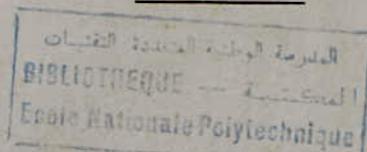


12/89

وزارة التعليم العالي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR



1E<sup>x</sup>

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT *Genie de l'environnement*

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*en vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'État*

**S U J E T**

*Traitement des eaux  
residuaires de l'unité CELPAD  
de Bab. Ali*

Proposé par :

*R. Kerbrachi*

Etudié par :

*E. Ladraa*

Dirigé par :

*R. Kerbrachi*

PROMOTION : *Septembre 1989*

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

DEPRTEMENT: GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROMOTEUR: MONSIEUR r KERBACHI

ELEVE INGENIEUR: LADRAA TAHAR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة

SUJET: Notre travail rentre dans le cadre de la contribution à  
l'etude de la pollution de l'unité célpap de bab ali

Dans le but de contribuer à l'avancement de ce projet, nous avons  
procedé à des analyses au laboratoire effectuées sur des echantillons  
prélevés au niveau des points de rejets des eaux de l'unité  
célpap de baba ali

### REMERCIEMENTS

Je remercie mon promoteur Mr. r. KERBACHI DIRECTEUR du  
Département du Genie de l'environnement de l'aide précieuse qui  
m'a prodigué tout le long de son passage à L'ENPA

Je ne saurais également oublier de remercier  
Monsieur N MAMERI Directeur du laboratoire de BIOTECHNOLOGIE et  
M<sup>me</sup> D MAMERI Enseignante à notre Département pour leurs  
contributions à la réalisation de ce modeste travail SANS  
oublier les responsables professeurs, Assistants, Etudiants

DEDICACE:

Je dédie ce modeste travail:

-AA mes parents.

-Mes Freres et soeurs.

--A tous mes amis

-----  
-----  
-----

Je dédie ce modeste travail:

-AA mes parents

-Mes Freres et soeurs.

--A tous mes amis

-----  
-----

CHAPITRE : I

○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○

\*\*\* INTRODUCTION \*\*\*

○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○-○

## I - Introduction

Nul n'ignore qu'actuellement la pollution est devenue un danger qui menace gravement le devenir de l'humanité.

Cette menace est d'autant plus <sup>que</sup> grande <sup>qui</sup> se développent les industries polluantes <sup>qui</sup> requièrent des ressources de plus en plus grandes en eau.

Le réseau hydrographique se trouve des ~~lors~~ <sup>lors</sup> altéré, compromettant ainsi le milieu environnant et la santé public.

En effet les ~~rejets~~ d'eau résiduaire et usées n'ayant pas subi de traitement, sont de nature à polluer les cours d'eau et activent la dégradation de l'environnement.

Si l'industrialisation a pour finalité de satisfaire les besoins croissants de la population, elle ne doit pas en 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.

De ce fait la protection des eaux contre la pollution constitue un impératif majeur et doit être une préoccupation constante des responsables de l'environnement que de nous tous, ce n'est donc pas ~~par hasard~~ <sup>par hasard</sup> que l'on assiste actuellement à des conférences colloques et projets inter gouvernementaux dont le but est de résoudre ce problème crucial que constitue la dégradation de l'environnement.

Parmi les industries classiques, nous retrouvons en général l'industrie du papier en tête <sup>des industries</sup> les plus polluantes.

La fabrication de pâte et papier à partir de l'alpha par exemple, nécessite beaucoup d'eau et ~~met~~ en marche tout un processus technologique.

L'eau représente un facteur de production indispensable. Les rejets d'une telle industrie qui engendre une charge polluante très élevée représentent une menace des cours d'eau s'ils ne subissent pas un traitement adéquat.



## I.2. BUT DE L'ETUDE

Dans cette étude nous nous intéressons aux rejets de la papetterie CELPAP de Baba-Ali, qui sont directement déversés sans aucun traitement préalable dans l'oued Téroqui est un affluent de l'oued El-Har-rach.

Les conditions d'écoulement de l'oued, son faible débit et la pollution élevée, font que l'oued est actuellement en état d'asphyxie.

Dans une première étape, notre étude sera consacrée à l'évaluation de la pollution des rejets industriels de l'unité CELPAP de Baba-Ali et ce en continuité à une étude antérieure effectuée dans le même cadre. (1)

Dans une deuxième étape, nous procéderons à des essais de traitement physico-chimiques et biologiques de ces mêmes rejets.

## II.1. GENERALITES SUR LES EAUX RESIDUAIRES

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

Les principales caractéristiques des eaux résiduaires de la papeterie sont

- Une pollution insoluble importante : fibres perdues au cours du cycle de fabrication et les charges utilisées pour améliorer la qualité du papier.

- Une pollution soluble importante traduite par une couleur intense et des valeurs élevées de  $DBO_5$  et DCO.

- Un débit important d'eaux résiduaires et variable selon la nature du papier désiré.

La consommation s'élève pour le papier journal Kraft à  $30 \text{ m}^3/\text{tonne}$  et 150 à  $3200 \text{ m}^3/\text{tonne}$  pour le papier fin et magazine. (2)

Il existe trois grands groupes de procédés produisant des pâtes ecrues ou plus souvent des pâtes blanchies :

### a°/ Procédé Kraft.

Dans ce procédé, l'extraction des fibres se fait par cuisson sous pression dans une solution contenant de la soude caustique, du sulfure de sodium et du carbonate de soude.

### b°/ Procédé au bisulfite.

Dans le cas de boues en résines, on utilise comme lessive d'extraction une solution au bisulfite de calcium contenant de l'acide sulfureux libre.

Ces eaux résiduaires appelées lessives sulfitées sont chargées d'acide sulfureux et d'alcool méthylique. Cette lessive sulfitée de couleur rouge brunâtre présente une odeur acre.

### c°/ Procédé mi-chimique.

Ce procédé combine une action chimique et une action mécanique. Le plus connu est le NSSC (Neutral Sulfite Semi-chemical).

Selon le procédé utilisé, il y a une proportion considérable d'eau usée

usée qui est déversée dans les cours d'eau transportant des matières en suspension et des composés solubles organiques tels que lignine, carbohydrates et sels minéraux qui proviennent des produits chimiques utilisés dans le procédé de cuisson.

Ces matériaux constituent une charge polluante énorme dans les rivières et une grande perte en matière première. Le volume utilisé varie suivant le procédé utilisé.

Le tableau N°= "1" donne un aperçu sur les quantités d'eaux usées rejetées par tonne de produit. (3)

Tableau : "1"

-- Volume des effluents de fabrication de la pâte à papier --

Procédé	Gallon par tonne
Fabrication de la pulpe :	
- Kraft	1500 à 3500
- Sulfite réduit	40 000 à 60 000
Pulpe semi-chimique	20 000 à 40 000
Fabrication du papier :	
- Papier blanc	26 660 à 40 000
- Papier Kraft	2000 à 10 000
- Tissu	8000 à 35000

## II.2. NUISANCES ENGENDRÉES PAR LE REJET DANS LE MILIEU NATUREL DES EAUX RESIDUAIRES DES INDUSTRIES PAPIETRES

Le déversement d'eaux résiduaires contenant des éléments minéraux et organiques ou en suspension peut avoir des conséquences multiples sur le milieu aquatique. Les effets consécutifs à ces rejets peuvent apparaître immédiatement ou seulement au bout d'un certain temps à plusieurs kilomètres en aval du point de déversement.

Ces eaux résiduaires exercent toujours sur l'émissaire une action défavorable, une coloration marquée de l'eau et une diminution de la teneur en oxygène en sont les premières conséquences. Comme elles ont tendance à augmenter le pouvoir mousseux de l'eau et qu'elles contiennent des substances biodégradables, elles favorisent le développement des bactéries filamenteuses ainsi que des champignons qui risquent d'entraîner l'envasement . (4)



### III.1. INTRODUCTION

L'unité CELPAP de Baba-ali est une fabrication de pâte et papier. Elle est installée dans la Mitidja à une dizaine de kilomètres au sud d'Alger. La production globale est d'environ 45 tonnes de pâte et papier par jour. L'unité utilise l'alp~~h~~a comme matière première. La pâte est ensuite transformée en papier dont la production finale s'élève à quelques 65 tonnes de papier impression.

### III.2. PROCÉDE DE FABRICATION

#### III.2.1. APPERÇU SOMMAIRE

Le processus de fabrication est basé sur l'utilisation du procédé dit " pomilio " procédé à la soude.

Il consiste à une alternance de traitement de la soude caustique diluée à une concentration de 45 g/l et à une injection du chlore gazeux permettant la délignification finale sous haute concentration de la pâte. La chaîne de production comporte deux phases, l'une pour la production de la pâte écrue et l'autre pour la production de la pâte blanchie; cette dernière phase comporte une série d'opérations qui consiste à traiter la pâte cellulosique dans un étage alcalin. Après épuration, elle subit un blanchiment final à l'hypochlorite.

Ces dernières opérations chimiques sont complétées par des traitements physiques dont le but est de laver, filtrer, classer et épurer la pâte.

Chaque phase de l'atelier de cellulose aboutit à deux cuiviers de 300 M<sup>3</sup> permettant de créer un stockage de pâte en cas d'arrêt de la production.

La pâte blanchie est convertie en papier sur deux machines avec un appoint de pâte Kraft blanchie importée.

Avant d'être mise sur machine, la pâte cellulosique est additionnée de matières dénommées adjuvants tels que kaolin, sulfate d'alumine, colle et colorants.



### III.2.2. PROCEDE DE FABRICATION DE LA PATE CHIMIQUE

#### III.2.2.1. ACTION DES AGENTS CHIMIQUES

Les opérations chimiques mises en oeuvre dans le procédé CELPAP de Baba-Ali ont pour but d'isoler la cellulose des tissus ligneux constituant le végétal. Cette extraction de la cellulose suit les étapes suivantes :

- Action de la soude sur le végétal: La cuisson alcaline a pour but de solubiliser une partie de la lignine qui sert de liant entre les fibres.

- Action du chlore sur la pâte écrue : Le chlore se combine d'une façon sélective avec la lignine en formant des chloro-lignines qui sont solubles dans la solution alcaline de soude.

- Action de l'hypochlorite : La pâte obtenue après la phase de chlorosodation contient encore un faible pourcentage de chlorolignine.

Le blanchiment de la pâte est obtenu par l'intermédiaire d'un agent chimique, l'hypochlorite de soude.

Le blanchiment par l'hypochlorite représente une réaction d'oxydation de la lignine et les produits de la réaction sont solubles dans le milieu alcalin.

Pratiquement on est dans le domaine de pH compris entre 8 et 9. L'oxydation de la cellulose active la formation d'oxycellulose qui a pour conséquence de diminuer la résistance mécanique du papier. Cette oxydation est plus rapide à pH neutre.

#### III.2.2.2. FABRICATION DE LA PATE A PAPIER

a°/ Préparation des végétaux : L'halfa livrée en bottes à l'usine est hachée en brins de quelques centimètres de longueur par l'intermédiaire d'un système mécanique de quatre bras porteurs de couteaux animés d'une grande vitesse. Cette opération permet le transport (mécanique) pneumatique (injection d'air comprimé) des végétaux vers l'atelier cellulose dans un cyclone et faciliter l'imprégnation de la solution de soude.

La coupe du végétal s'accompagne d'un dépoussiérage de l'halfa, la poussière est récupérée pour être vendue.

b°/ Phase de cuisson : L'halfa imbibée par une solution de soude à 90 °c et cuite dans un tour cylindro-conique d'une hauteur de 28 m chauffée à la vapeur. La pâte écrue obtenue à l'état diluée, est extraite en continu de la base de la tour et est envoyée par l'intermédiaire de pompes vers deux filtres à tambours rotatifs opérant à contre courant. Cette pâte de cellulose lavée est encore brune parce qu'elle contient de la lignine sur chaque fibre, elle est finalement essorée sous vide et pressée avant de passer au stade de chloration.

c°/ Phase de chloration : La pâte écrue doit avoir une concentration convenable pour faciliter l'action du chlore gazeux.

Préalablement elle est pressée fortement dans un système de presse à vis à l'aide d'un appareil de type " cône ouvreur ".

La chloration s'effectue dans des tours avec revêtement céramique.

Le chlore gazeux pénètre à différents étages de la tour, après chloration, la pâte est diluée et refoulée de la base des tours vers le filtre de lavage dit filtre "acide".

d°/ Phase de sodation : La dissolution des chloro-lignines s'effectue dans une tour alcaline où la quantité de soude nécessaire est ajoutée à la sortie du filtre en amont. De nouveau la pâte est lavée et essorée sur un filtre dit " alcalin ".

e°/ L'épuration : L'épuration de la pâte a pour rôle de séparer les fragments des incuits de pâtes et les impurités. De ce fait, la pâte fortement diluée passe à travers un tamis classeur qui élimine les fragments. L'épuration s'achève par un passage à travers des épurateurs centrifuges dénommés "assoblador" où sont éliminées les particules lourdes.

f°/ Blanchiment : Après élimination des chloro-lignines, les agents de blanchiment peuvent agir efficacement. Le blanchiment est l'opération complémentaire de la cuisson. Le but du blanchiment est la production d'une pâte de couleur stable et dont les propriétés physiques sont bien déterminées. Le blanchiment est constitué d'une série de tours séparées par des filtres de lavage. Elles assurent les temps de contact avec l'agent

du blanchiment et les filtres éliminent les produits de la réaction. La pâte blanchie ainsi formée est longuement rincée et acheminée par une conduite vers les deux cubiers de stockage.

### III.3. PROCESSUS DE FABRICATION DU PAPIER

La pâte blanchie ainsi formée et additionnée d'un appoint de pâte Kraft est raffinée et diluée sur les deux machines à papier pour former les feuilles. L'apport d'adjuvants représente un mélange de kaolin (15%) et de colorants azurotopiques (10,7%)

La feuille de papier est formée sur une surface de toile métallique munie des organes d'égouttage et réutilisée pour diluer la pâte à l'entrée de la machine.

Les stades sont l'essorage aux presses, le séchage et enroulage. Par la suite le papier est soumis aux opérations de finissage.

#### III.3.1. ETUDE DES CIRCUITS D'EAU

##### III.3.1.1. LES BESOINS EN EAU

Les papeteries se caractérisent par une grande consommation en eau. Le choix de l'implantation de l'usine dans la zone de Mitidja est dû aux potentialités de réserves hydriques contenues dans la nappe phréatique. L'unité utilise aussi bien des eaux brutes que des eaux adoucies.

a°/ Les eaux brutes : Les eaux brutes de l'unité de Baba-Ali sont caractérisées par quatre forages dont seuls trois d'entre eux sont actuellement fonctionnels et débitent au total un volume de  $14400 \text{ m}^3/\text{j}$ .

b°/ Les eaux adoucies : les eaux adoucies sont obtenues à partir d'un appareil monté sur un circuit d'alimentation en eau pour réduire la teneur en calcaire de cette dernière. Cette eau est distribuée à différents points de l'usine : refroidisseurs, réchauffeurs, dilution de la soude, préparation de la colle, partie humide des machines, etc....

La distribution des eaux adoucies est assurée par deux pompes ayant chacune un débit de  $180 \text{ M}^3/\text{h}$ .

### III.3.2. LES EAUX RESIDUAIRES

Les eaux résiduares résultent des différentes phases de processus de fabrication des deux principaux ateliers, l'atelier cellulose et l'atelier papeterie.

#### III.3.2.1. LES EFFLUENTS DE L'ATELIER CELLULOSE

L'atelier cellulose par son importance primordiale dans la phase de fabrication de pâte à papier est l'origine d'un énorme volume de rejets d'eaux résiduares, environ 10500 m<sup>3</sup>/j.

Au niveau de la cuisson, de grands volume d'eaux et de soude à forte concentration sont rejetées après les opérations de lavage.. Ces eaux résiduares sont constituées principalement de matières organiques, lignines, mercaptans, fibres fines et autres résidus. La liqueur noire formée est évacuée systématiquement vers l'égout après qu'une faible quantité soit recyclée.

#### III.3.2.2. ATELIER PAPETERIE

L'atelier papeterie a un volume de rejet d'eaux résiduares moins important que celui de l'atelier cellulose du fait qu'il existe des circuits internes de recyclage des eaux, Ce recyclage se fait par deux flottateurs de type sven pederson.

Ces eaux dites blanches renferment des matières de charge tels que kaolin, sulfate d'alumine, amidon, résines,....

Le déversement d'eaux blanches à l'égout se fait à partir de deux bacs dénommés " bac broughton" et du trop-plein du sven pederson. On constate que ces déversement sont dus au manque d'efficacité du circuit de rétention.

La figure N°= 1 résume schématiquement le circuit des eaux consommées et des effluents par étape d'opération.

DEROULEMENT DES DIFFERENTES PHASES DE FABRICATION DU PAPIER ET LES  
DIFFERENTS POINTS D'EAUX RESIDUAIRES DE LA PAPETERIE.

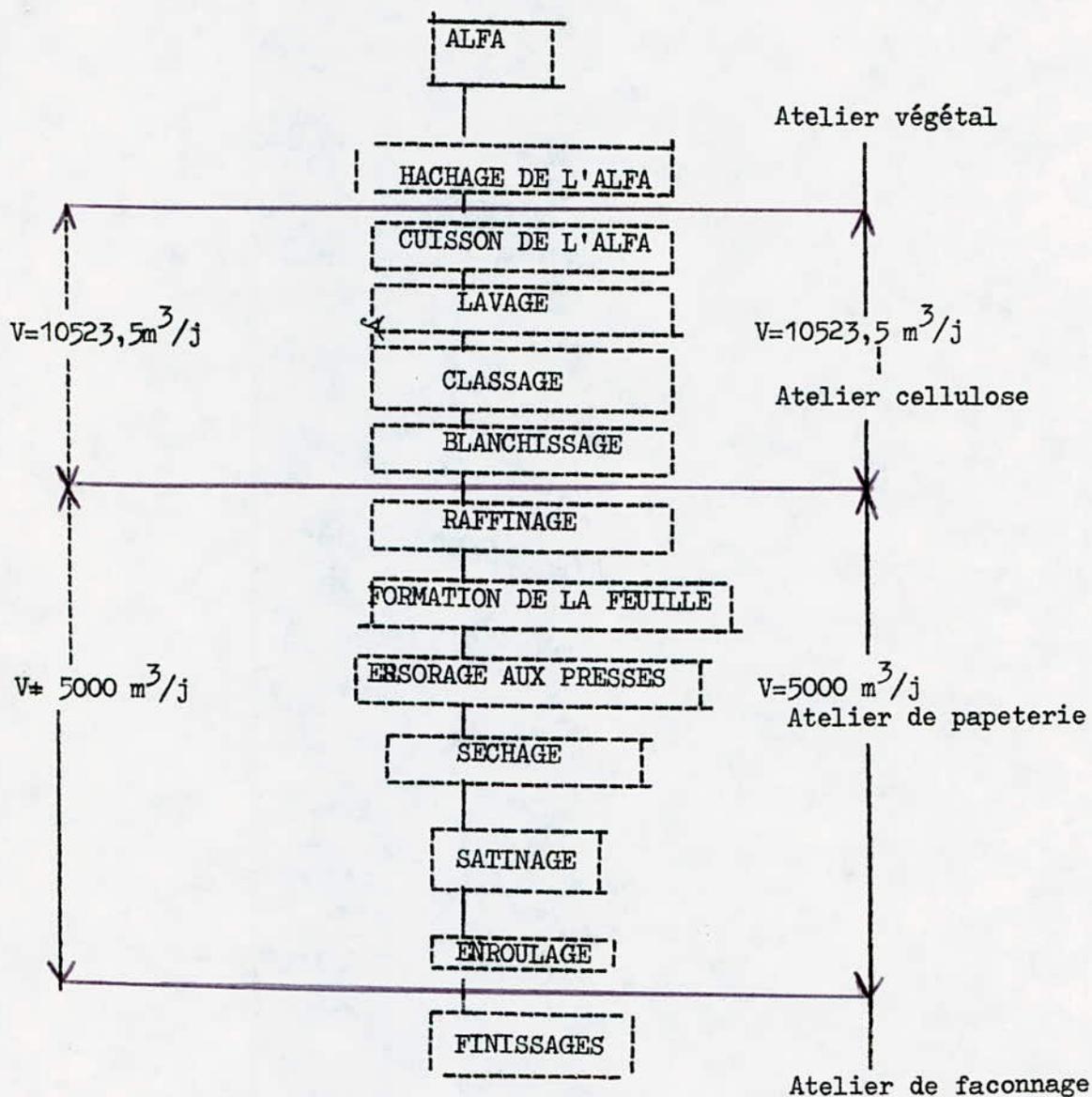
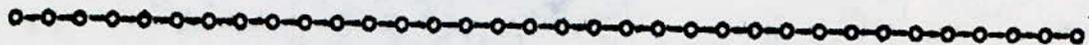


fig 1

CHAPITRE : IV



GENERALITES SUR LES TRAITEMENTS PHYSICO-CHEMIQUES  
ET BIOLOGIQUES



#### IV.1. TRAITEMENT PHYSICO-CHEMIQUE :

UN traitement physico-chimique peut être défini comme étant un traitement permettant l'élimination de matières polluantes non épurées par les procédés conventionnels ( boues activées, lits bactériens, lagunes aérées, etc...). Cette charge polluante constituée de matières colloïdales minérales et organiques en suspension dans les eaux usées peut être éliminée par un traitement de " coagulation".

##### IV.1.1. COAGULATION

La coagulation correspond à la déstabilisation 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 sur leurs superficies de charge électrique de même signe. (K)

La stabilité des suspension colloïdales est due aux forces de répulsion induites par un potentiel zéta élevé, à l'adsorption de colloïdes protecteurs lyophiles 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 zéta 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 déstabiliser.

La coagulation peut être réalisée par :

- Abaissement du potentiel zéta par l'addition d'un électrolyte cationique fort tel que  $Al_2(SO_4)_3$ .

- Addition d'un électrolyte cationique et d'un alcali pour former des hydroxydes de type  $M_x(OH)_y^{z+}$ . Ces complexes ioniques sont adsorbés par le colloïde en formant une enveloppe.

- Addition d'un polyélectrolyte cationique en quantité ~~suffisante~~ pour abaisser le potentiel zéta à zéro, les forces d'attraction deviennent effectives et le polyélectrolyte agit par pontage mécanique.

- Coagulation mutuelle de polyélectrolytes anioniques et cationiques.

- Agglomération d'un colloïde négatif avec un polyélectrolyte anionique ou non ionique .

- Blockage dans les floes d'hydroxydes.

Les coagulants les plus utilisés de nos jours sont le sulfate d'alumine, les sels ferriques et la chaux.

a°/ La coagulation à l'aide du sulfate d'alumine : Le sulfate d'alumine réagit comme suite :



Bien entendu, les proportions seront fonction de divers critères en particulier le pH qui a un rôle fondamental vis-à-vis <sup>de</sup> la solubilité des hydroxydes ( à pH=4, la solubilité est 51,3 mg/l).

b°/ La coagulation à l'aide des sels ferriques : Les sels ferriques agissent selon la réaction suivante :



Le floe est chargé positivement en milieu acide et négativement en milieu alcalin. Quant à l'hydroxyde ferrique sa précipitation est obtenue à des pH inférieurs à 5,5.

c°/ Coagulation à l'aide de la chaux : La chaux agit différemment, elle réagit avec l'alcalinité calcique, précipitation de carbonate de chaux, et avec les orthophosphates ( précipitation d'hydroxyapatite calcique).

Les sels de magnésium, éventuellement présents, précipitent à pH élevé sous forme d'hydroxyle qui agit comme flocculant, c'est sans doute pour cette raison que la clarification est meilleure à pH élevé.

Le tableau "2" présente les résultats obtenus par divers coagulants sur l'élimination de la coloration des eaux usées de l'industrie des pâtes à papier.

#### IV.1.2. FLOCCULATION

L'objectif de la flocculation est le regroupement des particules colloïdales sous forme de flocs séparables de la phase liquide par décantation, elle suit à la coagulation en associant des éléments plus gros c'est-à-dire on fait des agrégats formés par l'ensemble des particules. Elles résultent des 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 collision. On peut utiliser à cet effet des adjuvants ou flocculants qui sont des corps utilisés à des quantités sensiblement plus faibles que les réactifs coagulants et qui modifient nettement le comportement de ces derniers en agissant sur la rapidité de formation des flocons, la dimension des flocons, leur densité et leur vitesse de sédimentation.

#### IV.2.2.1. REACTIFS DE FLOCCULATION OU FLOCCULANTS

On distingue les flocculants suivant qu'ils soient de nature minérale ou organique.

a°/ Flocculants minéraux : Parmi les flocculants minéraux on distingue :

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

b°/ Floculants organiques : parmi les floculants organiques on distingue

- Les alginates ( extrait d'algues);
- Les amidons ( extrait de graines végétales);
- Certains dérivés de la cellulose;
- Des suspensions de déchets de pain azyne.

La silice activée a été le premier floculant employé, c'est encore actuellement celui qui peut donner les meilleurs résultats avec du sulfate d'alumine.

ELIMINATION DE LA COLORATION D'EAUX USEES.

STATION	COAGULANT	DOSAGE EN (mg/l)	pH	COLORATION (°)		DCO (mg/l)		
				EAUX BRUTES	% ELIMINES	EAUX BRUTES	% ELIMINES	
1	$Fe_2(SO_4)_3$	500	3,5-4,5	2250	92	776	60	
	ALUN <sup>(1)</sup>	400	4,0-5,0					53
	CHAUX	1500	-					38
2	$Fe_2(SO_4)_3$	275	3,5-4,5	1470	91	480	53	
	ALUN	250	4,0-5,5					48
	CHAUX	1000	--					45
3	$Fe_2(SO_4)_4$	250	4,5-5,5	940	85	468	53	
	ALUN	250	5,0-6,5					44
	CHAUX	1000	-					40

## IV.2. TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Lorsque les éléments sont présents sous forme soluble ou lorsque leur taille ne leur permet pas d'être piégées par les traitements ~~physi~~ physiques sont au prix d'un conditionnement physico-chimique complémentaires, on utilise un traitement biologique.

Il permet de faire passer par l'action des microorganismes des éléments floculables et de constituer ainsi des agrégats que l'on peut de nouveau séparer de la phase liquide.

### IV.2.1. PRINCIPE ET MECANISME DE L'EPURATION BIOLOGIQUE

L'épuration biologique des eaux résiduaires est basée sur l'activité vitale des microorganismes et dans une grande mesure des bactéries. Ces microorganismes utilisent les matières organiques dissoutes ou amenées à une forme soluble d'une part pour la formation de substances cellulaires nouvelles, ce qui a pour résultat de les éliminer du liquide. (5)

La dégradation biologique des matières organiques biodégradables présentes dans les eaux usées s'effectue en deux phases distinctes.

- Une phase d'adsorption très rapide au cours de laquelle les substances organiques s'adsorbent sur la membrane extérieure de la cellule.

- Une phase d'oxydation plus lente au cours de laquelle a lieu l'oxydation ou la stabilisation des matières organiques en produits de décomposition tels que  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ .

La vitesse de décomposition dépend de plusieurs paramètres tels que la quantité d'oxygène nécessaire, la masse totale des microorganismes, la température et surtout la nature des substances à traiter.

En effet de nombreuses substances sont très rapidement dégradables alors que d'autres le sont plus lentement. (6)

Les boues que l'on obtient sont constituées en grande partie de microorganismes dont le développement s'est poursuivi au fur et à mesure de la dégradation des éléments fermentescibles.

Les principaux procédés de traitement biologiques se classent en trois catégories :

- 1 - Les boues activées ;
- 2 - Les lagunes ou bassins d'oxydation ;
- 3 - Les lits bactériens ( moins utilisés en pratique ).

Ces procédés qui ont été mis au point pour l'épuration des eaux urbaines sont utilisés pour les effluents de papeteries et de pâtes sous réserves de pallier les déficiences en azote et en phosphore.

#### IV.2.1.1. BOUES ACTIVEES

a°/ Principe : Dans ce système, les effluents biodégradables sont mis en contact pendant un temps suffisamment long avec des amas biologiques floculés maintenus en suspension et en agitation au sein du liquide à traiter de façon à assurer un contact intime avec toutes les parties de l'effluent. Desurcroit, ces amas biologiques ( boues activées ) sont renouvelés en permanence en circulation continue.

Le processus est aérobi, et la présence d'une quantité suffisante en oxygène est indispensable.

Le procédé se déroule en trois étapes essentielles :

- Adsorption et absorption des matières organiques de l'effluent par les amas biologiques ;
- Oxydation et dégradation de ces matières organiques et synthèse de nouveaux micro-organismes.
- Oxydation et dégradation d'une partie des amas biologiques eux mêmes.

La première étape est très importante en ce qui concerne l'épuration proprement dite de l'effluent. Son efficacité dépend de l'état dans lequel se trouvent les amas biologiques au moment même de leur mise en contact avec les eaux traitées.

L'élimination de la pollution se fait ensuite par transformation en protoplasmés, en produits du métabolisme des micro-organismes et auto-oxydation des boues qui se trouvent, si elle est complète, stabilisées et minéralisées.

Cette élimination se fait en partie dans le bassin et de mieux en mieux

si le temps de séjour est plus prolongé, et partiellement en dehors du bassin dans les ouvrages de traitement des boues ( digesteurs, incinérateurs,.....).

b°/ Fonctionnement : Ce procédé est comparable à celui utilisé dans les stations de traitement des eaux usées urbaines, les effluents neutralisés passent d'abord dans le décanteur primaire où sont éliminées les M-E-S; puis sont dirigées vers le bassin de boues activées où se trouvent les micro-organismes.

Après un temps de séjour, le mélange est décanté dans un décanteur secondaire. L'effluent épuré s'écoule par surverse, tandis que les boues biologiques décantées sont en partie recyclées en tête de cuve d'aération. La pollution organique dissoute se trouve de cette façon transformée en boues décantables qui sont par la suite évacuées et traitées.

Par ce procédé, la réduction de la DBO est de l'ordre de 50 à 90 %.(6)

c°/ Flore microbienne des boues : De très nombreuses espèces bactériennes peuvent participer à la formation des boues activées. La nature des composés polluants sélectionne la nature du genre dominant et influe sur les conditions du milieu. C'est ainsi qu'en rejet riche en matières protéiniques favorise le développement des genres alcaligènes, Bacillus ou Flavobactérium, par contre une eau résiduaire riche en glucide ou en hydrocarbures conduit à la prédominance du genre Pseudomonas. La présence du soufre réducteur a pour effet de développer des genres Thiobacillus.

A côté des bactéries, le groupe le plus important est celui des protozoaires qui ne s'attaquent pas directement à la pollution organique, mais jouent le rôle de prédateurs vis-à-vis de la flore bactérienne. Les protozoaires sont des indicateurs précieux pour l'exploitant, car la prédominance de telle ou de telle espèce peut renseigner sur le niveau d'adaptation de ces boues activées. (7)

d°/ Recirculation des boues : Afin de maintenir une concentration constante en boues dans le bassin d'aération, on effectue un recyclage des

boues, Celui-ci se réalise à partir des boues décantées dans le décanteur secondaire.

Le débit de routour des boues peut varier de 15 à 100 % du débit moyen de l'effluent traité. (8)

e°/ Paramètres spécifiques aux boues activées : On distingue général l'âge des boues, les charges appliquées et l'indice de Mohlman.

- Charges appliquées : La différence entre les différents types de traitement par boues activées, classés en forte charge, moyenne charge et faible charge porte sur l'accent donné aux phénomènes de métabolismes des micro-organismes et d'auto-oxydation des boues. La charge dont il est question est :

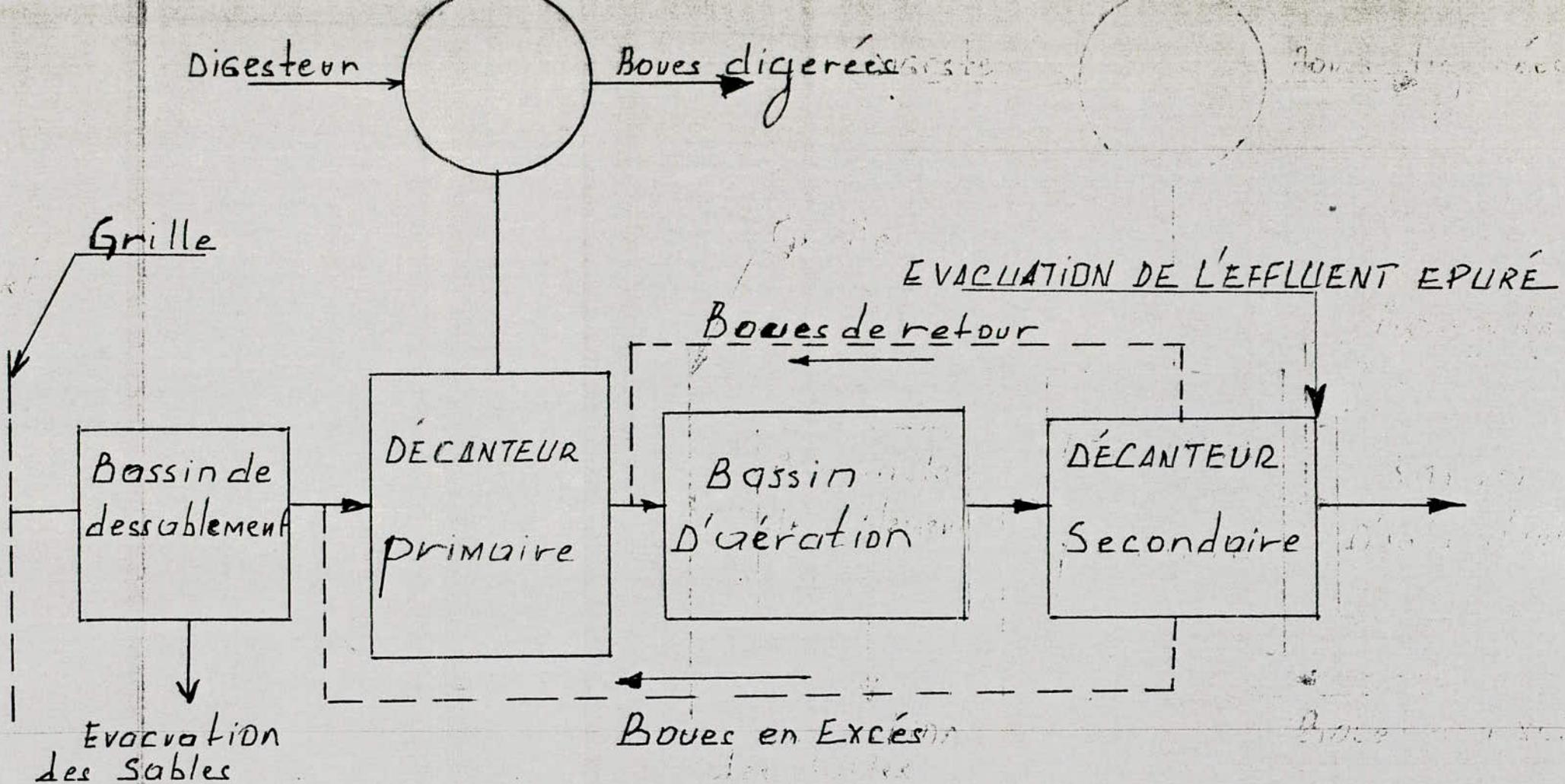
D'une part volumique traduisant la  $DBO_5$  enlevée de l'effluent par unité de volume de réacteur. Elle est liée au temps de rétention de l'effluent dans le réacteur.

D'autres part, massique traduisant la  $DBO_5$  enlevée de l'effluent par poids de MVS totales de boues activées présent dans le bassin.

- Age des boues : C'est la durée d'aération subie par les boues activées avant leur élimination par purge. Il est convenu de le définir comme le rapport entre la quantité totale de boues (MVS) et la production de boues dans le bassin.

- Indice de Mohlman : C'est le volume occupé après un temps de repos (décantation de 30 minutes par quantité de boues correspondant à 1g de matières sèches volatiles. Cet indice s'exprime donc en ml/mg. Il permet de traduire la décantabilité et le foisonnement des boues. Ainsi un indice compris entre 50 et 100 correspond à une très bonne décantabilité, par contre au dessus de 500 des difficultés de séparation apparaissent.

L'aération dans les bassins à boues activées est une caractéristique des procédés artificiels d'épuration des eaux résiduaires par voie biologique. On peut considérer en fait, que le phénomène de transfert de l'oxygène a lieu en trois étapes distinctes :



Schema d'une Station de traitement  
 Par Boues Activées

- Transfert très rapide de l'oxygène de l'air vers la phase liquide.
- Diffusion des molécules d'oxygène à travers le film liquide.
- Mélange interne de l'oxygène au liquide par des phénomènes de diffusion, de convection ou encore de turbulence.

#### IV.2.1.2. LAGUNAGE OU BASSIN D'OXYDATION

Le lagunage est un traitement extensif. Le principe de fonctionnement est simple. On laisse s'écouler les effluents pollués dans une lagune où ils s'éjourment pendant un temps assez long ( environ 10 jours ), les micro-organismes présents, oxydent le matière organique.

On reconnaît le même phénomène que l'auto-épuration. On distingue le lagunage simple et le lagunage aéré.

a°/ Lagunage simple : Une installation de lagunage simple ou aérobie facultatif consiste en un ou plusieurs bassins, généralement, bruts de terrassement peu profonds ( 80 cm à 1,2 m ) où les eaux à épurer s'éjourment plusieurs semaines.

Les MES se déposent et subissent au fond une digestion anaérobie. Les matières organiques colloïdales ou dissoutes évoluent en aérobie dans le liquide supérieur. L'oxygène nécessaire étant apporté par la réaération superficielle naturelle et surtout par l'assimilation chlorophyllienne des algues. Ce procédé très simple nécessite de grandes surfaces.

b°/ Lagunage aéré : L'apport d'oxygène nécessaire à la dégradation aérobie des matières organiques est assuré par des dispositifs mécaniques d'aération superficielle ( Turbines fixes ou flottantes ) ou par insufflation d'air se déposant au fond du bassin et sortent dans une zone calme ménagée à cet effet au voisinage de la sortie.

Les fréquences des curages dépendent de la charge de l'effluent et des dimensions du bassin. Elles varient de 3 à 10 ans pour les effluents domestiques.

Dans les eaux résiduaires, les éléments organiques sont particulièrement dégradables, mais le rendement de bassins simples laisse à désirer.

#### IV.2.1.3. LITS BACTERIENS

Le principe d'épuration s'inspire des méthodes mises à l'épreuve dans l'épuration par le sol.

Dans les lits bactériens, l'aération a été améliorée en utilisant des matériaux poreux tels que scories, pouzzolanes, cokes et machefères, ces matériaux arrosés d'eau décantée, se recouvrent, après quelques semaines de maturation, de pellicules membrancuses très riches en bactéries qui assurent l'épuration des eaux.

Dans les lits bactériens, les agents de l'épuration, se présentent sous forme d'agrégats hétérogènes qu'il faut maintenir en suspension.

Dans les procédés à bactéries fixées, au contraire, on propose à la culture bactérienne un support à la surface duquel elle se développe, formant une couche mince ( film biologique, zoogléa,...) développée. L'effluent ruisselle à travers le milieu support et l'apport d'oxygène s'effectue de façon continue par l'air qui traverse lentement le dispositif.

Dans d'autres procédés, il y a alternance des phases d'alimentation en substrat et en oxygène, ce qui peut être obtenu notamment par rotation du support, successivement émergé et immergé, mais d'autres variantes sont possibles. Dans les deux cas précédents, l'oxygène indispensable est directement puisé dans l'atmosphère sans intervention mécanique. On a créé au cours de ces dernières années des systèmes où, comme en boues activées, l'air est injecté dans la masse du liquide, ou même dissous préalablement dans l'effluent à épurer.

Il existe donc une grande diversité et, à côté des procédés connus et éprouvés depuis plus d'un siècle (les lits bactériens), On voit et on verra apparaître de nombreux procédés, parmi lesquels il est encore difficile de distinguer ceux qui sont promis à un réel avenir technologique de ceux qui resteront à leur état prototype.

a°/ Principe de fonctionnement : L'effluent ruisselle à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support. Celle-ci comporte une forte proportion de bactéries, des champignons, mais aussi des formes minérales ( vers, larves d'insectes ) dans les zones à l'abri du courant liquide. Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique soluble ou particulaire de l'effluent, l'appauvrissent prog-

ressivement au cours de son trajet. La zoogée ainsi alimentée tend à s'épaissir. Comme la diffusion de l'oxygène de l'air, qui circule lentement dans les interstices de la masse du matériau-support, est limitée à une épaisseur de quelques centaines de microns, la partie interne de la zoogée passe en anaérobiose. Les produits de l'activité anaérobie diffusent vers l'extérieur, rencontrent la pellicule externe aérobie, où ils sont repris et oxydés. En fonctionnement normal, il ne doit pas y avoir de manifestations extérieures d'une anaérobiose pourtant inévitable.

L'accroissement de l'épaisseur de la zoogée est compensé par l'érosion hydraulique due au ruissellement. L'aspect de ce phénomène est quelque peu différent selon le débit appliqué. Avec de faibles débits, l'érosion est assez faible pour permettre un épaissement important de la zoogée. L'activité anaérobie attaque tous les matériaux facilement biodégradables, et la couche profonde évolue pour rendre l'aspect d'une boue minéralisée, qui se détache par pellicule et est évacuée lorsque l'encombrement du lit provoque localement une accumulation d'eau. Si le débit est plus important, il ne permet pas la formation d'une zoogée épaisse et il entraîne presque en continu des flocons légers, très putrescibles, équivalents des boues en excès des systèmes à boues activées à moyenne charge..

Le matériau-support doit donc présenter simultanément plusieurs qualités :

- Forte surface spécifique, permettant d'obtenir le maximum de surfaces biologiquement actives.
- Bonne perméabilité à l'air et à l'eau.
- Résistance à l'écrasement et à la corrosion.

b°/ Répartition de l'effluent : La répartition de l'effluent sur le lit est une opération importante : il convient qu'elle soit aussi régulière que possible, pour éviter les cheminements préférentiels, donc une mauvaise utilisation de volume du lit. En France, le système le plus répandu est un tourniquet (sprinkler), ce qui entraîne pour le lit une forme circulaire ou polygonale proche du cercle. Le nombre de bras radiaux

est au moins de deux. Il peut passer à quatre ou à six pour de grandes installations, car on s'efforce de ne pas dépasser une vitesse périphérique de 0,8 ou 1m/s. La vitesse de rotation varie dans ces conditions de 3 ou 4 tours par minute pour les petits appareils à 1 tour par minute pour les grands. La répartition des orifices distributeurs sur les bras est calculée de façon à assurer une répartition égale : les orifices sont donc plus serrés vers l'extrémité, qui doit par ailleurs être obturée par une plaque pleine facile à enlever pour permettre un ramonage en cas d'obstruction.

La perte de charge dans les sprinklers est faible, inférieure à 0,8 mètre. L'entraînement est couramment assuré par un moteur hydraulique utilisant la charge du liquide, mais il est plus sûr de prévoir un moteur électrique dont la consommation reste faible. Les bras seront haubanés, en prévoyant une possibilité de réglage.

Certains ouvrages sont munis de dispositifs fixes (rampes déversantes, orifices fins de pulvérisation, projections de jets sur des plaques pleines, ajutages en éventail), mais aussi l'équirépartition du débit peut se révéler difficile. (9)

La première phase de notre étude expérimentale a été consacrée à la connaissance de la papeterie de Baba-Ali et au choix des paramètres de pollution. Le choix a été fixé selon l'importance des polluants et les possibilités matérielles mises à notre disposition.

La technique de prélèvement doit être étudiée avec soin car la représentativité de l'échantillonnage conditionne les résultats.

Notre échantillon a été effectué manuellement, pour cela nous avons utilisé une bouteille de 500 ml en verre qu'on plonge complètement dans l'égout (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 où ils sont analysés.

#### Appareillage utilisé

Traitement physico-chimique.

L'essai de floculation coagulation appelé jarrest cherche à reproduire à toute petite échelle les processus complexes de coagulation floculation la figure n° 2 Schématise le procédé de traitement physico-chimique

L'essai est effectué sur un flocculateur de laboratoire qui permet d'étudier simultanément 8 échantillons de 500 ml d'eau usée chacun.

La diffusion rapide du réactif coagulant et l'agitation lente jusqu'à 30 tours par mn) pour la floculation peuvent aussi se faire de manière identique pour tous les échantillons.

Pour nos essais de coagulation floculation nous avons utilisés le sulfate d'alumine qui est souvent utilisé dans le traitement des eaux résiduaires de papeteries.

### Choix des paramètres à Analyser

Les paramètres ou critères qualitatifs sont la température (T°C) couleur, pH, DCO, DBO, MES, l'Azote et le phosphate. Ces paramètres permettent l'évaluation de la pollution et l'effet sur les milieux récepteurs.

Ils permettent aussi d'avoir une idée quand aux procédés qu'il faut utiliser ou mettre en oeuvre pour assurer une épuration. Ces mesures et analyses permettent ou visent à caractériser l'état de l'eau qui est un concept spéculatif.

Les méthodes utilisées lors de la détermination de la DCO, DBO et MES sont présentés en détail en Annexe.

### Le choix des points de prélèvement :

Dans le cadre de notre étude nous nous sommes intéressés au traitement des eaux résiduaires de la papeterie de Baba-Ali. Pour cela nous nous sommes limités à des prélèvements au niveau du collecteur principale.

Lors du traitement biologique nous avons utilisés pour opérer en aérobie un compresseur, une bonbonne de 10 l un decanteur secondaire.

Les boues ont été prélevés de la stations d'épuration de KOLEA leur activation s'est faite au laboratoire par aération en discontinue et apport de nutriments et cela pendant des périodes de trois heures.

Un schéma montrant la procédure adoptée lors du traitement biologique est mentionnée sur la fig n° 3.

Les prélèvements effectués au nombre de cinq au niveau du collecteur principale de la CELPAP de Baba-Ali, nous ont donnés des résultats légèrement différents.

Lors de notre étude nous avons utilisés un échantillon qui représentait la moyenne en taux de pollution de l'ensemble des prélèvements.

Les paramètres mesurés sont consignés sur le tableau I.

Paramètres de pollution	pH	DCO	Cl	MES	T
Valeurs des paramètres	12	2200	8 52	13668	37°C

Tableau I. Paramètres de pollution

a) Matières en suspensions

Les matières en suspension sont aussi très importantes et elles sont dues aux fines particules venant de la chambre de voyage et en particulier des matériaux de remplissage de talc argile carbonate de calcium, dioxyde de titane en provenance de l'Atelier papier. La valeur est nettement supérieure à la norme de rejet qui est de 30 mg/l.

b) Demande chimique en oxygène.

Les valeurs de la DCO sont fortement élevées et dépassent de très loin la norme de rejet fixée à 90 mg/l. La valeur obtenue correspond à l'effluent des liqueurs noires concentrés car celui-ci renferme beaucoup de matière organiques

Le rejet de substances organiques très élevées en DCO peut réduire ou épuiser l'approvisionnement en oxygène dissous qui est indispensable pour la préservation de l'Animal aquatique et développer la reproduction. Pour cela il est indispensable de traiter l'effluent avant son rejet dans la rivière.

c) Teneur en chlorures

Les teneurs en chlorures des effluents de la papeterie de Baba-Ali sont très élevées c'est tout à fait normal car la pâte à papier <sup>subit</sup> une chloration et un blanchiment avec de l'hypochloride de sodium. Nous remarquons que la valeur est nettement supérieur à la norme de rejet qui est de 100 mg / l.

RESULTATS ET INTERPRETATION

### III 1 Traitements physico-chimiques

Les effluents de la papetterie de Baba-Ali sont caractérisés par une coloration noir dans le but d'éliminer cette coloration nous avons optés pour la coagulation floculation qui sera appliquée a la liqueur noir et l'étude consiste à trouver les meilleurs coagulants et les quantités optimales qui mènent aux meilleurs rendements.

Pour nos essais de floculation coagulation nous avons utilisés le sulfate d'alumine qui est souvent utilisé dans le traitement des eaux résiduaires de papeteries.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau 2.

Tableau N° 2

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>
mg/l de Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> à 10 %	1	3	6	10	13	16	19
MES en mg/l	854	900	435	122	226	558	942

Une des caractéristiques principales des particules colloïdales est de posséder une charge électrique de surface et d'autre part cette particule est très stable.

Le procédé de floculation coagulation a pour rôle dans un premier temps de déstabiliser ces particules par une agitation mécanique ensuite l'agglomération sous forme de floccs facilement décantables.

D'après le tableau la valeur minimale correspondant à la valeur optimale est obtenue pour la dose de 10 ml.

D'autre part les matières en suspension sont très élevées et elles sont dues aux fines particules venant de la chambre de broyage et en particulier des matériaux de remplissage de talc, argile, carbonate de calcium dioxyde de titane en provenance de l'atelier papier.

Le graphe 1 traduit bien les résultats que nous avons obtenus. En augmentant progressivement les doses du coagulant, on obtient une élimination très remarquable et ceci jusqu'à une valeur optimale de 0,2 g par ~~litre~~ litre d'effluents à traiter. Ensuite les MES augmentent de nouveau traduisant l'excès du coagulant qui a pour effet d'inverser la charge donc vers une déstabilisation des particules. D'autre part, la mesure des DCO des effluents traités ont donné les résultats mentionnés sur le tableau. 3

Détermination de la DCO des eaux traitées

Tableau 3

$Al_2(SO_4)_3$ à 10 %	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>
$Al_2(SO_4)_3$	1 ml	3 ml	6 ml	10 ml	13ml	16ml	19 ml
DCO en mg/l	/	1144	/	580	/	1336	/
p H	9,2	8,3	6,3	5	4,8	4,8	5,8

Les valeurs élevés de MES DCO Correspondent à l'effluent du liqueurs noire concentrés car celui-ci renferme beaucoup de matières organiques.

Le rejet du substances organiques très élevés en DCO peut réduire ou épuiser l'approvisionnement en oxygène dissous qui est indispensables pour les préservation des animaux aquatique et développer la vitalité des espèces malgré le traitement physico-chimique ,il reste à traiter l'effluent avant son rejet dans l'oued.

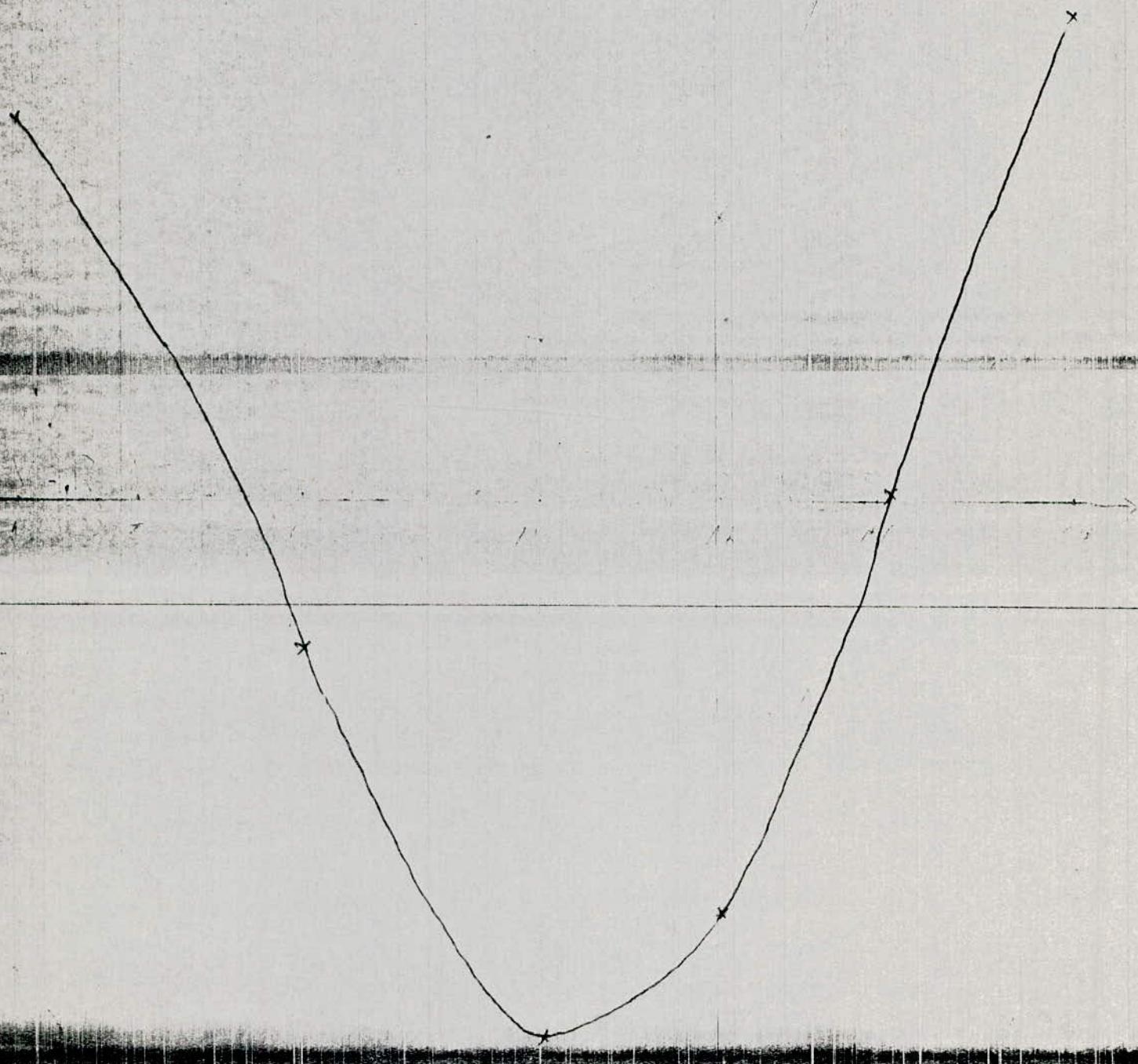
Détermination des chlorures après coagulation floculation:

tableau 4

mg de $Al_2(SO_4)_3$ à 10 %	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>
mg de $Al_2(SO_4)_3$ à 10 %	1	3	6	10	13	16	19	
ml de $AgNO_3$ (0,1N) pour 25 ml de la solution complète à 100 ml d'eau distillée.	2,5	2	2,3	1,6	1,9	2	2,2	
	355	284	327	235	270	254	312	

# VARIATION DES MEM EN FONCTION DE LA DOSE DU COAGULANT

Fig 1



VARIATION DES MEM EN FONCTION

1 3 6 10 13 16 19

VARIATION DES CHLORURES  
EN FONCTION DE LA DOSE  
DU COAGULANT

Fig. 2.



Pour confirmer les résultats précédents nous avons effectué une deuxième campagne de prélèvements et nous avons restreint notre étude à l'utilisation de  $Al_2 (SO_4)_3$  avec des doses ayant données les meilleurs résultats.

Pendant la première campagne les résultats de cet essai sont donnés dans le tableau A<sub>3</sub>.

Ils confirment que la dose optimale est de 30 ml de  $Al_2 (SO_4)_3$  / 500 ml d'eau bien que les valeurs des Mes soient plus grandes que lors de la première campagne. Ce qui par conséquent traduit des fluctuations importantes au niveau des rejets de l'unité suite à un processus de fabrication non constant.

En utilisant la dose optimale de 30 ml de  $Al_2 (SO_4)_3$  / 500 ml d'eau nous recueillerons la quantité de surnageant nécessaire à la deuxième phase de notre étude qui concerne l'épuration biologique

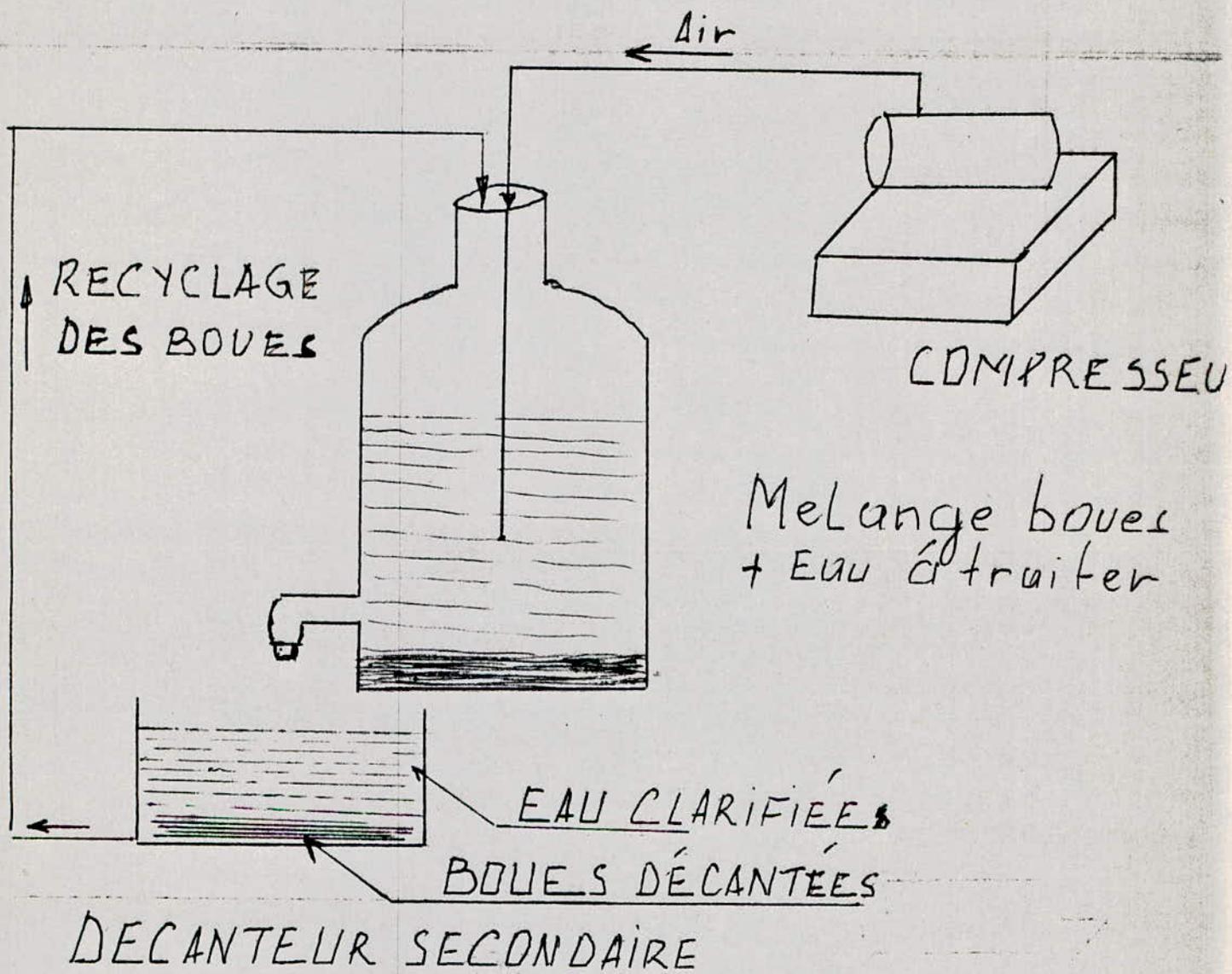
#### Traitement biologique

#### Matériel utilisé

Le traitement s'effectue au niveau d'une bonbonne de verre à une capacité de 15 l dans laquelle sont déposés:

- 5 l de surnageant de coagulation floculation obtenus avec la dose optimale de 30 l / 500 ml de  $Al_2 (SO_4)_3$ .

- 2 l de boues activées recueillies au niveau de la station de Kolea au niveau du bassin d'aération et mélangé au surnageant dès son arrivée au laboratoire.



RECYCLAGE  
DES BOUES

Fig 2

Schema du traitement biologique  
par boues activées

L'aération est assurée par un compresseur et fonctionne en discontinu avec deux tranches d'aération (de 3 heures chacune)

Les paramètres qui seront suivis retenus pendant une durée d'aération de neuf (09) jours sont les suivants

DCO

DBO

pH

Teneur en chlorures

Mes (Matières en suspension)

Un échantillon de 200 ml environ du mélange boue-eau est recueilli chaque jour après arrêt du compresseur et conservé au réfrigérateur avant d'être analysé.

La prise d'échantillonnage commence à partir du troisième jour, les deux premiers étant consacrés à la phase de latence des micro-organismes qui s'adaptent progressivement au milieu.

En outre le milieu n'est pas renouvelé pour simuler un traitement en conditions réelles.

Les différents résultats obtenus, suite au traitement biologique, sont consignés sur le tableau 5.

Tableau 5

variation des differents parametres pendant le traitement biologique

Echantillon durée de l'aération	DCO en mg/l	DBO en mgs/l de cl	Chlorures en mgs/l	pH	T°	Mes mgs/l
Après 02 jours	11000	5000	693,20	4,8	35	93
Après 03 jours	8500	3200	665,62	4,7	37	150
Après 04 jours	6000		644,80	4,5	38	
Après 05 jours	4000		624,80 /	4,5	36	374
Après 06 jours	2500	1340	582,20	4,35	36	427
Après 07 jours	1800		571,30	4,4	36	498
Après 08 jours	1500	890	568,00	4,35	35	508
Echantillon initiale	35000			12,1	35	
Après floculation Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> à 100gm/l	13600	5250	710,40	5,8	38	64

Nous constatons une activité microbienne qui a tendance à se ralentir vers le huitième (8eme) jours. Cela est confirmée par la progression de MES consecutive à une prolifération de boues en suspension. De plus nous constatons de visu une augmentation progressive de boues sédimentées. Suite à l'augmentation de la biomasse.

La faible diminution des chlorures peut-être imputée à la formation de précipité dans le milieu complexe .

Le pH diminue légèrement dès qu'on mélange l'eau traitée par coagulation flocculation avec la boues activées dans le pH est de 4 Il diminue légèrement les premiers jours puis a tendance à se stabiliser à partir du 5eme jours d'aération.

Nous pouvons suggérer\* qu'il y a développement de réactions, anaérobies résiduelles.

Lors du début d'aération conduisant à une très légère acidification du milieu par formation d'acide organique. Par suite ce dernier a été convenablement approvisionné en oxygène et les réactions se sont déroulées en aérobose quasicomplète.

Nous remarquons d'après le graphe donnant la croissance des Mes en fonction du temps d'aération (fig D<sub>4</sub>) que la croissance bactérienne n'a pas encore atteint son optimum au bout du 8eme jour alors que <sup>les</sup> (d'après) études signalent le début de respiration endogène (réduction de la biomasse par auto-injection dès le 4eme jours cela s'explique par l'adaptation des bactéries (plus lente) au milieu qui est très chargé en éléments peu ou pas biodégradables

Cet état de fait est de toutes façon encourageant car il signifie qu'il y a une activité microbienne et qu'une aération plus poussée permettrait probablement à abaisser encore plus les valeurs de DCO et DBO<sub>5</sub> à des seuils acceptables permettant un rejet sans risque de pollution grave par les liqueurs noires traitées;

A nos conditions expérimentales, nous constatons que malgré la nature des eaux (liqueurs noires) qu'on estime à première approche difficilement biodégradable, se sont révélées apte à un traitement biologique avec boues activées.

Le coût de tel traitements localisés est souvent moins élevé en investissement comme en frais d'exploitation, que le coût d'un traitement généralisé en aval.

Par exemple dans l'unité CELPAP de Baba Ali, les eaux blanches des machines à papier peuvent être recyclées en différents postes de fabrication après séparation mécanique de la pâte et des fibres.

#### Réduction de la pollution par récupération des sous produits:

La papeterie a été toujours classée parmi les branches industrielles fortes utilisatrices d'eau. En réalité, cette eau n'est pas consommée totalement sa plus grande part est rejetée dans le milieu récepteur additionnée de résidus de fabrication qui en certains points du territoire posent des problèmes de pollution.

L'accent mis aujourd'hui sur la préservation du milieu naturel conduit à considérer cette industrie avec une attention croissante. Le traitement des eaux résiduaires constitue une part importante de la politique de défense de l'Environnement.

Les mesures de réduction permettent de recycler les effluents en pareil cas:  
Gain de matière première, gain d'eau, diminution de la charge de pollution donc  
de contribuer à une meilleure efficacité.

a) Traitements partiels des eaux à recycler:

Tous les recyclages d'eau admissibles sans traitement sont supprimés  
à moindre frais, il est généralement possible de pousser plus loin les reutilisations  
d'eau en les soumettant au préalable à une épuration partielle, qui peut  
s'accompagner d'une récupération de matières coûteuses d'autant plus qu'elles  
sont importées. Cette pratique du traitement localisé dans la chaîne de fabrication  
avec recyclage immédiat de l'eau, dont le but n'est pas d'obtenir une épuration  
complète de l'eau, qui permettait le rejet en milieu naturel mais une clarification  
intermédiaire, compatible avec la reutilisation industrielle localisée de cette eau

b) Possibilité de récupération des lessives résiduelles :

Comme mesures de réduction de la charge polluante, on peut entendre une  
récupération d'une grande partie des matières et produits chimiques employés.

On peut citer en premier lieu les récupérations après caustification de la  
soude continue dans la liqueur noire.

La récupération des lessives résiduelles (liquors noirs) est intéressante  
par ces deux aspects économiques:

## VIII Conclusion :

Nous avons eu à procéder tout au long de ce travail à une étude de traitement des eaux résiduaires de la papeterie de Bob-Ali.

Le problème devient complexe dès lors qu'il s'agit de s'attaquer à un problème de pollution.

Néanmoins, les expériences menées à la mesure de nos possibilités et des moyens limités mis à notre disposition tant en laboratoire, qu'à l'usine nous ont permis de dégager certains résultats et orientations en vue d'une perspective de résolution des problèmes de pollution et de traitement.

L'analyse des rejets à l'aide des paramètres tels que DBO, DCO, MES, et a révélé une forte concentration de charges polluantes engendrant des conséquences néfastes à la fois sur la production et l'environnement (perte de matière, asphyxie de l'étend EL-Harrach). Il va sans dire que la teneur en DBO se trouve élevée alors que l'oxygène du cours d'eau est plus réduit.

Nous estimons que le traitement des eaux résiduaires est subordonné à deux aspects :

Au niveau interne, il faut insister sur le côté prévention de la pollution au niveau même du processus technologique de fabrication (Economie d'eau, de matières valorisables) et dans le but de récupérer les matières.

Les responsables doivent se soucier par ailleurs de la modernisation progressive dans le temps du matériel de l'usine Atelier Cellulose et papeterie.

L'autre aspect consiste à procéder à un traitement des rejets en station d'épuration. Dans cet ordre d'idées, considuant l'état actuel du fonctionnement de l'usine et du l'Appareillage très anciens et vétuste (les installations datent des années 1950 et sont très usagées), nous estimons que la remise en en place d'un procédé de recuperation est une operation qui demande des investissements elevées liés à une technologie qu'il faudrait importer.

L'autre aspect consiste à procéder à un traitement des rejets en station d'épuration. Dans cet ordre d'idées, considuant l'état actuel du fonctionnement de l'usine et du l'Appareillage très anciens et vétuste (les installations datent des années 1950 et sont très usagées), nous estimons que la remise en en place d'un procédé de recuperation est une operation qui demande des investissements elevées liés à une technologie qu'il faudrait importer.

A N N E X E S

Méthode d'Analyse de l'eau

- 1 - Détermination de la demande chimique en oxygène
- 2 - Dosage des chlorures par la méthode de *Mer*
- 3 - Détermination des matières en suspension par filtration.
- 4 - Détermination de la demande biologique en oxygène.

## I Détermination de la demande chimique en oxygène principe

Dans des conditions bien définies certaines matières contenues dans l'eau sont oxydés par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence du sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

### Réactifs

- Eau distillée fraîchement préparée
- Sulfate de mercure cristallisé
- Solution sulfurique de sulfate d'argent 0,66 %
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium 0,25
- Solution de dichromate de potassium 0,25 N.
- Solution de ferroïne.

### Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un ballon de 500 ml ou éventuellement une même quantité de dilution. Ajouter 1 g de sulfate de mercure cristallisé et 5 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent.

Chauffer, si nécessaire, jusqu'à parfaite dissolution. Ajouter 25 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Porter à ébullition pendant 2 heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. Laisser refroidir diluer à 350 ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne.

Déterminer la quantité nécessaire de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violet procéder aux mêmes opérations sur 50 ml d'eau distillée.

### Expression des resultats

Les demande chimique en oxygène (DCO) exprimé en mg d'oxygène par titre est égale a  $8000 (V_0 - V_i) T/V$ .

$N_0$  : volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage (ml).

$V_i$  : volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml).

$V$  : volume de la prise d'essai

$T$  : titre de la solution de dichromate de potassium

### 2. Dosage des chlorures par methode de mordre

#### Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la reaction indique l'apparition de la teinte rouge caracteristique du chromate d'argent

#### Réactifs

- Acide nitrique pur
- Carbonate de calcium pur
- Solution de chromate de potassium à 10 %
- Solution de nitrate d'argent N/10.

#### Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à Analyser préalablement filtrée, dans un Erlen-meyer de 250. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur, puis une pincée de carbonate de calcium et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate

Expression des resultas

Pour une prise d'essai de 100 ml V x10x3,55 donne la teneur en chlorures exprime en mg de  $\text{Cl}^-$  par litre d'eau et vX10x3,85 donne la teneur en chlorures exprime en mg de NaCl par litre d'eau.

3- Détermination des matières en suspension par filtration :-Principe:

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminée par pesée différentielle.

-Mode opératoire:

Lâver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher à 105°C jusqu'à une masse contante, puis le peser à 0,1mg près après passage au dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de préssion . Verser l'échantillon(V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10ml d'eau distillée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage. Laisser éssorer le filtre, sécher à 105°C laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1mg près , jusqu'à poids constant.

-Expression des résultats/

La teneur de l'eau en matière en suspension ( $\text{mg}^{\wedge-1}$ )

est donnée par l'expression:  $1000(M_i - M_o)/V$

- $M_o$ :Masse du disque filtrant avant utilisation en (mg).

- $M_i$ :Masse du disque filtrant après utilisation en (mg).

; - $V$ :Volume d'eau distillée(ml)qui doit être d'au moins 100ml.

## BIBLIOGRAPHIE

M BOUDJELALI : Mr R M. KADI. A

Contribution à l'étude de la quantification de la pollution et  
traitements des eaux résiduaires de l'unité celpap de Baba-Ali

2. Degremond Technique de l'eau PARIS 1979.

3. Marcel chene

Analyse appliquée aux matériaux et aux produits cellulosiques.

4. Meinck. Stoof Kohlshuffer

les eaux residuaires industrielles 800 (pages) Collect Masson 1970

5. ECKENFELDER (W.W)

" Gestion des eaux usées urbaines et industrielles "

Techniques et Documentation

Ed lavoisier, Paris (1982).

6. J.P Bechac. l. Boutin. B. Mercier

P.NUER.

" Traitements des eaux usées "

7. LARPENT (J.P) LAPPENT (G.M)

" Eléments de Microbiologie "

Collection Enseignant des sciences.

Ed. berrman. Paris (1985)

8. GAID (A)

" Eduration Biologique des eaux usées urbaines

Vol I Ed. OPU ALGER (1984).

9. GOMELA (C) GUERRE (H).

Les eaux usées dans les cagglomerations urbaines et rurales

" Vol 2. le traitement.

Ed. Eyrolles. Paris (1983).

7. LARPENT (J.P) LAPPENT (G.M)

" Eléments de Microbiologie "

Collection Enseignant des sciences.

Ed. berrman. Paris (1985)

8. GAID (A)

" Eduration Biologique des eaux usées urbaines

Vol I Ed. OPU ALGER (1984).

9. GOMELA (C) GUERRE (H).

Les eaux usées dans les cagglomerations urbaines et rurales

" Vol 2. le traitement.

