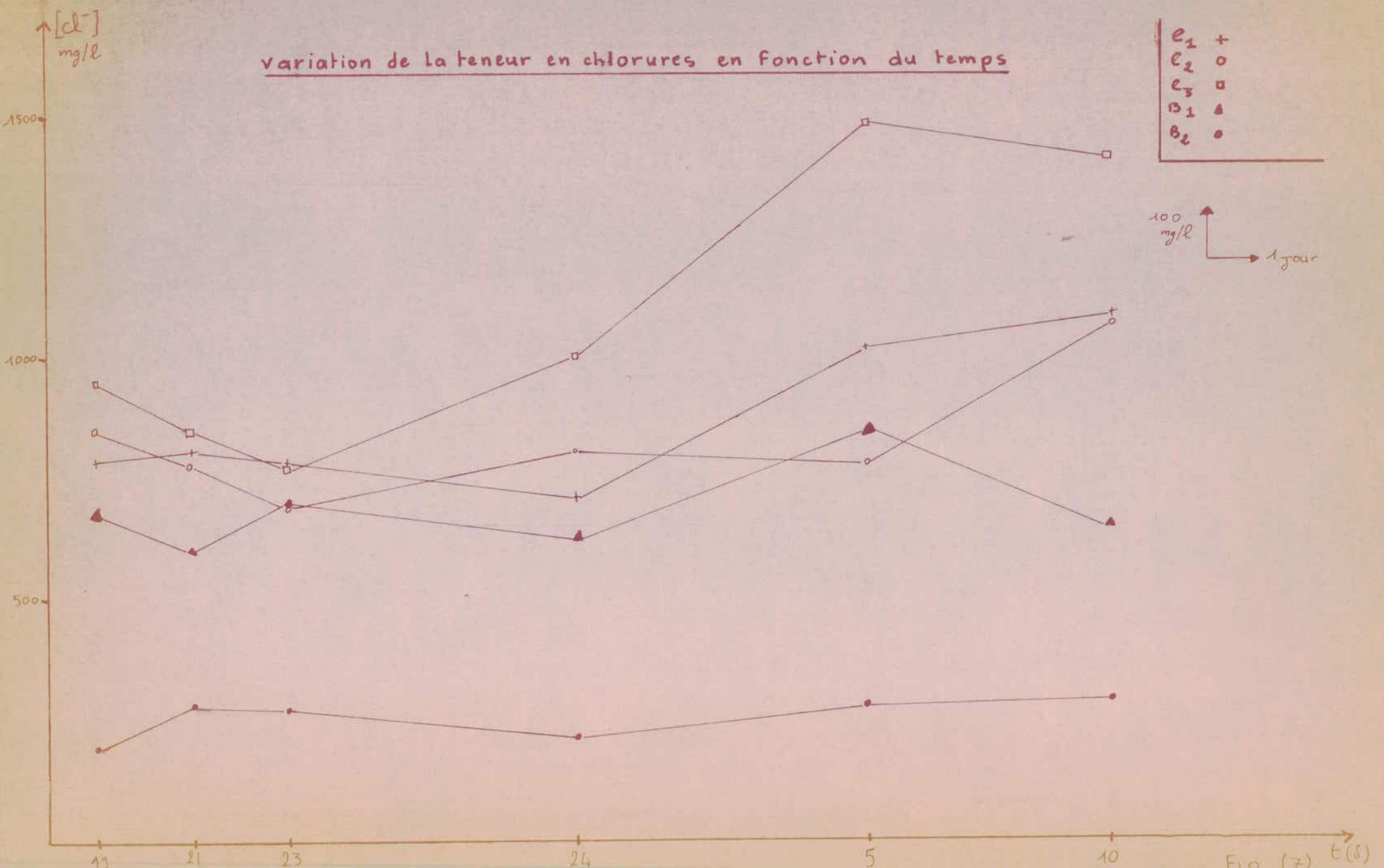
Fig(5)

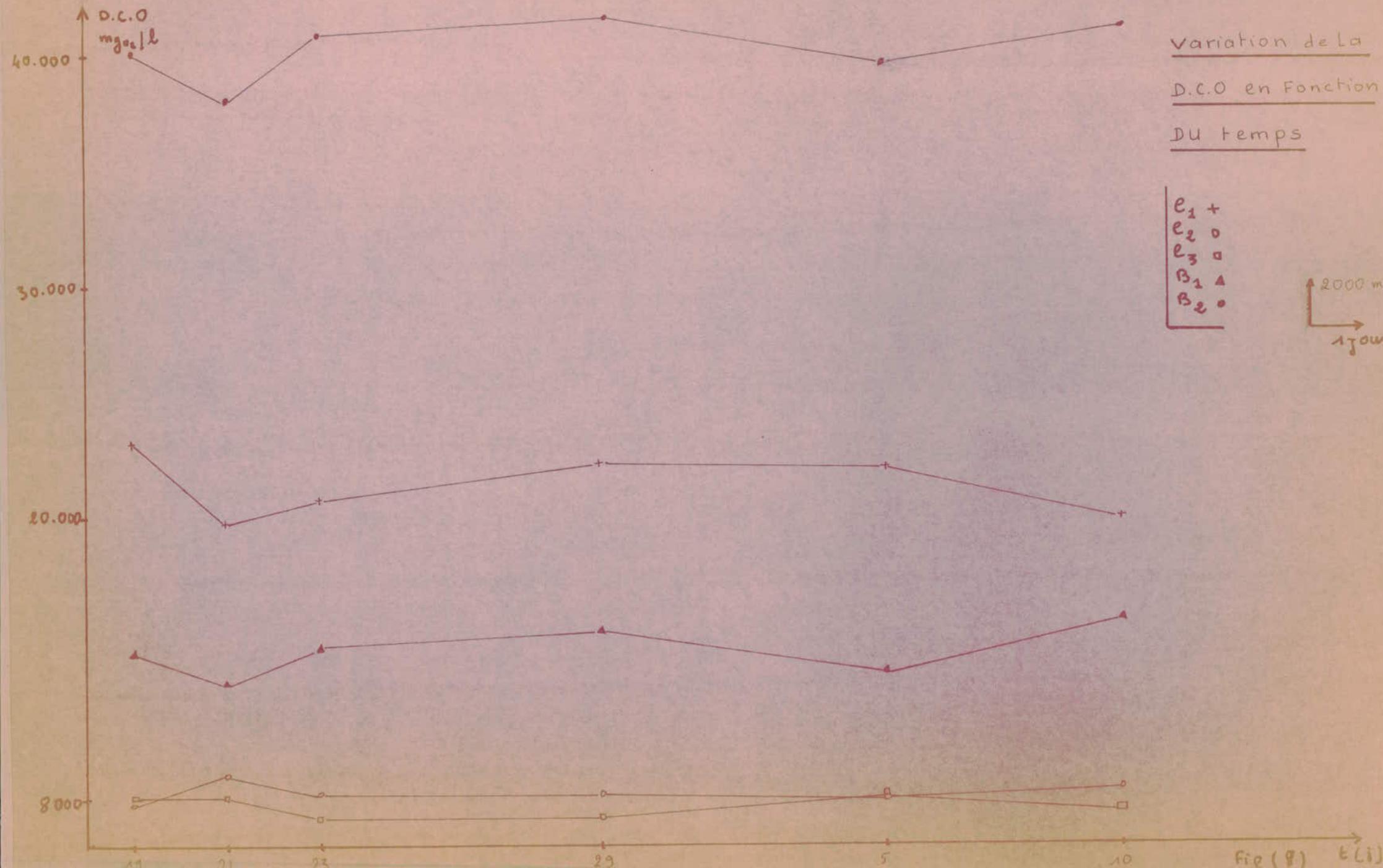
Variation du PH en fonction du temps



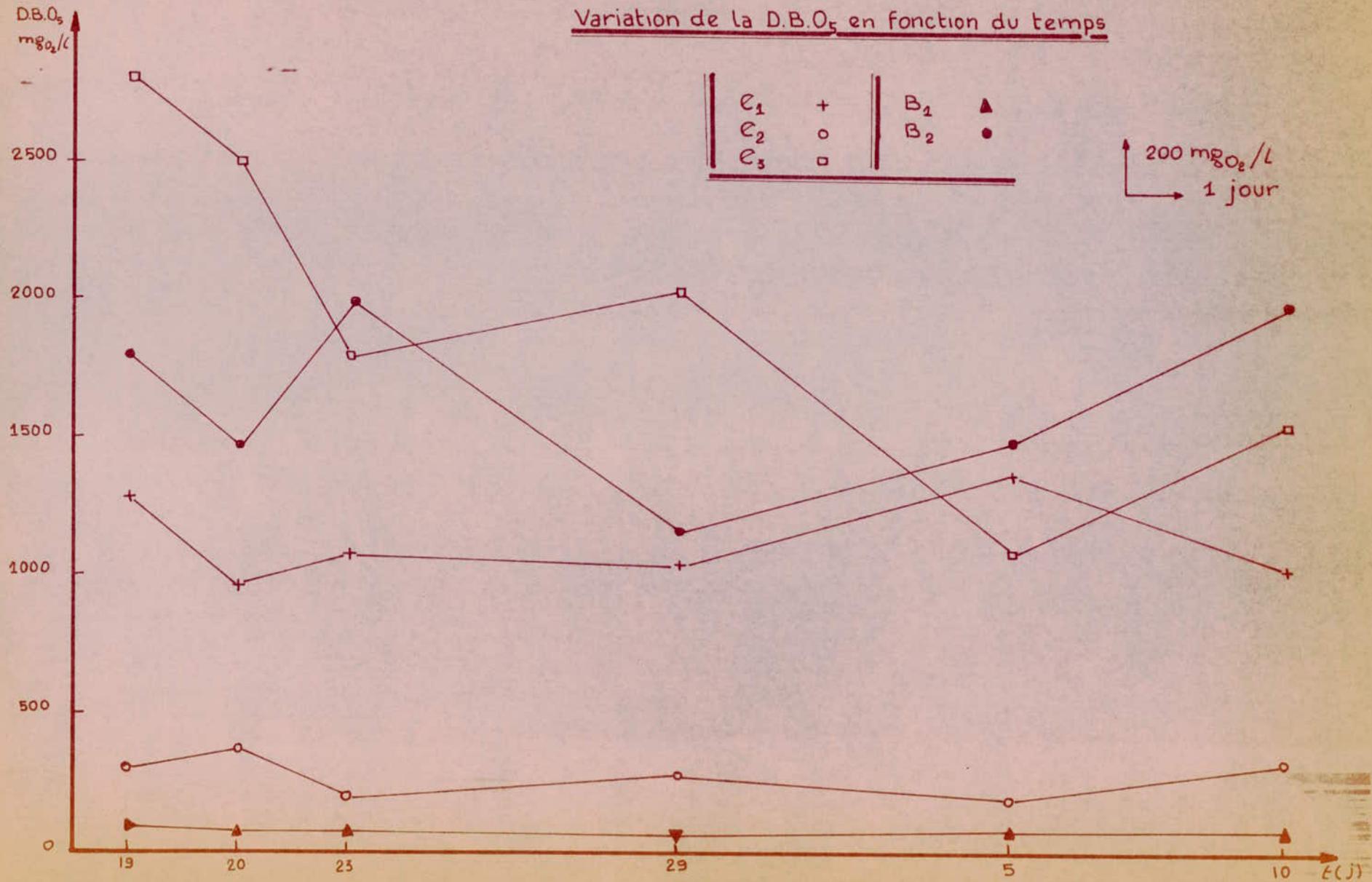
Fig(6) 10 t (J)

variation de la teneur en chlorures en fonction du temps



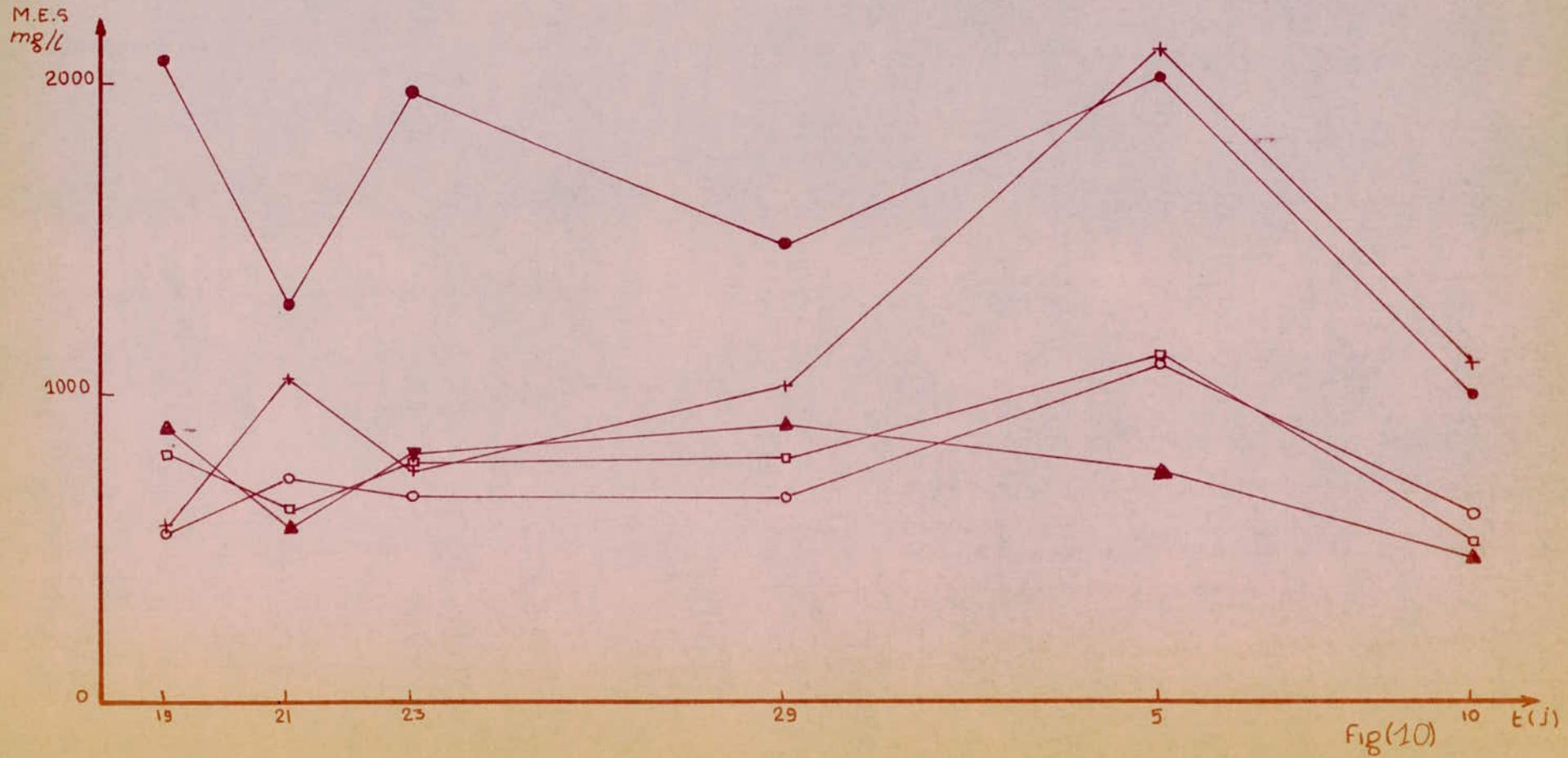
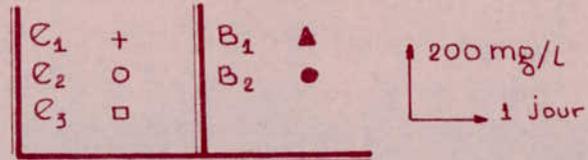


Variation de la D.B.O₅ en fonction du temps



Fig(9)

Variation des M.E.S en fonction du temps



Fig(10)

CHAPITRE IV
oooooooooooooooooooo oo

Application de la coagulation floculation à l'ensemble
des eaux résiduaires de l'unité de Baba Ali.

Introduction :

La coagulation floculation est employée pour le traitement de beaucoup d'eaux résiduaires industrielles, en particulier celles des pâtes et papiers.

Les coagulants les plus efficaces et les doses nécessaires peuvent être déterminés à partir d'essais réalisés en laboratoire - Pour illustrer cela, Eckenfelder /9/ montre l'efficacité de la coagulation sur l'élimination de la coloration et la demande Chimique en oxygène dans les Tableaux 15 et 16. Un traitement d'épuration physico-chimique peut être défini comme étant un traitement permettant l'élimination de matières polluantes non épurées par les procédés biologiques conventionnels (boues activées, lits bactériens, lagunes aérées ect...).

Ces dernières étant des matières colloïdales minérales et organiques en suspension dans les eaux usées, elles peuvent être éliminées par "coagulation-floculation" et ceci en transformant la suspension par des moyens artificiels. Cette transformation est la résultante de deux actions différentes :

- Une destabilisation s'effectuant le plus souvent par addition de réactifs chimiques qui, par des mécanismes d'agrégation annulent les forces répulsives qui agissent sur l'hydrophilie des particules colloïdales,

- Une agglomération des colloïdes "déchargés" résultant de diverses forces d'attraction entre particules mises en contact, d'abord par mouvement brownien jusqu'à l'obtention d'une grosseur de 0,1 μ environ, puis par agitation mécanique extérieure amenant les flocons à une taille suffisante.

Il est d'usage chez les traiteurs d'eau de réserver le terme "coagulation" au phénomène de destabilisation et celui de "floculation" à l'agglomération des colloïdes déchargés.

Les réactifs correspondants sont appelés respectivement coagulants et floculants.

IV. 1-Processus de la coagulation-floculation

Pour expliquer la destabilisation des particules et la formation des floccs,

On a jugé nécessaire d'examiner brièvement l'ensemble des phénomènes élémentaires qui régissent la coagulation.

IV. 1.1 Théorie de Stokes

Lorsqu'une particule solide de rayon r et de densité d_1 se trouve dans un liquide de densité d_2 et de viscosité n et qu'elle est soumise à l'action de la pesanteur g , elle prend une vitesse de sédimentation V , dont la valeur est donnée par la formule suivante,

$$V = \frac{2g r^2 (d_1 - d_2)}{9.n}$$

v étant proportionnelle au carré de r , la taille de la particule jouera un rôle déterminant dans la vitesse de décantation. La sédimentation réside donc dans l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle de l'eau.

Au titre d'illustration le tableau ci-dessous donne quelques vitesses de chute des particules sphériques de densités différentes dans l'eau à 20° C exprimées en temps nécessaire pour parcourir 1 mm suivant la verticale

Durée de Chute suivant Stokes

d'après Gonella /107

Diamètre (μ)	Temps nécessaire pour parcourir 1 m		
	Densité 2,8	Densité 2,0	Densité 1,1
100	0,1 s	0,18 s	2 s
10	10,0 s	18,00 s	3 mn
1	16,00 mn	29,00 mn	4h 50 mn
0,1	28h 42 mn	49h	20 jours

IV. 1.2 Théorie de la double couche électrique

Lorsque la taille des particules diminue, la vitesse de décantation tend vers des valeurs très faibles. Ainsi lorsque le rayon de la particule devient inférieur à une certaine valeur, les suspensions deviennent stables.

Cette stabilisation trouve son origine dans deux types de phénomènes :

- Le mouvement brownien (forte repulsion mutuelle procurée par un potentiel zêta élevé),
- Les effets de surface (adsorption de colloïdes protecteurs lyophiles petits sur de grands colloïdes hydrophobes et adsorption de polymères non ioniques).

" On appelle mouvement brownien, le mouvement des particules en suspension dans un liquide, dû aux chocs désordonnés des molécules du milieu ambiant en proie à l'agitation thermique".

Le mouvement brownien dans une certaine mesure, peut contre casser la décantation d'une particule et l'empêcher de suivre les effets de la pesanteur.

Néanmoins, ce sont les effets de surface qui jouent le rôle le plus important dans cette stabilisation.

Les phénomènes de surface existent toujours à la limite d'une phase solide et d'une phase liquide, mais ils prennent une ampleur déterminante lorsque le rapport surface / volume de la phase solide atteint des valeurs très élevées :

C'est le cas des particules de taille inférieure au micron où des effets électrocinétiques d'adsorption et de solvatation interviennent et modifient les propriétés de la particule.

Aux effets dus à la taille se conjuguent également ceux découlant de la nature de la particule même.

Chaque particule, et plus particulièrement les particules colloïdales dont la taille est d'ordre inférieur au micron, porte à sa surface des charges électriques et induit dans l'eau environnante un certain arrangement des ions et des autres particules qu'elle repousse s'ils sont de même signe.

IV 1.2.1 Théorie de Helmholtz

Si on considère la limite entre une phase solide (S) et une phase liquide (L) aqueuse, on constate que la surface solide est couverte de charges électriques généralement négatives, qui forment une pellicule continue.

L'origine de ces charges varie suivant les cas considérés, mais leur présence est une règle quasi générale.

Cette situation crée un déséquilibre électrique qui tend à être compensé par l'apport de charges positives provenant de la phase liquide. Ces charges se placent face aux charges négatives et dans la théorie initiale de Helmholtz on considèrerait l'équilibre ainsi rétabli. La figure N° 11 permet de mettre en évidence quelques caractéristiques de la particule colloïdale.

Ces charges électriques attirent, électrostatiquement, les ions de charge opposée qui se répartissent en deux couches.

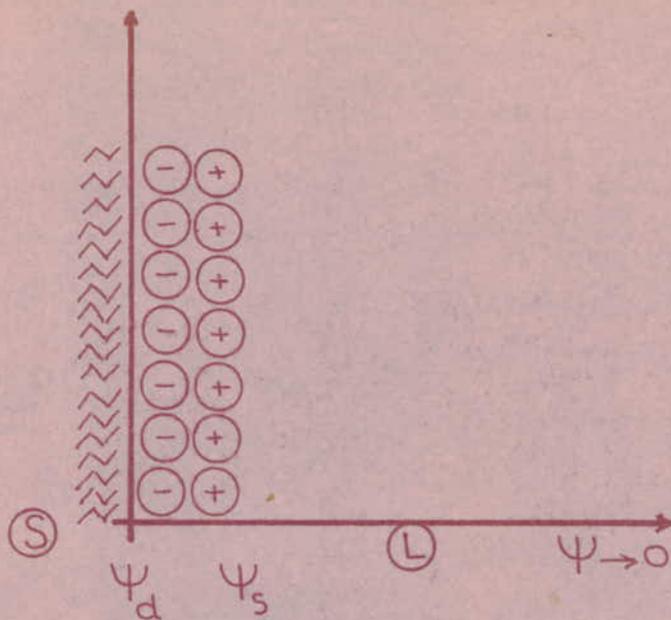
La première est celle où se trouvent les molécules d'eau fortement liées à la particule colloïdale et qui se déplacent par conséquent avec elle (couche d'adsorption).

La seconde constitue une région diffuse où les ions sont, d'une part, attirés électrostatiquement par la particule et, d'autre part tendent à s'écarter librement dans tous les sens sous l'effet de l'agitation thermique.

Si la particule colloïdale elle-même était immobile, les deux effets se compenseraient et la charge électrique globale des deux zones serait finalement nulle. Cependant les particules colloïdales, dont les dimensions sont très faibles, sont elles-mêmes soumises au mouvement brownien et une partie des ions de la zone diffuse est perdue et l'ensemble de la particule et des deux zones prend une charge électrostatique globale non nulle.

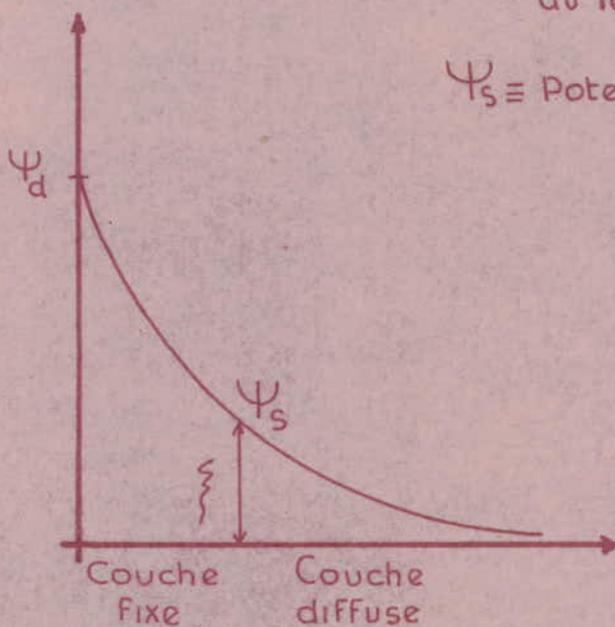
De toute façon, il existe un gradient de concentration ionique dans les deux zones qui se traduit par un gradient de potentiel. Le potentiel régnant à la limite de la couche d'adsorption et de la couche est appelé communément le potentiel zêta, il n'est qu'une fraction du potentiel régnant de surface de la particule;

La figure N° 12 illustre ce phénomène.



$\psi_d \equiv$ Potentiel au niveau du feuillet négatif

$\psi_s \equiv$ Potentiel zéta



CARACTERISTIQUES DE LA PARTICULE COLLOÏDALE

(d'après William A Dréany [2])
Fig(11)

IV. 1.2.2 Théorie de STERN et GOUY-Chapman

En effet l'agitation thermique perturbe la couche positive et la disperse en créant une couche diffuse où il regne une prédominance de charges positives, en excès qui va en diminuant lorsqu'on s'éloigne de la surface vers le coeur de la phase liquide où l'équilibre électrique est obtenu. Cette structure en couche négative de surface, couche fixe et couche diffuse a été élucidée par les travaux de Stern et Gout-Chapman.

Du point de vue électrique, en prenant ψ_d comme potentiel au niveau du plan négatif, on démontre qu'il diminue de façon linéaire jusqu'à la limite du plan fixe positif pour évoluer ensuite vers $\psi_d = 0$ au sein du liquide.

Le potentiel ψ_d est appelé potentiel zêta ou potentiel électro-cinétique car c'est à ce niveau que se fait la séparation entre les molécules qui se déplacent avec la particule sous l'effet d'un champ électrique et celles qui restent au sein de la solution.

Le potentiel zêta est exprimé par la formule suivante :

$$\zeta = \frac{4 \cdot \pi \cdot n \cdot v}{D H}$$

n : Viscosité de la phase liquide

v : Vitesse de la particule

D : Constante d'électrique

H : gradient de potentiel

L'existence de la double couche diffuse, dont ζ permet de mesurer l'importance, explique la stabilisation des particules.

Si l'on représente les forces qui se développent entre deux particules, il se développe des forces de répulsion de nature électrostatique et des forces d'attraction du type van der waals (voir figure N° 13)

La répulsion entre charges de même signe appartenant à des particules

indiqués, empêchent celles-ci de se rapprocher jusqu'à une distance suffisamment faibles pour que les forces de Van Der Waals commencent à agir. Dès lors, l'agglomération étant impossible, les particules demeurent isolées et la sédimentation ne peut se produire du fait de la faible valeur de la vitesse V .

Par contre, si la couche diffuse est détruite, l'agglomération devient possible, la taille des particules résultantes augmente et la vitesse de sédimentation atteint des valeurs suffisantes.

Cela constitue la base des mécanismes de coagulation et de floculation.

La différence entre les forces de répulsion de nature électrostatique et les forces d'attraction du type Van Der Waals, crée une sorte de "barrière potentielle" qu'il faut franchir pour réaliser l'agrégation.

En conclusion, on peut dire que les différents facteurs provoquant la destabilisation sont :

- Les forces d'attraction interparticulaires telles que celles de Van Der Waals.
- Les forces mécaniques dont le mouvement brownien provoquant l'élimination ou la réduction du facteur de stabilité.

IV. 2 Coagulation

La coagulation correspond à la destabilisation de la suspension colloïdale par l'annulation des forces répulsives dues au fait que les particules colloïdales en suspension dans une eau usée sont généralement porteuses à leur superficie de charge électrique de même signe (négatif dans la plupart des cas), elles ont des dimensions qui varient approximativement de 100 \AA à 10μ et sont caractérisées par un potentiel zêta de -15 à -20 mv selon Eckenfelder [9].

La stabilité des suspensions colloïdales est due aux forces de répulsions induites par un potentiel zêta élevé, à l'adsorption de colloïdes protecteurs lyophiles relativement petits sur des colloïdes hydrophiles de plus grande dimension, ou encore à l'adsorption d'un polymère non ionique.

Les particules microscopiques et colloïdales sont stabilisées par la formation de couches électriques, solidaires de la particule; comme ces dernières ont toutes la même charge, elles se repoussent mutuellement et gardent leur individualité.

L'épaisseur de la couche électrique et la densité de charge électrique sont influencées par la concentration et la valence des ions en solution. Par conséquent, la stabilité de la suspension pourra être fortement modifiée par l'ajout d'ions convenablement choisis.

Le potentiel zêta est une mesure de la stabilité du système; il représente le potentiel nécessaire pour franchir la couche d'ions entourant la particule et ainsi la destabiliser. (la signification du potentiel zêta est précisée à la figure N° 14).

La coagulation est réalisée par :

1/ abaissement du potentiel zêta par addition d'un électrolyte cationique fort tel que $Al_2(SO_4)_3$. Celui-ci réduit les forces de répulsion et permet l'action des forces de van der Waals, qui conduisent à l'agglomération des particules,

2/ addition d'un électrolyte cationique et d'un alcali pour former des hydroxydes chargés, du type $Mx(OH)_y^{z+}$. Ces complexes ioniques sont adsorbés par le colloïde en formant une enveloppe,

3/ addition d'un polyelectrolyte cationique en quantité suffisante pour abaisser le potentiel zêta à zéro, les forces d'attraction deviennent effectives et le polyelectrolyte agit alors par pontage mécanique.

Plus la chaîne organique est longue, meilleur est le pontage,

4/ Coagulation mutuelle de polyelectrolytes anioniques et cationiques,

5/ agglomération d'un colloïde négatif avec un polyelectrolyte anionique ou non ionique.

6/ blocage dans des floes d'hydroxyde.

IV. 2.1 Réactifs de coagulation ou coagulants

Les réactifs de coagulation les plus utilisés de nos jours sont :

- Les sels d'alumine, tels que le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$

vendu sous forme de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$;

- Les sels de fer, comme le chlorure ferrique $FeCl_3 \cdot 6H_2O$

le sulfate ferrique $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$.

Ces derniers sont les plus utilisés, car ils ont pour effet d'agir sur la structure de la double couche et tendent à annuler le potentiel zêta, permettant aussi aux forces de van der waals de se manifester.

IV. 2.1.1 Coagulation à l'aide de sulfate d'alumine.

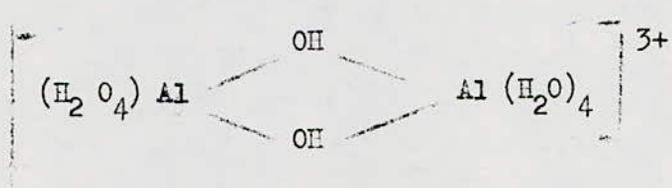
Le sulfate d'alumine réagit comme suit:



Bien entendu, les proportions seront fonction de divers critères, et en particulier le PH, qui joue un rôle fondamental vis à vis de la solubilité des hydroxydes (à PH 4 la solubilité est de 51,3 ng Al/l et à PH 9 la solubilité est de 10,8 ng Al/l)

Ainsi l'hydroxyde d'alumine précipite dans la gamme de PH limitée par 6,5 et 7,5. Au delà de 7,5 il reste dans l'eau de l'aluminate soluble. Al / OH_4^- , au delà de 6,5 il est obtenu l'aluminium ionisé positivement.

Au moment de son introduction dans l'eau à traiter, l'ion Al^{3+} s'hydrolyse pour former des ions complexes dont la forme la plus simple est représentée par la formule :



IV. 2.1.2 Coagulation à l'aide de sels ferriques :

Les sels ferriques réagissent selon les réactions suivantes :



Le floc est chargé positivement en milieu acide, négativement en milieu alcalin. Quant à l'hydroxyde ferrique, sa précipitation est obtenue pour les PH supérieurs à 5,5 et il ne se redissout guère à fort PH

IV 3. Floculation

L'objectif de la floculation est le regroupement des particules colloïdales sous formes de floes séparables de la phase liquide par décantation, elle fait suite à la coagulation en associant des éléments plus gros c'est à dire en fait des agrégats déjà formés par les ensembles de particules.

Elle résulte de diverses forces d'attraction entre particules mises en contact :

On a d'abord, par mouvement brownien l'obtention d'une certaine grosseur des particules, puis par agitation mécanique extérieure, augmentation du nombre de collisions.

On peut utiliser à cet effet des adjuvants ou flocculants qui sont des corps utilisés en quantité sensiblement plus faibles que les réactifs coagulants et qui modifient nettement le comportement de ces derniers en ce qui concerne la rapidité de formation des flocons ; la dimension des flocons, leur densité et leur vitesse de sédimentation.

IV. 3.1 Réactif de floculation ou flocculants :

On peut distinguer les flocculants par leur nature, minérale ou organique.

IV. 3.1.1 Flocculants minéraux

Parmi les flocculants minéraux on distingue :

- Certaines argiles,
- Carbonate de calcium précipité,
- Charbon actif en poudre,
- Sable fin.

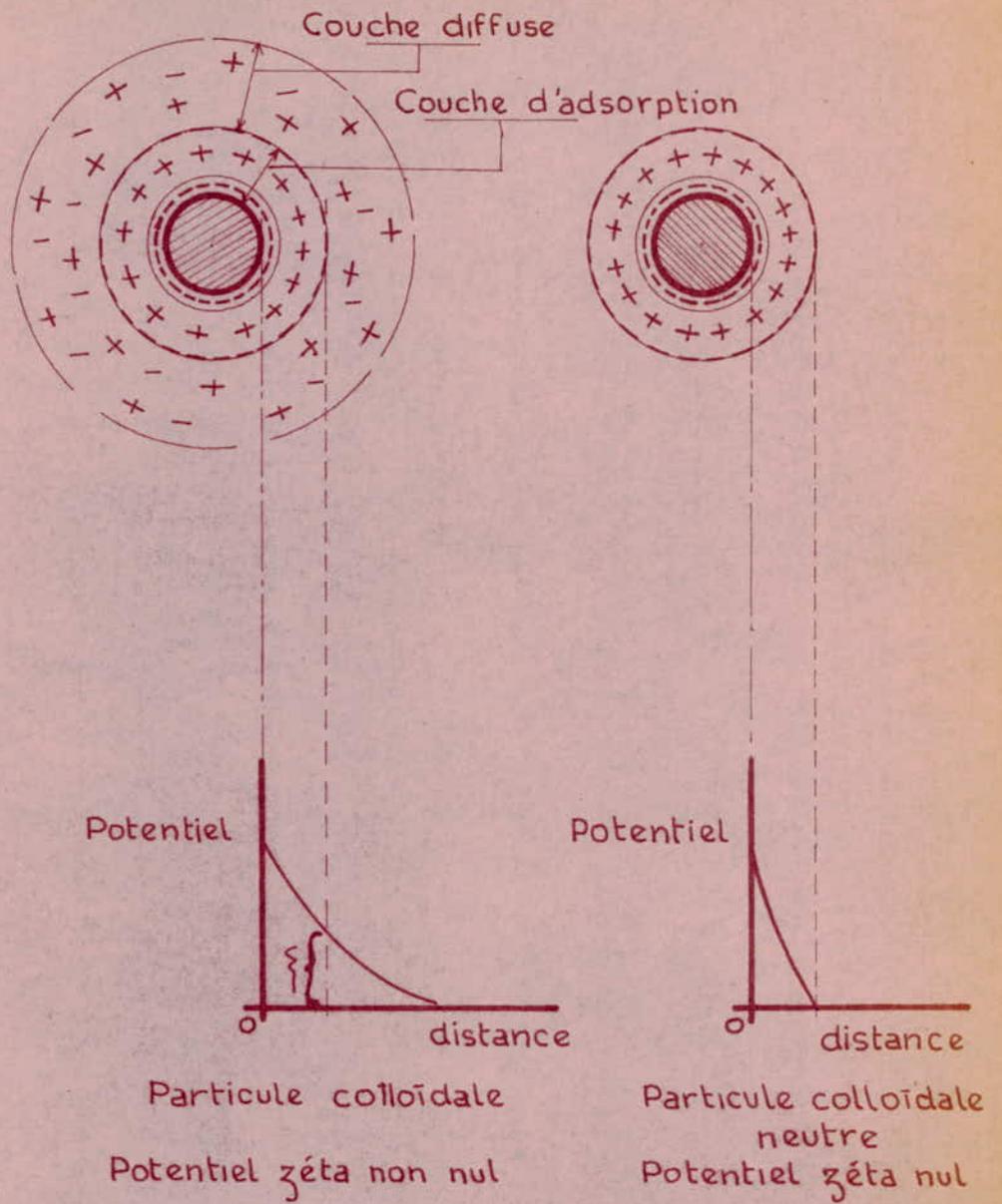
IV. 3.1.2 Flocculants organiques

Parmi les flocculants organiques on distingue :

- Les alginates (extraits d'algues),
- Les amidons (extraits de graines végétales),
- Certaines dérivés de la cellulose,
- Des suspensions de déchets de pain azyne.

La silice activée a été le premier flocculant employé, c'est encore actuellement celui qui peut donner les meilleurs résultats principalement si on utilise conjointement avec du sulfate d'alumine.

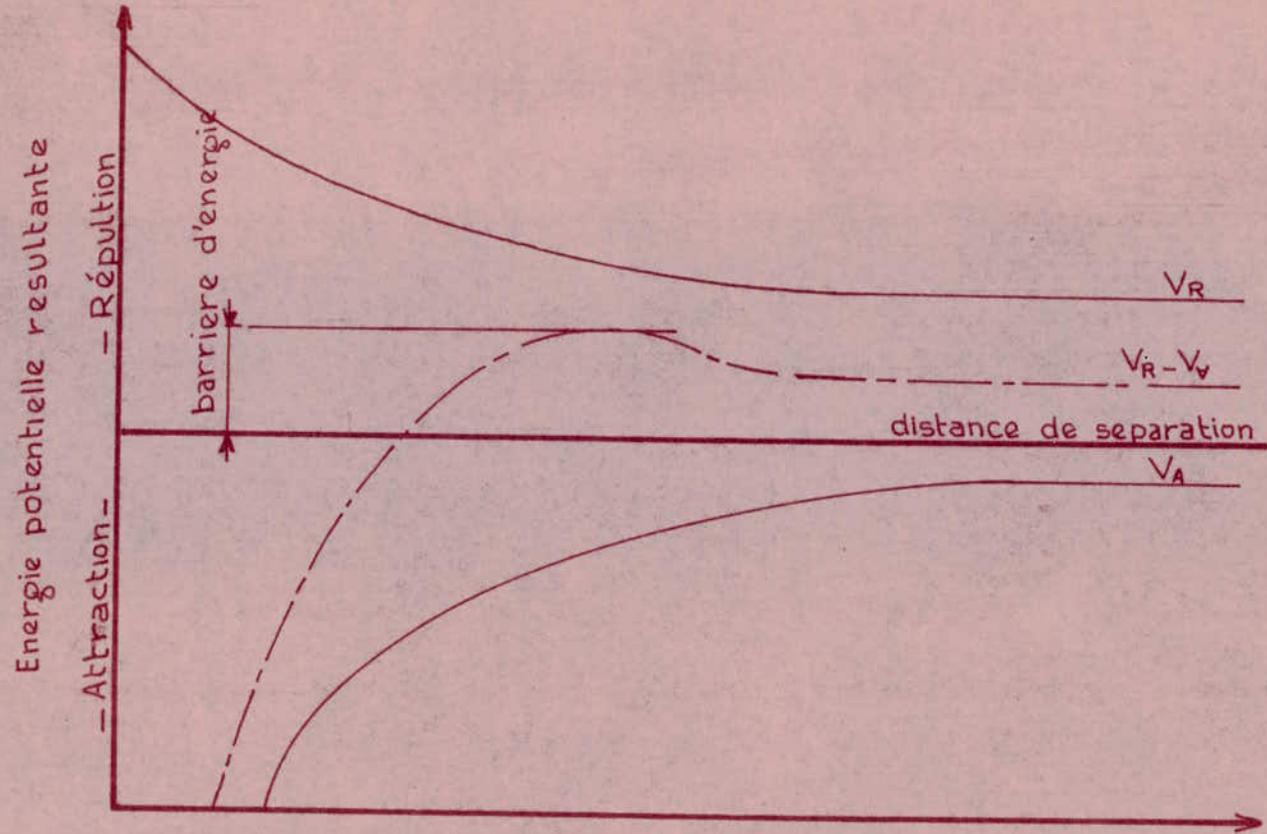
Le mécanisme de la coagulation floculation est illustré par la figure N° 15.



LES COLLOÏDES ET LE POTENTIEL ZÉTA

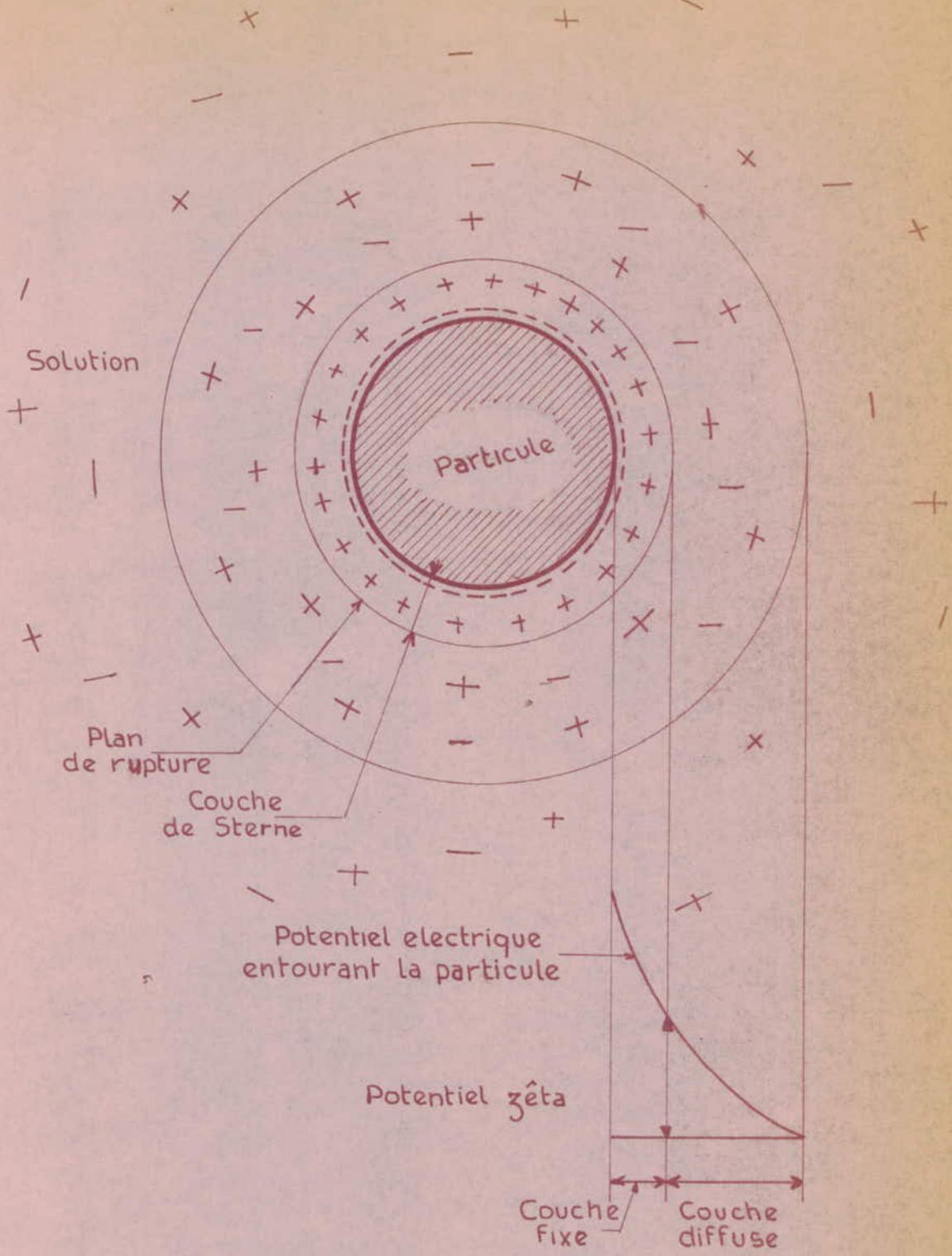
(D'après Gomella) [10]

Fig (12)



Représentation schématique des interactions se développant
entre deux particules selon leur distance de separation

Fig(13)



POTENTIEL ZÊTA

Fig (14)

IV. 4. Cinétique de la coagulation floculation

La coagulation se déroule en deux phases :

La première phase s'appelle la coagulation péricinetique : l'aggrégation des particules est due au mouvement brownien seulement et dépend de la probabilité des chocs mutuels entre les particules.

Les rencontres sont favorisées par la création d'une turbulence modérée.

Au cours du deuxième stade elle s'appelle la coagulation orthocinetique la prolongation de l'agitation lente au-delà de 15 minutes permet d'homogénéiser davantage les dimensions des flocs formés et d'en augmenter la densité. La coagulation, n'est pas causée par le mouvement thermique seulement, mais aussi par des forces externes (la force de pesanteur).

Les phénomènes de la coagulation floculation peuvent se dérouler avec des vitesses différentes :

- La coagulation rapide ou le potentiel zêta est égal à zéro,
- La coagulation lente se déroulant dans les limites du potentiel zêta entre la valeur critique et zéro.

IV. 5. Paramètres de l'eau influençant la coagulation floculation

La coagulation floculation est conditionnée par l'eau à traiter et sa composition, cela nous mène à parler des différents paramètres qui entrent en jeu.

-Le PH qui joue un rôle très important et détermine la nature du coagulant à employer, influe sur la dose procurant un effet donné recherché, influe également sur la quantité résiduelle de coagulant restant dans l'eau après traitement et conditionne la cinétique de la formation des flocons (en bref dans chaque cas donné et pour chaque coagulant il existe un PH optimal ou tout moins des zones de PH optimales;

-Une élévation de température favorise le processus;

-La présence de boue préformée ne joue pas de rôle favorable au premier stade de l'hydrolyse des réactifs et de leur action complexe sur les matières à éliminer ;

-La nature des matières à éliminer joue un rôle très important, les suspensions minérales étant aisément floculées à partir d'un certain seuil minimal dont la valeur n'est pas proportionnelle à la quantité de matières en suspension, par contre les colloïdes organiques, les matières organiques,

la coloration au contraire demandent des quantités importantes de réactifs qui croissent à peu près proportionnellement à la quantité de matières indésirables à extraire;

Les suspensions minérales sont peu solubles à l'emploi de réactifs oxydants alors que l'application de ces derniers et quelque fois indispensables à un stade préliminaire à l'introduction des réactifs de coagulation proprement dits.

IV. 6. Etude expérimentale

Les effluent de la papeterie de Baba-Ali sont caractérisés par une très forte D.C.O et une coloration "noire ". Dans le but d'éliminer cette coloration et de diminuer la charge en D.C.O.

Nous avons opté pour la coagulation floculation qui sera appliquée à la "liqueur noire ", et à l'"ensemble des effluents" ceci à l'échelle du laboratoire.

Une étude de laboratoire, permettant de déterminer les réactifs nécessaire à une bonne coagulation et un bon rendement, a été effectuée lors d'un projet de fin d'études. Nous revoyons à cet effet au travail de N. Ait oumeziane / 13 / qui avait déduit de ses manipulations que le chlorure ferrique le sulfate d'alumine ont conduit à de bons résultats et par conséquent des rendements assez élevés.

Matériel utilisé : L'essai de floculation appelé "Jartest", cherche à reproduire à toute petite échelle des processus complexes de la coagulation et de la coalescence. Cet essai est normalement effectué au moyen d'un flocculateur de laboratoire qui permet de réaliser simultanément cinq essais sur un litre d'eau usée, c'est à dire un mélange rapide pour la déstabilisation et une agitation lente pour la floculation.

Toutes les conditions : types d'agitateurs, temps d'agitation, façon d'introduire le coagulant, Température ect... doivent être rigoureusement identiques.

Pour notre part, nous avons effectué nos essais au moyen d'une agitation magnétique. Ainsi le matériel utilisé était limité à :

- deux béchers de 500 ml,
- deux agitateurs magnétiques.

Pour nos essais de coagulation nous avons utilisé le chlorure ferrique et le sulfate d'alumine.

Mode Opérateur :

- Remplir chaque b cher de 500 ml à traiter,
- Ajouter le chlorure ferrique ou le sulfate d'alumine sous une agitation rapide pendant 3 mn,
- Ensuite laisser le tout pendant 15 mn sous agitation lente,
- Enfin, laisser décanter pendant 20 mn,
- Prelever un certain volume du surnageant pour effectuer les dosages des paramètres de pollution retenus.

Nous avons suivi systématiquement la D.C.O et la densité optique (D.O). La méthode de mesure de la D.C.O a été déjà d crit  au chapitre III quant à la densité optique, elle a été déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 720 nm / 8 /.

IV. 6.1 Interpretation des résultats :

Les résultats d'essai sont donnée les tableaux 17 à 20 et illustrés par les figures 16 à 19.

IV. 6.1.1 Liqueurs noirs

Nous avons utilisé des doses en $FeCl_3$ et $Al_2(SO_4)_3$ de 2000, 3000, 4000 5000, et 6000 P.P.m.

Nous avons constaté que pour les concentrations de 5000 et 6000 ppm, les flocons étaient plus volumineux, par conséquent la décantation était mieux marquée d'ou clarification du surnageant meilleur que les trois autres concentrations et ceci est valable pour les deux coagulants.

Un examen rapide des résultats bruts portés dans les tableaux 17 et 18 permet de conclure que l'efficacité d'élimination de la D.C.O augmente avec la dose de coagulant ; ceci, aussi bien dans le cas de $FeCl_3$ que de $Al_2(SO_4)_3$.

En effet à une dose de 6g/l les teneurs résiduelles en D.C.O sont de 2880 mg O_2 /l et 4800 mg O_2 /l respectivement pour $FeCl_3$ et $Al_2(SO_4)_3$ par rapport à ce qu'elle était pour l'échantillon brut (la D.C.O avant coagulation était de 19.600 mg O_2 /l.

Ainsi que cette dose l'efficacité d'élimination de la D.C.O était respectivement de 85,30 % et 75,5 %.

Nous constatons aussi que les courbes obtenues c'est à dire $\text{Eff} / \text{D.C.O.} = F \cdot \text{C.C en FeCl}_3$ et $\text{Eff} / \text{D.C.O} = F \cdot \text{C.C en Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ont a peu près la même allure et entre elles, il ya un écart d'environ 10 %.

Quant à l'élimination de la coloration noirâtre, le chlorure ferrique conduit a de meilleurs resultats que le sulfate d'alumine et ceci toujours pour les fortes concentration en coagulant.

Nous remarquons aussi d'après les résultats obtenus que l'efficacité d'élimination de la coloration noirâtre augmente avec la dose de coagulant ; ceci, aussi bien dans le cas de Fe Cl_3 que de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

- Pour la dose de 5g/l l'efficacité d'élimination de la coloration est de 80,50 % pour FeCl_3 et de 75,20 % pour $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$,

- Pour la dose de 6g/l elle est de 86,20 % pour FeCl_3 et de 79,20 % pour $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Les courbes obtenues $\text{Eff} / \text{D.O} = F \cdot \text{C.C en FeCl}_3$ et $\text{Eff} / \text{D.O} = F \cdot \text{C.C en Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ont a peu près la même allure, avec un écart entre elles d'environ 8 %.

N.B/

D.O : signifie la densité optique

C.C : signifie la concentration en coagulant.

IV. 6.1.1.1 Conclusion

D'après les résultats obtenus, nous pouvons déduire que le chlorure ferrique peut-être considéré comme étant le coagulant le plus efficace vu qu'il élimine 85,30% de la D.C.O et 86,20 % de la coloration à une dose de 6g/l. Nous pouvons dire aussi qu'a cette même dose le sulfate d'alumine conduit quant à des résultats satisfaisantes vu que l'efficacité d'élimination est de 75,5 % pour la D.C.O et 79,18 % pour la coloration.

Pour le traitement des liqueurs noires " de l'unité de Baba-Ali, nous recommandons l'utilisation de $Al_2(SO_4)_3$ à une dose de 6g/l. Ce choix s'explique par les considérations suivantes :

- Prix de revient plus faible que celui du chlorure ferrique,
- Rendements d'élimination acceptables,
- et surtout disponibilité au niveau de l'unité, vu que ce réactif est aussi utilisé comme agent de recouvrement pour la fabrication du papier.

IV. 6.1.2 Ensemble des eaux résiduaires de l'unité :

Nous avons réalisé un essai sur un échantillon mixte regroupant toutes les eaux usées de l'unité. Le mélange a été effectué dans des proportions bien déterminées, tenant compte du fait que les débits ne sont pas les mêmes pour les différents rejets à savoir e_1 , e_2 , et e_3 .

D'après les informations recueillies au sein de l'unité, ces débits sont évalués à :

$$e_1 = 5487 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$e_2 = 2082 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$e_3 = 2500 \text{ m}^3/\text{j}$$

Les proportions pour l'échantillon mixte ont été de 5,5 l d'eau usée de e_1 ; 2l de e_2 et 2,5 l de e_3

L'opération de coagulation floculation a été réalisée dans les mêmes conditions que les liqueurs noires.

Interprétation des résultats :

Les résultats sont donnés dans les tableaux 19 et 20 illustrés par les figures 18 et 19.

Nous avons choisi les mêmes doses en coagulant pour $FeCl_3$ et $Al_2(SO_4)_3$

C'est à dire (2000, 3000, 4000, 5000, et 6000 p.p.m) que la "liqueur noire", car celle-ci représente la pollution la plus importante dans cet échantillon.

Nous constatons d'après les tableaux que les bons rendements aussi bien pour la D.C.O. que pour la densité optique sont obtenus pour les fortes doses en coagulant (FeCl_3 et Al_2SO_4).

En effets à la dose de 6g/l les teneurs résiduelles en D.C.O sont de 3200 ng O_2 /l et 5836 ng O_2 /l respectivement pour le chlorure ferrique et le sulfate d'alumine. Ainsi les rendements respectifs sont 84,50 % et 71,72 % (la D.C.O avant coagulation était de 20.600 ng O_2 /l).

Nous remarquons d'après ces rendements que le chlorure ferrique agit mieux que le sulfate d'alumine pour l'ensemble des eaux résiduaires de l'unité vu qu'il y a une différence d'efficacité d'élimination de 12 % pour la même dose

Les courbes qui représentent $\text{Eff} [\text{D.C.O}] = F [\text{C.C en Fe Cl}_3]$ et $\text{Eff} [\text{D.C.O}] = F [\text{C.C en Al}_2(\text{SO}_4)_3]$, ont une allure à peu près identique.

Quant à la densité optique, cette même dose en coagulant conduit à l'élimination de 86,12 % de la coloration pour Fe Cl_3 et à 77,83 % pour $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Par contre nous avons remarqué que pour les autres doses en coagulant c'est à dire 2000, 3000, 4000, et 5000 ppm, les D.C.O résiduelles étaient assez élevées.

IV. 6.1.2.1 Conclusion

D'après les résultats obtenus nous pouvons déduire que le chlorure ferrique conduit à une meilleure efficacité d'élimination de la D.C.O et de la coloration que le sulfate d'alumine, vu que pour 6 g/l les teneurs résiduelles en D.C.O sont de 3200 ng O_2 /l pour FeCl_3 et 5836 ng O_2 /l pour $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Donc, pour le traitement de l'ensemble des eaux résiduaires de l'unité de Baba-Ali, nous recommandons l'utilisation de FeCl_3 à une dose de 6g/l.

Ce choix s'explique par les considérations suivants :

- efficacité d'élimination, sachant qu'il élimine 85 % de la D.C.O et 85 % de la coloration en même temps,
- donne peu de déchets solides (boues obtenues après la décantation) que le sulfate d'alumine,

Les floccs d'hydroxide ferrique se forment plus vite que les floccs d'hydroxyde d'alumine,

- Enfin, les floccs d'hydroxyde ferrique d'écantent plus vite que les floccs d'hydroxyde d'alumine.

IV. 6.2 CONCLUSION

Nous recommandons l'utilisation de FeCl_3 à une dose de 6 g/l, et d'appliquer la coagulation - floculation à l'ensemble des effluents de cette unité, que de l'appliquer aux " liqueurs noires " seulement. Vu qu'à la dose de 6 g/l la teneur résiduelle en D.C.O pour l'ensemble des effluents est presque la même que celle des "liqueurs noires" pour un volume deux fois plus grand.

TABLEAU 17
oooooooooooooooooooo

Concentration en coagulant(ng/l)	D.C.O ng O ₂ /l	R %	D.O	R %
2000	7.520	61,60	0,300	51,20
3000	5.600	74,40	0,250	59,40
4000	4960	74,70	0,150	74,60
5000	3.380	80,20	0,120	80,50
6000	2.880	85,30	0,085	86,20

D.C.O avant coagulation : 19.600 ng O₂/l

D.O avant coagulation : 0,615

Résultats d'analyses obtenus par

utilisation du coagulant Fe cl₃

TABLEAU 18
oooooooooooooooooooooooooooo

Concentration en coagulant (mg/l)	D.C.O ng O ₂ /l	R %	D.O	R %
2000	11.200	42,85	0,561	41,30
3000	9.700	50,50	0,293	52,35
4000	8.400	57,14	0,180	70,73
5000	6720	65,70	0,153	75,20
6000	4800	75,50	0,128	79,18

D.C.O avant coagulation : 19.600 Mg O₂/l

D.O avant coagulation : 0,615

Résultats d'analyses obtenus : par

Utilisation du coagulant Al₂(SO₄)₃

T A B L E A U 19
oooooooooooooooooooooooooooo

Concentration en coagulant mg /l	D.C.O mg O ₂ /l	R %	D.O	R %
2000	7680	62,7	0,296	50,00
3000	5280	74,4	0,248	58,03
4000	4480	78,0	0,144	75,63
5000	3840	81,0	0,117	80,20
6000	3200	84,5	0,082	86,12

D.C.O avant coagulation : 20.600 mg O₂/l

D.O avant coagulation : 0,591

Résultats d'analyses obtenus par

utilisation du coagulant FeCl₃

T A B L E A U 20
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

concentration en coagulant mg/l	D.C.O mg O ₂ /l	R %	D.O	R %
2000	9.984	51,50	0,351	40,60
3000	8.601	58,20	0,298	49,60
4000	7.680	62,70	0,191	67,70
5000	6.880	66,70	0,148	74,95
6000	5.836	71,72	0,131	77,83

D.C.O avant coagulation 20.600 mg O₂/l

D.O avant coagulation 0,591

Résultats d'analyses obtenus par

utilisation du coagulant Al₂(SO₄)₃

T A B L E A U N^o 1 5

Réactif	Dosage (mg/l)	P H	C O M M E N T A I R E S
chaux	150-500	9-11	Coagulation des colloïdes et élimination du phosphore, eaux usées à faible alcalinité teneur élevée et variable en P
Alumine [Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O]	75-250	4-7	Coagulation des colloïdes et élimination du P. eaux usées à alcalinité élevée et faible teneur en P
FeCl ₃ , FeCl ₂	35 -150	4-7	Applications identiques à celle de l'alumine l'orsque le passage inévitable du fer dans l'effluent est toléré ou peut-être contrôlé lorsqu'il existe une source économique de sel de fer.
FE SO ₄ , 7H ₂ O	70 -200	4-7	
Polyelectrolytes cationiques	2-5	Pas de variation	Coagulation ou adjuvant de coagulation utilisé en même temps que les sels précités: utilisés lorsque l'accumulation de réactifs chimiques inertes est à éviter.

APPLICATION DES REACTIFS DE COAGULATION

[SELON W WECKENFELDER] [9]

ELIMINATION DE LA COLORATION D'EAUX USEES DE L'INDUSTRIE

DES PATES A PAPIER (D'APRES M.G.OLTHOF) [11]

Station	Coagulant	Dose (mg/l)	P H	Coloration		D.C.O.	
				E. Brute	% Eliminé	E.Brute (mg/l)	%Eliminé
1	Fe ₂ (SO ₄) ₃	500	35-45	2250	92	776	60
	Alum (1)	400	4-5		92		53
	chaux	1500	--		92		38
2	Fe(SO ₄) ₃	275	35-45	1470	91	480	53
	Alum(1)	250	45-55		93		48
	chaux	1000	-		85		45
3	Fe ₂ (SO ₄) ₃	250	45-55	940	85	468	53
	Alum(1)	250	50-65		91		44
	chaux	1000	-		85		40

(1) Al₂(SO₄)₃ , 18 H 2O

(2) Unité pt - co

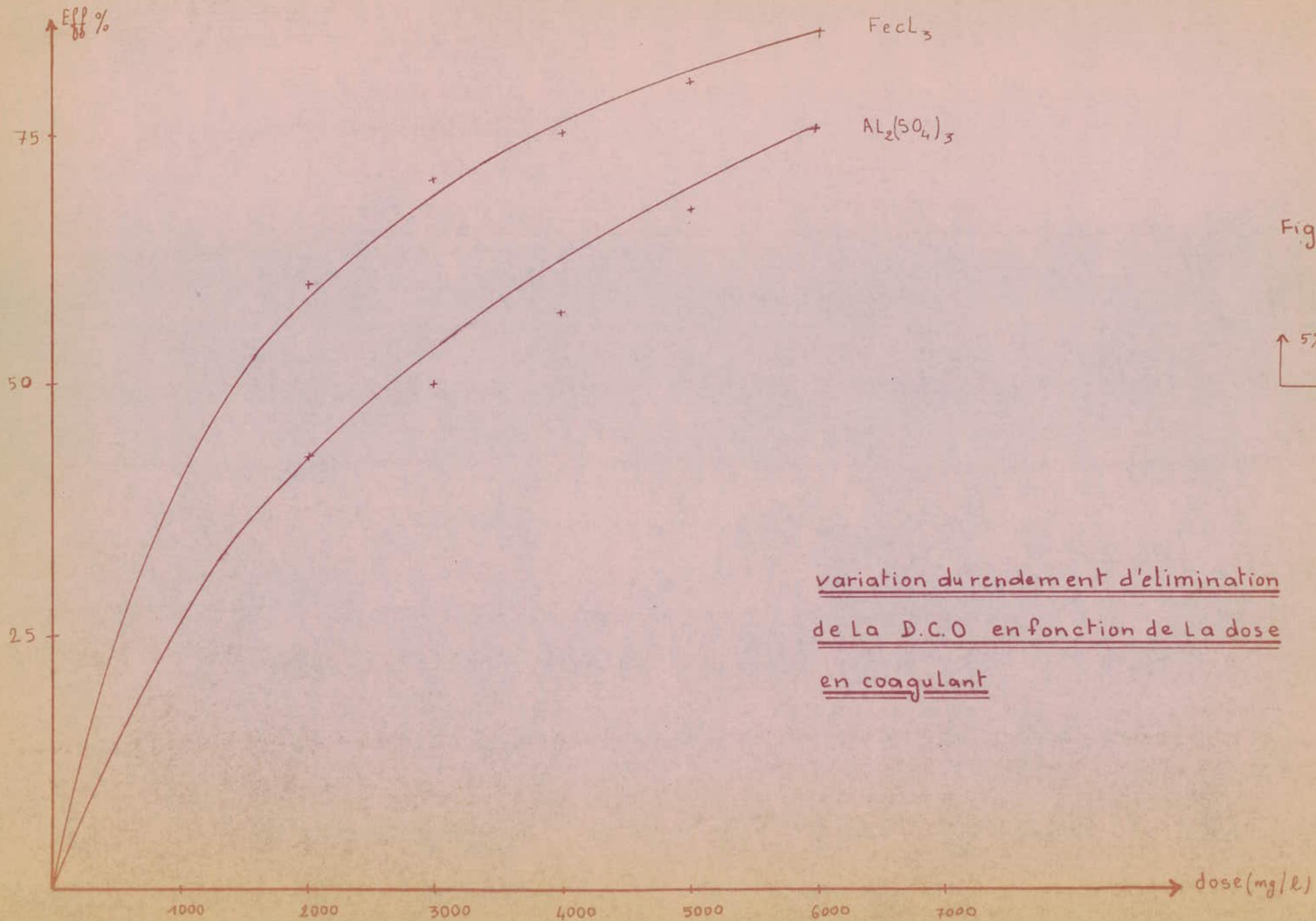


Fig 16

5%
400 mg/l

variation du rendement d'élimination
de La D.C.O en fonction de La dose
en coagulant

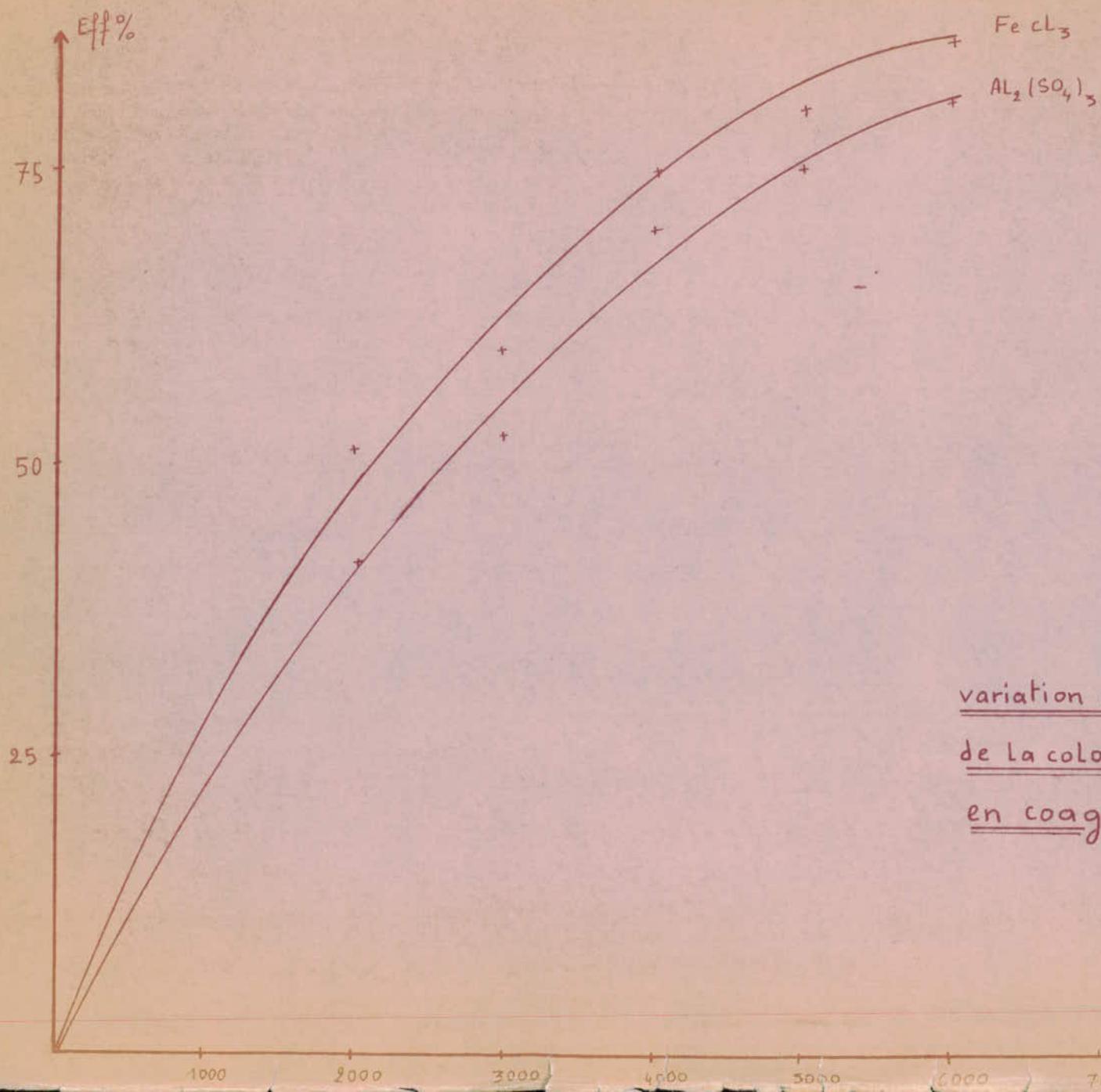


Fig 17

5%
400 mg/l

variation du rendement d'élimination
de la coloration en fonction de la dose
en coagulant

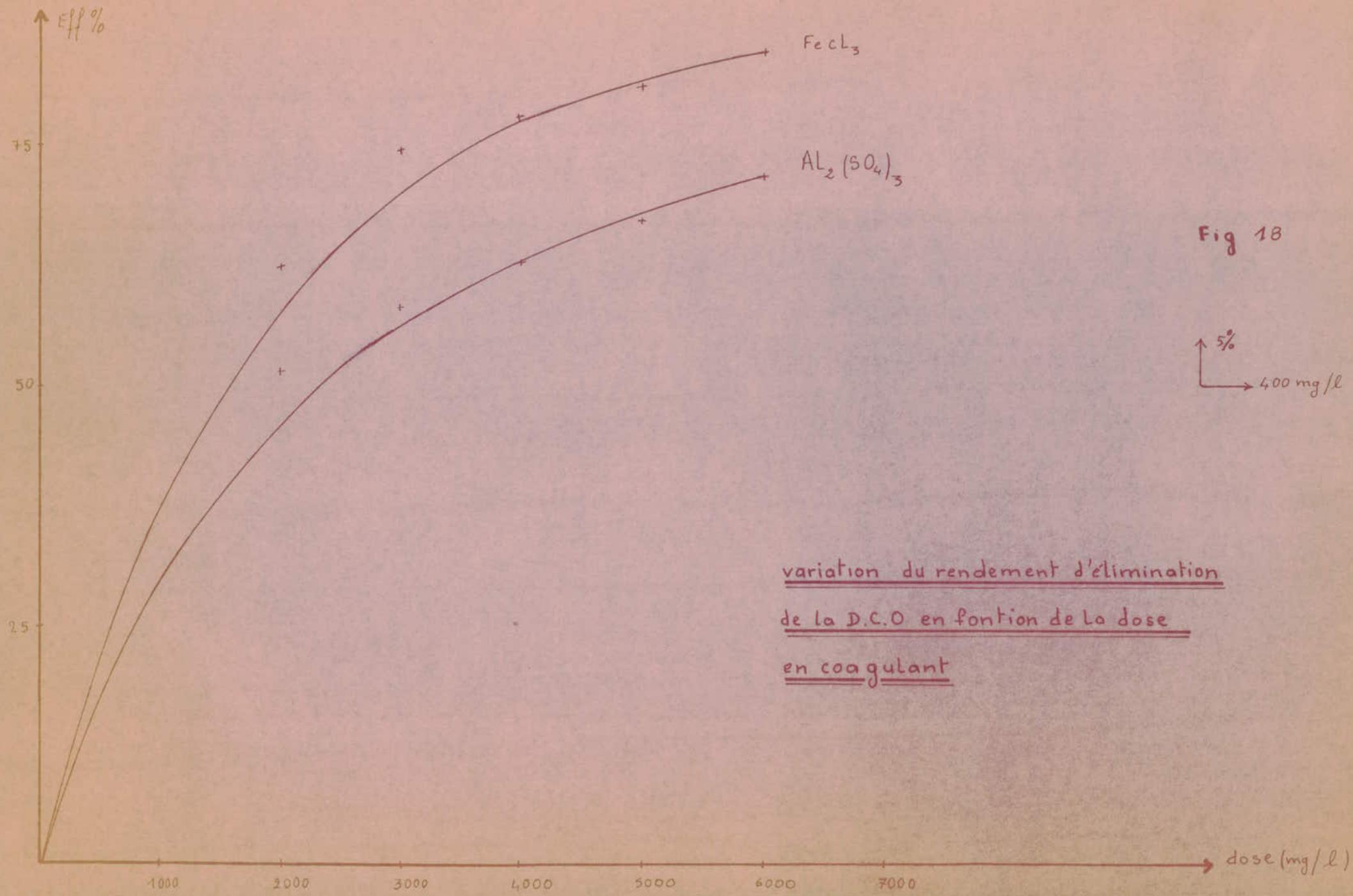


Fig 18

variation du rendement d'élimination
de la D.C.O en fonction de la dose
en coagulant

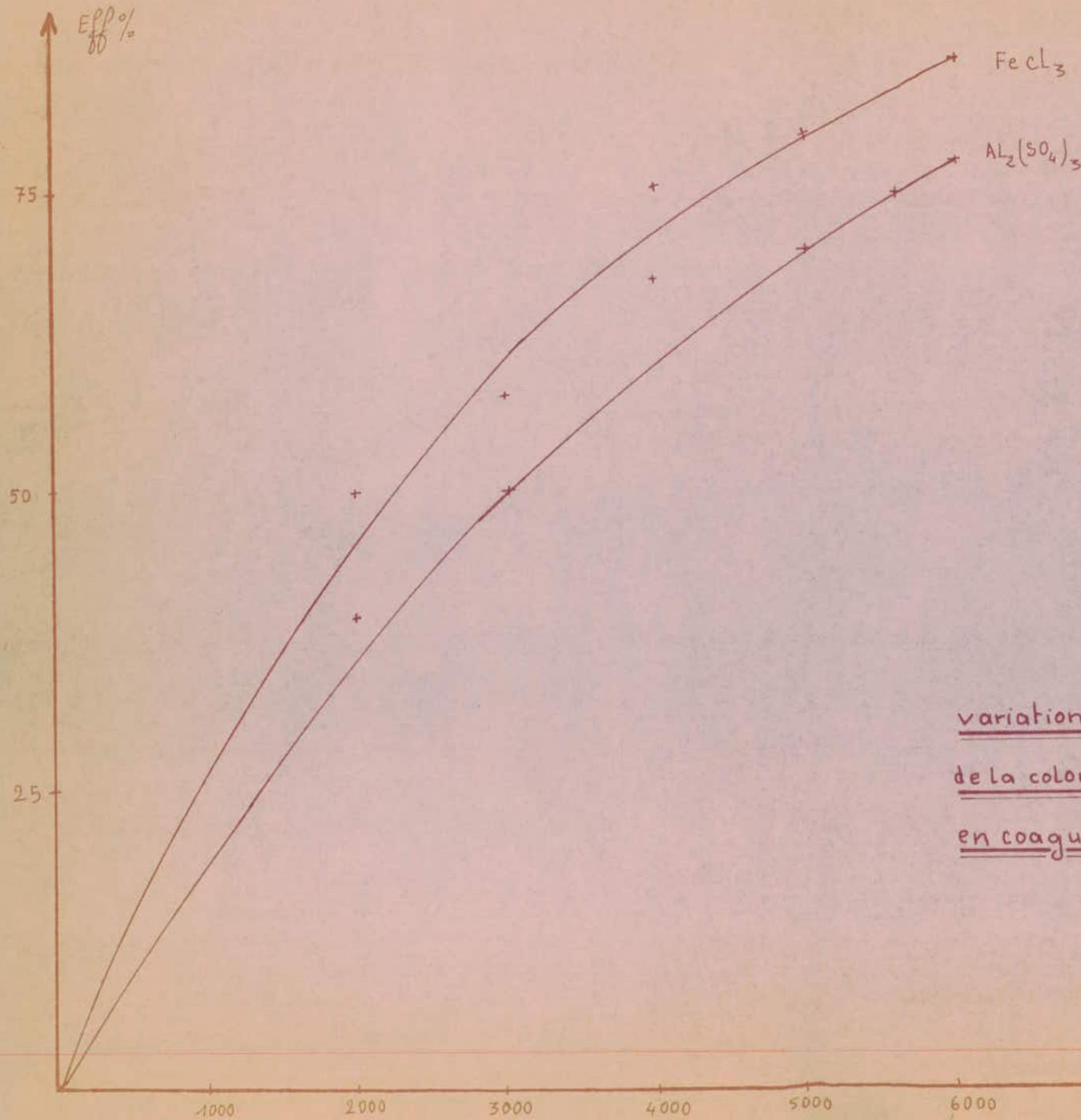


Fig 19

5%
400 mg/l

variation du rendement d'élimination
de la coloration en fonction de la dose
en coagulant

CHAPITRE V

DIMENTIONNEMENT PARTIEL DE LA STATION D'EPURATION

MODE DE TRAITEMENT ADOPTE

La nature des eaux résiduaires rejetées par l'unité SONIC de Baba-Ali nous permet d'opter pour un traitement physico-chimique en phase initiale, Suivi d'un traitement biologique. Malheureusement, l'indisponibilité de moyens matériels adéquats ainsi que le manque de temps ne nous ont pas permis de déterminer les données de base, d'appliquer et de dimensionner un procédé de traitement biologique.

V.1 PRETRAITEMENTS

L'usine dispose d'un poste de prétraitement en l'occurrence le tamissage, auquel nous proposerons d'ajouter le dégrillage mécanique moyen.

V.2 TRAITEMENT PHYSIQUE

Celui - ci consiste en une décantation primaire des eaux brutes; Ce traitement est indispensable puisqu'il permet d'éliminer les plus grosses particules, ce qui évitera :

- l'obstruction de canalisation,
- l'abrasion de pompes ou d'organes de mesure,
- l'usure prématurée de matériels divers.

Généralement, on distingue deux types de décanteurs :

.../...

- Les décanteurs classiques qui sont constitués par des bassins dans lesquels l'eau circule continuellement,
- Les décanteurs statiques qui sont utilisés dans de petites unités d'épuration; l'eau usée séjourne dans le bassin quelques heures puis elle est évacuée par une tubulure située à un niveau supérieur à celui des boues déposées.

Ces boues retenues sont évacuées soit manuellement ou mécaniquement au moyen d'une pompe de vidange.

Suivant le sens de la circulation on distingue :

- les décanteurs à circulation horizontale,
- les décanteurs à circulation verticale.

V.2.1 LES DECANTEURS A CIRCULATION HORIZONTALE

a) Bassins rectangulaires :

Dans ces ouvrages, l'eau circule dans le sens de la longueur.

Habituellement le rapport entre la profondeur d'eau moyenne et longueur du bassin est 1: 20 à 1: 35.

La vitesse maximale de la circulation d'eau est de 0,05 m/s.

Il est très important d'atteindre la circulation sans tourbillons.

Ce qui nécessite une construction spéciale de l'entrée et de sa sortie de l'eau afin de la répartir uniformément sur toute la largeur du bassin.

Il existe des bassins rectangulaires simples, à tremis et avec racloirs mécaniques de boues.

- Bassins simples : ils sont constitués par des parois verticales ou inclinées vers la sortie. Il est utile de concevoir au milieu une rigole à boues.

...†...

- bassins à trémis : Ce sont des bassins rectangulaires dont le fond est décomposé en un certain nombre de trémis. Les boues sont évacuées par les tuyaux sous pression hydrostatique.

- bassins avec racloirs mécaniques : Le fond de ces bassins est plat, en pente ascendante vers la sortie. Les racloirs rassemblent les boues et les transportent dans une rigole où elles sont pompées ou évacuées par pression hydrostatique. La largeur de ces types de bassins est limitée par les possibilités de constructions de ponts râcleurs.

b/ bassins circulaires : L'eau est amenée par une conduite au centre du bassin, d'où elle s'écoule vers le bord.

On distingue :

- Les bassins circulaires avec évacuateurs mécaniques de boues, le fond de ces bassins est construit en pente vers le centre.

- Les bassins à double étage : Ce type de bassin est utilisé pour les eaux usées ménagères pour de petites agglomérations. La zone de décantation présente à son fond des plans fortement inclinés l'un vers l'autre et laissant entre eux une brèche ou compartiment à boues située au dessous. Ce compartiment a une capacité suffisante pour permettre la digestion des boues.

IV. 2.2 Les décanteurs à circulation verticale

Pour plusieurs types d'eaux résiduelles industrielles, on utilise les décanteurs à circulation verticale ascendante ou descendante.

L'eau arrive par le cylindre central et sort par les bords.

La vitesse dans le cylindre d'amenée ne doit pas dépasser 0,1 m/s.

IV. 3. Traitement physico-chimique

L'opération de coagulation floculation se déroule en trois phases

- phase de coagulation péricinétique,
- phase de coagulation orthocinétique,
- phase de décantation et évacuation des boues.

IV. 3.1 Coagulation péricinétique

Celle-ci, a lieu dans un bassin où l'eau à traiter est mélangée avec le coagulant, la vitesse de coagulation peut-être augmentée par un brassage intensif de ceux à trois minutes, pour obtenir des conditions de turbulence afin de favoriser la destabilisation des colloïdes.

La régulation du PH peut-être faite au niveau de la pompe ou dans la tuyauterie d'amenée avant l'addition du coagulant.

V. 3.2 Coagulation orthocinétique

Elle dure vingt minutes environ, et ne doit pas se dérouler dans des conditions faibles de turbulence.

Pour favoriser la floculation, un brassage lent de l'eau avec les flocons est nécessaire afin de ne pas briser les flocs déjà formés et d'assurer aussi leur grossissement progressif.

V. 3.3 Technologie des flocculateurs:

Selon le type d'agitation, on distingue plusieurs types d'appareils:

- flocculateurs mécaniques,
- flocculateurs à aération diffusée,
- réacteur à contact de boues
- chambres à chicane

Type d'appareil	Agitation
Flocculateurs mécaniques	Mouvement de pâles tournantes ou hélices à axe horizontal ou vertical et à cadence alternée.
Chambres à chicanes	écoulement turbulent
flocculateurs à aération diffusée	injection d'air à la base du réacteur
Réacteur à contact de boues	écoulement à travers un lit fluidisé de flocons et compartiment séparé d'agitation de boues

IV. 4. Description et dimensionnement de l'installation

V. 4.1 Dégrillage

Le but du dégrillage est de débarrasser l'effluent des matières les volumineuses. On adopte en général une vitesse moyenne de passage entre barreaux, comprise entre 0,6 et 1 m/s.

Pour éviter les inondations, lors de l'engorgement de la grille par des pluies soudaines, où par un manquement inattentif, chaque grille doit être équipée d'un by-pass.

Les eaux résiduaires de l'usine seront acheminées par un égout principal jusqu'au poste de dégrillage.

Nous optons pour un dégrillage mécanique moyen dont l'écartement des barreaux est compris entre 10 et 25 mm.

données de base :

$$Q = 10.069 \text{ m}^3/\text{j} = 420 \text{ m}^3/\text{h} = 1,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

en général, en pratique on prends $v = 1 \text{ m/s}$

la section de la grille sera de :

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{0,116}{1} = 0,116 \text{ m}^2$$

Nous choisissons une hauteur maximum d'eau de 0,30 m donc la largeur de la grille sera donnée par:

$$l = \frac{S \cdot \sin \alpha}{(1-B) l_{\text{max}} \cdot \xi}$$

1 - B = coefficient du vide

ξ = coefficient de colmatage $\left\{ \begin{array}{l} \xi = 0,25 - 0,30 \text{ pour une grille manuelle} \\ \xi = 0,5 \text{ pour une grille mécanique} \end{array} \right.$

$$1 - B = 1 - \frac{\text{épaisseur des barreaux}}{\text{espacement} + \text{épaisseur}}$$

espacement entre barreaux : 25 mm

épaisseur des barreaux : 20 mm

$$\text{d'où } 1 - B = 1 - \frac{20}{20 + 25} = 0,55$$

finalement la largeur de la grille sera de :

$$l = \frac{S \cdot \sin \alpha}{(1 - B) l_{\max}} = \frac{0,116 \cdot \sin 60}{0,30 \cdot 0,55; 0,5} = 1,20 \text{ m}$$

α étant l'angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale, compris entre 60° et 80° ; On choisit $\alpha = 60^\circ$

La longueur maximale mouillée sera de :

$$L = \frac{l_{\max}}{\sin 60} = \frac{0,30}{0,86} = 0,35 \text{ m}$$

Caractéristiques de la grille :

section $0,116 \text{ m}^2$

Largeur $1,20 \text{ m}$

longueur mouillée $0,40 \text{ m}$

I. 4.2 Décanteur primaire

Nous optons pour un bassin circulaire.

Données de base :

$$Q = 10.069 \text{ m}^3/\text{j} = 0,116 \text{ m}^3/\text{s} = 420 \text{ m}^3/\text{h}$$

nous nous fixons un temps de séjour $t_s = 2 \text{ h}$

et une hauteur $H = 3 \text{ m}$.

- La vitesse axentielle dans le décanteur sera de :

$$V_a = \frac{H}{t_s} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ m/h}$$

- surface du bassin :

$$S = \frac{Q}{V_a} = \frac{420}{1,5} = 280 \text{ m}^2$$

- Volume du bassin :

$$V = S \cdot H = 280 \times 3 = 840 \text{ m}^3$$

- Diamètre du bassin :

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 280}{\pi}} = 18,88 \text{ m} \approx 19 \text{ m}$$

Caracteristiques du decanteur primaire :

Temps de séjour	2h
Hauteur	3 m
Vitesse axentielle	1,5 m/h
surface du bassin	280 m ²
volume du bassin	840 m ³
Diamètre du bassin	19 m

Le decanteur sera équipé d'un **racleur** à entrainement périphérique.

les boues seront ~~deversées~~ et dirigées vers la bache de reprise des boues.

Ces dernières sont constituées essentiellement de fibres cellulosiques et matériaux de recouvrement, il serait donc préférable de les récupérer afin d'économiser de la matière première.

Les eaux decantées seront recueillies par suiveuse dans une rigole périphérique pour être dirigées vers le traitement physico-chimique.

I. 4.3 Coagulation

Celle-ci a lieu dans un bassin dont le brassage est assuré par un mélangeur rapide. La correction du PH se fera dans le decanteur primaire. La préparation du réactif s'effectuera dans un bac de dilution d'où la solution sera par pompe doseuse dans le bassin. reprise

Sachant que nous avons opté pour une dose de 6g / l en chlorure ferrique, nous avons pour l'ensemble du volume la quantité suivante :

$$6000 \text{ g/m}^3 \longrightarrow 6 \text{ Kg / m}^3 \longrightarrow 60,4 \text{ t/j}$$

données de base :

$$Q = 10.069 \text{ m}^3/\text{j} = 420 \text{ m}^3/\text{h} = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nous nous fixons un temps de séjour $t_s = 2 \text{ mn}$, une longueur $L = 5 \text{ m}$ et une hauteur $H = 2 \text{ m}$

- Volume du bassin :

$$V = Q \cdot t_s = 0,116 \times 2 \times 60 \approx 15 \text{ m}^3$$

- surface du bassin :

$$S = \frac{V}{L} = \frac{15}{5} = 3 \text{ m}^2$$

- largeur du Bassin :

$$l = \frac{S}{H} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ m}$$

Caracteristiques du bassin de coagulation pericinetique :

Temps de sejour	2m
Volume du bassin	15 m ³
Surface du bassin	3 m ²
Longueur du bassin	5 m
largeur du bassin	1,5 m
hauteur du bassin	2 m

V. 4. 4 Coagulation flocculateur

La coagulation orthocinetique a lieu dans dont le brassage est lent et dure généralement de 15 à 30 mn.
 un bassin

Pour cela nous avons opté pour un flocculation mécanique dont l'agitation est assurée par mouvement de pâles tourmentes à axe horizontal.

données de base :

$$Q = 10.069 \text{ m}^3/\text{j} = 420 \text{ m}^3/\text{h} = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nous nous fixons un temps de séjour $t_s = 20 \text{ mn} = 1200 \text{ s}$,
une hauteur $H = 2 \text{ m}$ et une longueur $L = 15 \text{ m}$

-Volume du bassin :

$$V = Q \cdot t = 0,116 \times 1200 = 140 \text{ m}^3$$

- Section du bassin :

$$S = l \cdot H = \frac{V}{L} = \frac{140}{15} = 10 \text{ m}^2$$

- Largeur du bassin :

$$l = \frac{S}{H} = \frac{10}{2} = 5 \text{ m}$$

- determination du nombre d'agitateurs X :

d'après l'équation empirique suivante, nous déterminons X

$$X \leq \frac{L}{\beta H}$$

β , coefficient arbitraire pour les flocculateurs à agitation mécanique

$$1 \leq \beta \leq 1,5$$

pour $\beta = 1$ $x \leq \frac{15}{1 \times 2} = 7,5$

nous prendrons $x = 5$ agitateurs.

Dimensionnement des deux lames d'un agitateur

En, pratique, la distance entre les parois verticales et les lames doit être de 25 cm. La distance entre la lame inférieure jusqu'au fond du bassin et la lame supérieure à la surface de l'eau doit être de 15 cm.

La surface des deux lames doit être au maximum égale à 20 % de la section du bassin III ; pour des surfaces supérieures à cette valeur l'écoulement ne sera plus longitudinale mais en spirale.

L'utilisation de lames de largeur voulue permet d'obtenir le type d'écoulement adéquat.

Longueur de la lame:

$$a = l - (2 \times 0,25) = 5 - (2 \times 0,25) = 4,5 \text{ m}$$

nous fixons la largeur à 0,20 m.

Surface des deux lames d'un agitateur :

$$A = 2 \times a \times b = 2 \times 4,5 \times 0,2 = 1,8 \text{ m}^2$$

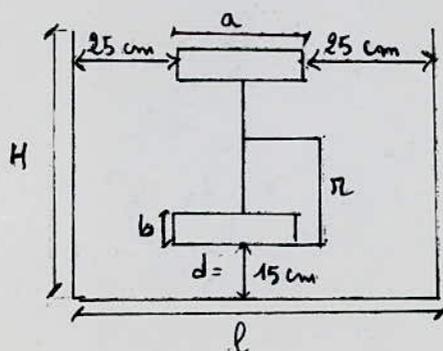
verifions si le dimensionnement est bon :

nous avons convenu que A ne doit pas dépasser 20 % de la section du bas-

-sin

$$20 \% \times III = 0,2 \times 10 = 2 \text{ m}^2$$

$$A = 1,8 \text{ m}^2 < 2 \text{ m}^2$$



- Vitesse peripherique :

$$W = 2\pi r.n$$

r rayon de rotation

n est le nombre de tours par minute (vitesse de rotation)

$$r = \frac{H - 2d}{2} = \frac{2 - (2 \times 0,15)}{2} = 0,85 \text{ m}$$

nous avons choisi 5 agitateurs

En générale, la vitesse de rotation des 2 derniers agitateurs est inferieure a celle des trois premiers afin de favoriser un grossissement progressif des floes.

En pratique, on prend $\left\{ \begin{array}{l} n_{1-3} = 4 \text{ tours /mn} \\ n_{4-5} = 2 \text{ tours /mn} \end{array} \right.$

Nous avons donc

$$W_{1-3} = 2\pi r n_1 = 2 \cdot \pi \cdot 0,85 \cdot 4 = 21,36 \text{ m /mn}$$

$$W_{4-5} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n_2 = 2 \cdot \pi \cdot 0,85 \cdot 2 = 10,68 \text{ m / mn}$$

Verification du critere de Reynolds

Le nombre de Reynolds doit être à $5 \cdot 10^5$, afin d'éviter la cassure des floes.

$$R_c = \frac{U \cdot b \cdot \rho}{\eta}$$

U : différence entre la vitesse d'écoïlement du liquide et la vitesse du mouvement de la lame d'agitateur.

b : largeur de la

ρ : densité de l'eau usée $\rho = 1,009 \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3$

η : viscosité dynamique de l'eau usée : $\eta = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$

Par manque de moyens matériels, il ne nous a pas été possible de mesurer la viscosité de l'effluent étudié. En première approximation, celle-ci sera supposée égale à celle de l'eau.

En pratique, on adopte une valeur de U telle que :

$$U = 75 \% \cdot W$$

où W représente la vitesse périphérique des lames

$$U_{1-3} = 0,75 \cdot W_{1-3} = 0,75 \times 21,36 = 16,02 \text{ m/min} = 0,27 \text{ m/s}$$

$$U_{4-5} = 0,75 \cdot W_{4-5} = 0,75 \times 10,68 = 8,01 \text{ m/min} = 0,14 \text{ m/s}$$

Nous aurons donc :

$$Re_{1-3} = \frac{U_{1-3} \cdot b \cdot \rho}{\mu} ; \quad Re_{4-5} = \frac{U_{4-5} \cdot b \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re_{1-3} = \frac{0,27 \times 0,2 \times 1,009 \times 10^3}{1,3 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \cdot 10^5$$

$$Re_{4-5} = \frac{0,14 \cdot 0,2 \cdot 10^3 \cdot 1,009}{1,3 \cdot 10^{-3}} = 0,2 \cdot 10^5$$

Dans les deux cas $Re < 5 \cdot 10^5$

Puissance absorbée par les agitateurs :

$$P_t = K \cdot A \cdot \rho \frac{U^3}{2 \cdot V} = P_{1-3} + P_{4-5}$$

U : différence de vitesse

V : volume du bassin

ρ : densité de l'eau usée

K : coefficient qui correspond à la forme de la lame

A : surface de la lame

$$A_{1-3} = 3 \cdot A = 3 \times 1,8 = 5,4 \text{ m}^2$$

$$A_{4-5} = 2 \cdot A = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$V_{1-3} = \frac{3}{5} \cdot V = \frac{3}{5} \times 140 = 84 \text{ m}^3$$

$$V_{4-5} = \frac{2}{5} \cdot V = 56 \text{ m}^3$$

Le coefficient K varie avec le rapport $\frac{a}{b}$ (il existe des tableaux qui donnent K en fonction de $\frac{a}{b}$)

$$\frac{a}{b} = \frac{4,5}{0,2} = 22,5 \longrightarrow K = 2$$

$$P_{1-3} = K \cdot A_{1-3} \cdot \rho \cdot \frac{(U_{1-3})^3}{2 \cdot V_{1-3}} = \frac{2 \cdot 5,4 \cdot 1,009 \cdot 10^3 (0,27)^3}{2 \cdot 84} = 1,3 \text{ W}$$

$$P_{4-5} = K \cdot A_{4-5} \cdot \rho \cdot \frac{(U_{4-5})^3}{2 \cdot V_{4-5}} = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot 1,009 \cdot 10^3 (0,14)^3}{2 \cdot 56} = 0,18 \text{ W}$$

$$P_T = P_{1-3} + P_{4-5} = 1,3 + 0,18 = 1,5 \text{ W}$$

Verification du gradient de Vitesse G :

La valeur du gradient de vitesse indique l'efficacité de l'agitation. En pratique pour les brassages lents, le gradient de vitesse G doit être inférieur à 60 s^{-1}

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu}}$$

$$G_{1-3} = \sqrt{\frac{P_{1-3}}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,3}{1,3 \cdot 10^{-3}}} = 31,60 \text{ s}^{-1} < 60 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{4-5} = \sqrt{\frac{P_{4-5}}{\mu}} = \sqrt{\frac{0,18}{1,3 \cdot 10^{-3}}} = 13,50 \text{ s}^{-1} < 60 \text{ s}^{-1}$$

dans les 2 cas on a bien $G < 60 \text{ s}^{-1}$

Caracteristiques du flocculateur

Temps de séjour	20 mn
Volume du bassin	140 m ³
Section du bassin	10 m ²
Largeur du bassin	5 m
Longueur du bassin	15m
nombre d'agitateurs	5
longueur de la lame de l'agitateur	4,5 m
Largeur de la lame de l'agitateur	0,2 m
surface de la lame	1,8 m ²
rayon de rotation	0,85 m

V. 4.5 Clarificateur ou décanteur secondaire :

Nous choisirons une forme circulaire pour le bassin de clarification avec un temps de séjour $t_s = 1\text{h } 30\text{ mn}$ et une hauteur $H = 3\text{ m}$.

données de base :

$$Q = 10.069 \text{ m}^3/\text{j} = 420 \text{ m}^3/\text{h} = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Volume du bassin :

$$V = Q \cdot t_s = 0,116 \times 5400 = 627 \text{ m}^3$$

-Surface du bassin :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{627}{3} = 209 \text{ m}^2$$

- diamètre du bassin :

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 209}{\pi}} \approx 16 \text{ m}$$

Caracteristiques du bassin :

Temps de séjour	90 mn
Volume	627 m ³
surface	209 m ²
diametre	16 m

les boues seront raclées en continu par un pont râcleur vers une hotte à boues. De la, les boues seront extraites par une pompe. Les dernières boues étant composées de matières minérales, nous préconisons pour leur traitement un séchage sur lits de sable.

V. Gestion et entretien de la station

Les aspects liés à la gestion de la station sont de quatre types :

- énergie consommée,
- personnel employé,
- entretien des équipements électro-mécaniques (pièces de rechange)
- contrôle du processus (Qualité de l'effluent)

entretien de la station :

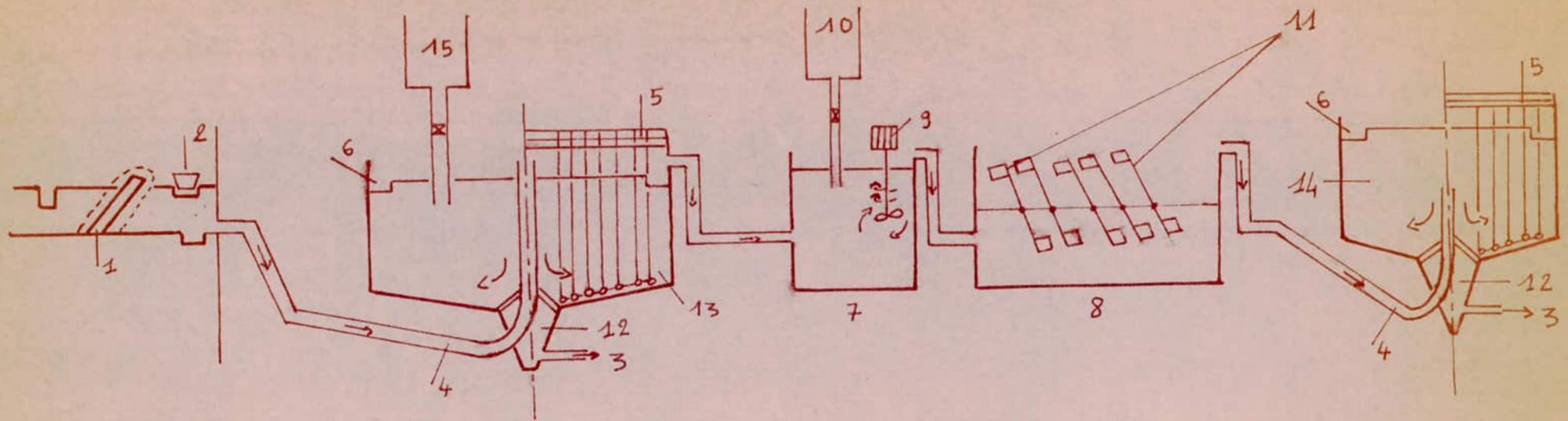
- a) poste de dégrillage : -verifier le libre passage du rateau entre les barreaux de la grille,
-nettoyer tous les jours au jet d'eau les parois de la grille et du rateau pour enlever les matières adhérentes.

- b) décanteurs primaire et secondaire :
 - il faut évacuer les boues tous les jours, pour éviter l'accumulation et le risque d'anaérobiose.
 - nettoyer les rigoles d'écoulement de l'effluent,
 - nettoyer les lames de surface du racleur pour enlever les boues.adhérentes.

- c) coagulateur :
 - vérifier la vitesse du mélangeur

- d) flocculateur :
 - verifier l'état de fonctionnement des lames d'agitation.

PLAN DE LA STATION D'ÉPURATION



1 De-grillage

2 by-pass

3 évacuation des boues

4 tuyau d'amener

5 pont râcleur

6 rigole

7 bassin de coagulation

8 bassin de floculation

9 mélangeur rapide

10 réservoir de la solution de coagulant

11 agitateurs mécaniques

12 compartiment à boues

13 décanteur primaire

14 décanteur secondaire

15 réservoir de H_2SO_4

pour la correction du PH

La pollution des eaux constitue un problème très important pour l'unité SONIC de Baba-Ali. Cette pollution est due pour une large part au fait que l'usine ne dispose pas d'une installation de récupération des réactifs de cuisson et des phases dissoutes de matières sèches obtenues dans les procédés d'extraction de fibres cellulosiques de l'alfa.

Ainsi, l'objectif de notre étude était de caractériser cette pollution en quantité et d'étudier les possibilités de traitement de l'effluent de cette unité afin d'en éliminer le plus possible d'agents polluants.

Dans un premier temps, nous avons déterminé les charges polluantes des eaux résiduaires de cette unité.

Les résultats aux quels nous avons abouti au cours de la partie analytique montrent que ces rejets contribuent pour une large part à la dégradation du milieu naturel recepneur, en l'occurrence l'oued El-Harrach.

L'atelier cellulose rejette à lui seul environ 80 % de la quantité totale de la pollution issue de cette unité :

Soit 6233 Kg/j de D.B.O₅ , 6096 Kg /j de M.E.S et 126.201 Kg/j de D.C.O.

Des rejets de cette importance influent de façon très néfaste sur l'oued el harrach faisant augmenter sensiblement la teneur en D.B.O₅ et D.C.O de l'effluent véhiculé par ce dernier.

De part les processus d'oxydation des matières organiques, l'oxygène dissous dans l'eau se trouve consommé et malgré la diffusion naturelle d'oxygène contenu dans l'air atmosphérique, la teneur en oxygène des eaux de l'oued dans la traversée du quartier d'El Harrach est extrêmement faible, un manque absolu d'oxygène avec tous les dégagements nauséabonds qui s'ensuivent pouvant même parfois se manifester.

Dans un deuxième temps nous avons étudié la possibilité d'épuration au moyen de la coagulation floculation.

Les coagulants utilisés à cet effet sont le chlorure ferrique et le sulfate d'alumine.

La réduction de la D.C.O est de 85 % et 72 % respectivement pour FeCl_3 et $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Ce qui donne respectivement des teneurs résiduelles en D.C.O de 32,5 T/j et 60 T/j. Sur la base de ces résultats nous suggérons l'utilisation de chlorure ferrique comme agent de coagulation.

Nous avons constaté, que même après ce traitement il subsiste dans ces eaux une D.C.O résiduelle importante très supérieure à la norme de rejet.

En fait, la coagulation floculation n'a pas d'effet épuratoire sur la D.B.O soluble.

Pour cela il serait intéressant de poursuivre cette étude sur cycle d'études plus long afin de tester un procédé biologique sur station pilote (par exemple boues activées) pour éliminer la D.B.O.

Enfin, au lieu de rejeter cette eau dans l'oued nous suggérons de la recycler et de l'utiliser à des fins bien précises telles que le lavage des grilles, des deux décanteurs (primaire et secondaire) ou encore l'utiliser si cela est possible dans les circuits de refroidissement.

TABLEAU RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES DES INSTALLATIONS

1) Dégrillage

section	0,116 m ²
largeur	1,20 m
longueur mouillée	0,40 m

2) Décanteur primaire

Temps de séjour	2 h
surface	280 m ²
volume	840 m ³
Hauteur	3 m
diamètre	19 m
vitesse axentielle	1,5 m/h

3) Coagulateur

Temps de séjour	2 mn
surface	3 m ²
volume	15 m ³
longueur	5 m
largeur	1,5 m
hauteur	2 m

4) Floculateur

Temps de séjour	20 mn
surface	10 m ²
volume	140 m ³
largeur	5 m
longueur	15 m
hauteur	2 m
nombre d'agitateurs	5
longueur de la lame de l'agitateur	0,2 m
surface de la lame	1,8 m ²
rayon de rotation	0,85 m

5) Décanteur secondaire

Temps de se jour	90 mn
surface	209 m ²
volume	627 m ³
diamètre	16 m

- Notations principales -

Q	: debit de l'effluent	$L^3 T^{-1}$
S	: section verticale.....	L^2
V	: Volume.....	L^3
L	: Largeur.....	L
L	: Longueur.....	L
ξ	: Coefficient de colmatage.....	
1-B	: Coefficient du vide	
H	: Hauteur.....	L
v_a	: vitesse ascensionnelle.....	$L T^{-1}$
\emptyset	: diamètre.....	L
ts	: temps de séjour.....	T
X	: nombre d'agitateurs.....	
B	: Coefficient arbitraire pour les..... floculateurs à agitation mécanique	
a	: longueur de la lame.....	L
b	: largeur de la lame.....	L
A	: surface de la lame.....	L^2
r	: rayon de rotation.....	L

- W : vitesse périphérique..... $L T^{-1}$
 Re : nombre de Reynolds.....
 ρ : densité de l'eau..... $M L^{-3}$
 μ : viscosité dynamique..... $M L^{-1} T^{-1}$
 U : différence de vitesse..... $L T^{-1}$
 P_t : puissance..... $M^2 L T^{-3}$
 G : gradient de vitesse..... T^{-1}
 Eff : efficacité..... %

- Bibliographie -

- (1) Degremont. - Memento technique de l'eau - 1978
- (2) Meinck . - Les eaux résiduaires industrielles.
- (3) Gurnham . - Industrial Waste Water control academie press,
New York, 1965.

- (4) Pierre Charbier - Les industries leurs production et leurs
nuisances.
- (5) W.Wesley - l'eau dans l'industrie: pollution traitement
recherche de la qualité.
- (6) W.W.Eckenfelder - Industrial Water pollution control
Me Graw - Hill, New York 1966.
- (7) R.Porges, journal of Water pollution control Fed 35 (4), 1963
- (8) Rodier - L'analyse de l'eau " eaux naturelles, eaux résiduaires,
eau de Mer ".
- (9) Ecken felder - gestion des eaux usées.
- (10) C. Gomella - Le traitement des eaux publiques industrielles
et privées.
- (11) M.G olthof and W.W. Eckenfelder 1975 Color removel
from pulp and Waste Waters by coagulation Water Rese arch 9,853.
- (12) William A. Dréamy " Contrôle et dosage de la coagulation
chimique p. 15 - 16

.../...

- (13) N.AIT OUMEZIANE - Contribution à l'amélioration de la
qualité des effluents de la papeterie
de Baba - Ali avant leur rejet dans le
milieu naturel.
. Projet de fin d'études, 1983.
- (14) Fiessinger M., 1976 - La coagulation : errements anciens et
connaissances nouvelles. - T S M 1976
- (15) J.SCHULMANN consultant de l'O.M.S
cours de traitement des eaux
- (16) Anonyme : eaux résiduaires des industries de
Fabrication de pâte à papier
- (17) Christian Coste, Maurice Loudet - guide de l'assainissement
en milieu urbain et rural.

