

1 Ex

وزارة التعليم العالي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR.

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Genie de l'environnement

المركز الوطني لتنمية القدرات  
BIBLIOTHEQUE - المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### S U J E T

OPTIMISATION DU TRAITEMENT  
DE COAGULATION - FLOCCULATION  
DES  
EAUX DU BARRAGE DE KEDDARA

Proposé par :  
M<sup>r</sup> Aouabed .A

Etudié par :  
M<sup>r</sup> Zekkour .H

Dirigé par :  
M<sup>me</sup> Bouchtaoui .S  
M<sup>r</sup> Aouabed .A

PROMOTION :  
JANVIER 1988

1880

1880



\*\*\*\*\*

LE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A :

- . Mon Père
- . Ma Mère
- . Mes Frères
- . Mes Soeurs
- . Tous les membres de ma famille
- . Tous mes amis (es) .



\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*

\*\*

\*

—ooOoo—  E M E R C I E M E N T S —ooOoo—

\*\*\*\*\*

Je tiens à remercier vivement ma promotrice  
Madame BOUCHTAOUI S. ainsi que mon co-promoteur Monsieur AOUABED A.  
pour l'aide précieuse et les conseils qu'ils m'ont prodigué tout  
le long du semestre et les assure de ma profonde reconnaissance.  
Je tiens à remercier :

Mr KERBACHI R. Chef de Département du Genie de l'Environnement.  
Mr MAHIOUT S. Docteur d'Etat  
Mr DOWGIALLO A. Ex. Professeur à l'ENP  
Mr MAMERI  
Mme ABDI N.  
Mme MATEVA  
Mme AHMED ZAID  
Melle ARRAR  
Mr BOUGHDAOUI M.  
Mr TERRA M.  
Mr TERRA R.  
Mr TOUNSI  
Mr KERMIA  
Mr NEGGAZI A.  
Mr OUAZEL  
Mr NAIT CHERIF  
Mr EZZITOUNI M.  
Mr KHELIFAOUI M.  
Mr AMRI M.  
Mr SI YOUCEF L.  
Mr CHERGUI  
Mr HAMMOUDI  
Mr BELLAHCENE M.

- Personnel de la Société Degremant .



- Personnel de la Station de Boudouaou
- Personnel de l' A.N.R.H.
- Personnel de l'E.P.E.A.L.

Je tiens aussi à remercier tous les étudiants(es)  
de ma promotion et tout le personnel de notre département.  
Enfin que tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à élaborer  
ce modeste travail trouvent en quelques lignes l'expression de mes  
remerciements les plus sincères .

Département : Génie de l'environnement.

Promoteurs : Mme BOUCHTAOUI S.

Mr AOUABED A.

Elève Ingénieur : ZEKKOUR H.

الموضوع : صيغة مثلى لمعالجة المياه السطحية لسد قدارة  
الملخص : يتمثل مشروعنا في دراسة "فعالية بعض المواد التفاعلية"  
بغية تحديد أفضل زوج من هذه المواد . وتم التأكد من أن  
الزوج : (سولفات الألومنيوم / بنتونيت منشط) قد أعطى  
نتائج مثلى .

Sujet : Optimisation du traitement de Coagulation-Floculation des eaux  
du barrage de KEDDARA.

Résumé :

Notre étude consiste à étudier l'efficacité de certains coagulants  
et floculants afin de déterminer un traitement optimum.

Le couple  $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O /$  Bentonite activée a donné des résultats  
concluants.

Subject : Optimisation of the treatment of Coagulation and floculation of  
the KEDDARA'S Water dam.

Synopsis :

The main aim of our work consists of studying the efficiency of  
some Coagulants and floculants. In order to come up with the best  
couple (Coagulant/floculant).

The optimisation has been made by mesas of  $(Al_2/SO_4)_3 \cdot 18H_2O/$ activated  
bentonite.

Which has given satisfactory results.

Tables des matières

Introduction .....	1
<u>Partie théorique :</u>	
chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux .....	2
chapitre II : Coagulation floculation .....	11
chapitre III ; La décantation .....	25
chapitre IV : la filtration .....	26
chapitre V : La désinfection .....	28
<u>Partie expérimentale :</u>	
I. Introduction .....	30
II. Présentation de la retenue de Keddara .....	30
III. Présentation de la station de Boudouaou .....	32
IV. Qualités des eaux brutes de la retenue de Keddara .....	36
V. Essais de traitement .....	40
VI. Optimisation du traitement .....	68
Recommandations .....	71
Conclusion générale .....	72
Annexes .....	73
Bibliographie .....	77.



INTRODUCTION  
=====

L'eau est sans doute, l'élément le plus indispensable à l'homme. Mais elle ne saurait remplir ce rôle vital sans certaines qualités chimiques et bactériologiques. Généralement, les eaux provenant des nappes phréatiques sont des eaux propres à la consommation après une simple désinfection, mais ces eaux sont souvent en quantités insuffisantes. On a recours alors aux eaux de surface, de moindre qualité; pour satisfaire les besoins croissants des centres urbains et industriels. C'est justement le cas de la ville d'Alger et de sa banlieue, qui est alimentée par le barrage de KEDDARA après un traitement au niveau de la Station de BOUDOUAOU.

Notre étude consiste à évaluer le traitement effectué dans cette station en analysant les eaux brutes et traitées.

Dans le cadre d'une optimisation du traitement nous avons testé une gamme de coagulants et de flocculants en introduisant la bentonite activée comme agent flocculant.

Le rôle vital sans doute de l'eau pour l'homme est évident. Elle ne saurait remplir ce rôle vital sans certaines qualités chimiques et bactériologiques. Généralement, les eaux provenant des nappes phréatiques sont des eaux propres à la consommation après une simple désinfection. Mais ces eaux sont souvent en quantités insuffisantes. On a recours alors aux eaux de surface, de moindre qualité; pour satisfaire les besoins croissants des centres urbains et industriels. C'est justement le cas de la ville d'Alger et de sa banlieue, qui est alimentée par le barrage de KEDDARA après un traitement au niveau de la Station de BOUDOUAOU.



//<sup>2</sup> ARTIE

// HEORIQUE

# CHAPITRE PREMIER

\*\*\*\*\*

## GENERALITES SUR LE TRAITEMENT DES EAUX

" Dieu a crée tous les êtres vivants à partir de l'eau"

GORAN

### I. EAU A POTABILISER :

Les eaux à potabiliser sont des eaux de rivières, de lacs ou encore des eaux souterraines. La composition de ces eaux est très variable suivant les régions et suivant les pays, cette variation ou cette différence entre les eaux provient des couches géologiques traversées par l'eau. La composition minérale d'une eau ainsi que les éléments tels que fer, magnésium, calcium, fluor, ... etc ne doivent pas dépasser des concentrations limites au delà desquelles cette eau peut présenter des qualités organoleptiques désagréables et même conduire à des troubles de fonctionnement du métabolisme humain (ex. cas de l'excès de nitrate chez le nourisson). Les normes utilisées en Algérie sont celles édictées par l'O.M.S. en 1972. Un projet de normes adaptées aux conditions algériennes est en cours de préparation.

La composition physico-chimique d'une eau évolue nettement au cours du temps. Pour l'eau de Seine en France en 1963, il fallait environ 5 à 10 mg/l de sulfate d'aluminium pour la floculation. Cette dose passe à 50-80 mg/l en 1973 et dépasse souvent les 150 mg/l en 1982. Cependant, l'étape de coagulo-floculation ne suffit pas à satisfaire les normes de potabilisation de l'eau, il convient alors de passer à une seconde phase de traitement.

### 2. QUALITES DE L'EAU.

Une eau de bonne qualité est indispensable pour le bien être de l'individu.

#### 2.1. Les exigences qualitatives d'une eau potable :

- claire, limpide, inodore, de saveur agréable.
- aussi pauvre en germes microbiens que possible et en matière en suspension.

- ne pas renfermer les substances chimiques pouvant provoquer des maladies .

- ne pas contenir des substances la rendant inutilisable pour la cuisine et le blanchissage .

- ne pas avoir les propriétés agressives vis-à-vis des conduites et canalisations ( métaux, ciment etc...)

Ainsi les eaux de surface devraient subir des modifications physiques chimiques et biologiques qui les rendraient potables.

## 2.2. Traitements :

Toutes les eaux destinées à la consommation humaine doivent faire l'objet d'un traitement préalable .

Il existe deux niveaux de traitement :

- Traitement de désinfection destiné à traiter les eaux contre la présence d'éventuels germes pathogènes (traitement au chlore gazeux ou à l'hypochlorite de sodium ) .

- Traitement physico-chimique destiné à corriger les qualités physico-chimique de l'eau. Ce traitement est nécessaire lorsque l'eau distribuée provient d'un barrage .

Le tableau 1 indique les concentrations maximales admissibles (CMA), de certains éléments toxiques dans l'eau potable selon la CEE.

L'eau qui est indispensable à la vie humaine, peut être à l'origine de maladies hydriques .

Le tableau 2 donne quelques germes microbiens responsables de certaines maladies .

## 2.3. Normes :

Beaucoup de pays ont leurs propres normes. On trouve des normes pour toute la communauté européenne (C.E.E.) ; ainsi que des normes propres à chaque pays . En l'absence de normes nationales, on adopte les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui s'adresse généralement aux pays du tiers monde .

Les normes de l'OMS sont assez tolérants, ils prennent compte des limites de certains pays en voie de développement .



TABLEAU 1:

ELEMENTS TOXIQUES OU INDESIRABLES DANS L'EAU POTABLE (1)(2)

E L E M E N T S	SYMBOLES	CMA ( mg/1)
ALUMINIUM	Al	0,200
ARGENT	Ag	0,010
ARSENIC	As	0,050
CADNIUM	Cd	0,005
CYANURE	CN	0,005
CHROME	Cr	0,005
CUIVRE	Cu	0,005
FER	Fe	0,200
FLUOR	F	1,500
MERCURE	Hg	0,001
MANGANESE	Mn	0,050
NICKEL	Ni	0,050
PHOSPHORE	P	2,000
PLOMB	Pb	0,050
ANTIMOINE	Sb	0,010
SELENIUM	Se	0,010
ZINC	Zn	0,100
Radio-activité ALPHA GLOBAL en pci/1	$\alpha$	3
Radio-activité BETA GLOBAL en pci/1	$\beta$	30



TABLEAU 2 . (3) QUELQUES MALADIES HYDRIQUES .

ORGANISMES	MALADIE	PRINCIPAL CITE ATTEINT
I. Bactéries		
Salmonella hyphipara A.B.C	Fièvre thyphoïde	
Salmonella choleraesvis	Fièvre entérique	Système gastro-intestinal
Salmonella antéridités	Gastro-entérique	
Vibrio Cholerae	Choléra	Intestin
Escherichio coli	Gastro-enterites	Système gastro-intestinal
Hycobacterium Tuberculosis	Tuberculose	Poumons
2. Protozoaires		
Entamoeba Histolitica	Amibiase	Système gastro-intestinal
Naegleria Gruberi	Méningite encéphalitidique ambiennne	Système nerveux central
3. Vers parasites		
Taenia Saginata Ascaris lubricoïdes Schistozoma	Ascariase	Intestin grêle
Mansoni, japonica, haematobium	Schistosoma	Reins

TABLEAU 3 :

Normes françaises représentant les  
teneurs maximales admissibles dans  
les eaux de distribution publique : (1)

ELEMENTS	SYMBOLE	UNITE	C M A
Fer	Fe	mg/l	0,2
Manganèse	Mn	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Arsenic	As	mg/l	0,5
Selenium	Se	mg/l	0,05
Plomb	Pb	mg/l	0,1
Fluorures	F	mg/l	1,0
Cuivre	Cu	mg/l	1,0
Chrome (VI)	Cr	mg/l	teneurs inférieurs au seuil de détermination analytique
Cyanure	CN	mg/l	
Magnésium	Mg	mg/l	125
Chlorures	Cl	mg/l	250
Cadnium	Cd	mg/l	0,005

TABLEAU 4 .:

Comparaison des normes d'eau potable  
de quelques pays . (1)

P A Y S	O.M.S.	C.E.E.	U.S.A.	FRANCE
Paramètres	CMA ou Min-Max	Niveau guide	Max Min	CMA ou Min-Max
<b>I. Facteurs organoleptiques .</b>				
Couleur (U.H)*	5	20	3	3 - 15
Turbidité(mg/l)	5	10		1 - 5
Température(°C)	12	25		12
<b>2. Facteurs physico-chimiques</b>				
PH		6,5-8,5	9,5-6	7-8,5
Conductivité ( $\mu$ S/cm)			1250	2000
Dureté (°F)				
Calcium (mg/l)				
Sodium (mg/l)				
Sulfates(mg/l)			250	
Chlorures(mg/l)			200-5	
<b>3. Facteurs biologiques</b>				
Oxygène dissous(mg/l)		5		
Oxydabilité KMnO4		1	5	1 - 1,5
<b>4. Facteurs indésirables ou toxiques</b>				
Argent (mg/l)			0,01	0,05
Arsenic ( " )	0,05		0,05	0,05
Baryum ( " )			0,1	1
Cadnium ( " )	0,01		0,005	0,01
Fluor ( " )	1,5		0,7-1,5	1,4-2,4
Fer ( " )			0,3	0,05-0,3



## 3. Procédé de traitement d'eau potable .

La qualité d'une eau brute varie selon son origine .

TABLEAU 5. Principales différences entre les eaux superficielles et profondes . (4)

CARACTERISTIQUES	EAUX SUPERFICIELLES	EAUX PROFONDES
Température	Variable suivant les saisons	Relativement stable
Turbidité, MES	Variables, parfois élevées	Faibles ou nulles (sauf en terrain Karstique)
Couleur	Liées aux MES (argiles, algues, sauf dans les eaux douces, acides humiques)	Liées surtout aux matières en solution (acides humiques).
Fer, Manganèse dissous	Généralement absents, sauf au fond des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
Dioxyde de carbone dissous	Généralement absent	Généralement présent en grande quantité
Oxygène dissous	Souvent au voisinage de la saturation	Absence totale la plupart du temps.
H <sub>2</sub> S	Généralement absent	Souvent présent
NH <sub>4</sub>	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présence fréquente sans être un indice systématique de pollution.
Silice	Teneur modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants organiques et minéraux.	Présents dans les eaux des régions industrielles susceptibles de disparaître après suppression de la source polluante.	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Eléments vivants	Bactéries (certaines sont pathogènes); virus, plancton	Ferrobactéries fréquentes .



On procède au choix de la filière de traitement en fonction des caractéristiques de l'eau brute.

TABLEAU 6.:

Traitement à prévoir en fonction des paramètres à corriger ou à éliminer . (4)

Paramètres examinés	Conséquences	TRAITEMENT A PRÉVOIR EN CAS :		Domaine d'application le plus fréquent .
		d'insuffisance	d'excès	
I. Eléments non dissous MES, matières colloïdales	Turbidité		Clarification	Eaux superficielles .
Eléments vivants : bactéries, virus, plancton	Santé publique corrosion aspect esthétique		désinfection	toutes les eaux
2. Eléments dissous 2.1. Matières organiques Ac. organiques : Fulviques et humides. Matières colorantes d'origine industrielle	Couleur Fermentation		Clarification + O <sub>3</sub> et/ou charbon actif	Toutes les eaux
Micropolluants: pesticides, phénols, métaux lourds sous forme solubles. Métabolites des organismes aquatiques.	Toxicité goût et odeur		Clarification + O <sub>3</sub> et/ou charbon actif	eaux superficielles nappes alluviales
2.2. - Sels dissous HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , TAC	Corrosion ou entartrage	Reminéralisation .	Décarbonatation .	Toutes les eaux .
Cl <sup>-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , SAF	goût, corrosion		osmose inverse	eaux marines ou saumâtres
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	méthémoglobinémie		dénitrification	eaux souterraines
H <sub>2</sub> S	Odeur		aération	eaux souterraines
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fermentation		Clarification	Toutes les eaux .

$\text{SiO}_3^{2-}$	Gêne sur osmose inverse		Aluminate	eaux souterraines
$\text{F}^-$	Dents, os, système nerveux	Fluoruration	Défluoruration	eaux souterraines
$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{TH}$	Corrosion entartrage	Reminéralisation	décarbonation ou adoucissement	toutes les eaux.
$\text{Na}^+, \text{K}^+$	Santé Publique		Osmose inverse	eaux marines ou somâtres
$\text{NH}_4^+$	Fermentation		Chloration ou nitrification	Toutes les eaux
$\text{Fe}^{2+}$	eaux colorées corrosion		Defferisation	eaux souterraines
$\text{Mn}^{2+}$	eaux colorées, corrosion, santé publique		démanganisation	eaux souterraines
Minéralisation globale	Santé Publique		osmose inverse	Toutes les eaux .
2.3. Gaz dissous	goût corrosion fermentation	aération	filtration sous une pression suffisante	eaux souterraines.
$\text{CO}_2$ libre	corrosion		aération neutralisation	eaux souterraines.



( CH A P I T R E // ) E U X I E M E

\*\*\*\*\*

COAGULATION - FLOCCULATION

=====

I. // I N T R O D U C T I O N :

=====

La composition des eaux de surface est très hétérogène, elle comprend des matières organiques de diverses natures, des matières minérales et également des micro-organismes dont l'ensemble tend à donner un trouble à l'eau .

C'est ce que l'on définit par le terme de turbidité. Pour éliminer cette turbidité, les traitements physiques tels que la décantation ne le permettent pas, les temps de décantation étant souvent très longs .

TABLEAU 1 : Influence de la taille de la particule sur les temps de décantation . (5)

Diamètre de la particule (mm)	Type de particule	Temps de décantation pour 1 Mètre
10	Gravier	1 seconde
1	Sable	10 secondes
0,01	Argile	120 minutes
0,001	Micro-Organismes	192 heures
0,0001	Colloïde	770 Jours
0,000001	Colloïde	20 Ans

Dans le cas de très petites particules, seul un procédé de traitement permettant d'agglomérer les particules afin d'accélérer leur vitesse de sédimentation peut être envisagé industriellement .

## II. LES SOLUTIONS COLLOIDALES :

=====

On définit comme particules colloïdales celles ayant un diamètre inférieur à 1 micron .

Parmi ces colloïdes, certains sont moins stables et manifestent très peu d'affinité pour le milieu dispersif et sont à l'origine de la coloration de l'eau, ce sont les colloïdes hydrophobes. D'autres au contraire sont plus stables et manifestent une très grande affinité pour l'eau, et sont liés à la solution aqueuse par des liaisons fortes. On les appelle colloïdes hydrophyles .

## III. COAGULATION - FLOCCULATION :

=====

Principe : La coagulation-Flocculation est le phénomène de destabilisation des particules colloïdales, qui peut être obtenu par neutralisation de leurs charges électriques, ce phénomène est provoqué par l'introduction d'un électrolyte polyelectrolyte .

### 1. Flocculation mécanique :

#### 1.1. Flocculation Péricinétique :

Lorsque les particules ont été destabilisées, elles peuvent flocculer, grâce à l'énergie des chocs Browniens qui ont lieu dans toutes les directions .

#### 1.2. Flocculation Orthocinétique :

On ajoute au mouvement Browniens le mouvement d'ensemble du liquide, dû à l'agitation faible pour empêcher la cassure des flocons .

### 2. Flocculation physico-chimique .

2.1.- Double couche : Autour d'une particule chargée, les charges électriques se répartissent en deux couches :

- Une première couche : fixe, d'ions de signe contraire à celui de la particule, appelée couche de Stern .

- Une deuxième couche, diffuse, où les ions sont déformables mobiles, appelée couche de Gouy .



## 2.2.: Le potentiel Zeta .

Le potentiel zeta est exprimé par la relation

$$Z = \frac{4 \lambda_{\text{DL}} V}{H \cdot D}$$

: Viscosité dynamique du liquide en NS/cm<sup>2</sup>

V : Mobilité électrophorétique en cm/S

H : Gradient de potentiel en V/cm .

D : Constante diélectrique en A<sup>2</sup>S<sup>4</sup>/Kg.m<sup>2</sup>

Entre la couche fine de stern et la couche mobile de Gouy, il y'a un certain potentiel électrocinétique qu'est le potentiel Zêta. figure I (6) .

Le potentiel zêta est considéré comme caractéristique de la stabilité de la suspension, il représente le potentiel nécessaire pour franchir la courbe d'ions entourant la particule, et ainsi la déstabiliser. Ce potentiel est de l'ordre de 50 - 100 mv. Au delà de 40 mv, les particules colloïdales sont stables .

La coagulation commence lorsque le potentiel Zêta a une valeur inférieure à 30 mv, cette coagulation est totale lorsque le potentiel Zêta atteint la valeur 0 ± 5 mv. (7)

## 3. MODE DE DESTABILISATION DES PARTICULES :

### 3.1.: - Coagulation électrostatique :

- Valence des colloïdes : La charge des particules colloïdales influe sur la faculté d'échange des cations périphériques qui, selon qu'elle soit faible ou forte favorise plus ou moins la coagulation .

Les ions ont une activité proportionnelle à leur valence .

D'autres facteurs influent sur la coagulation électrostatique à savoir :

- le P H
- La température
- La nature des ions en présence .

Dans cette coagulation la dose de coagulant n'obéit à aucune relation stœchiométrique .

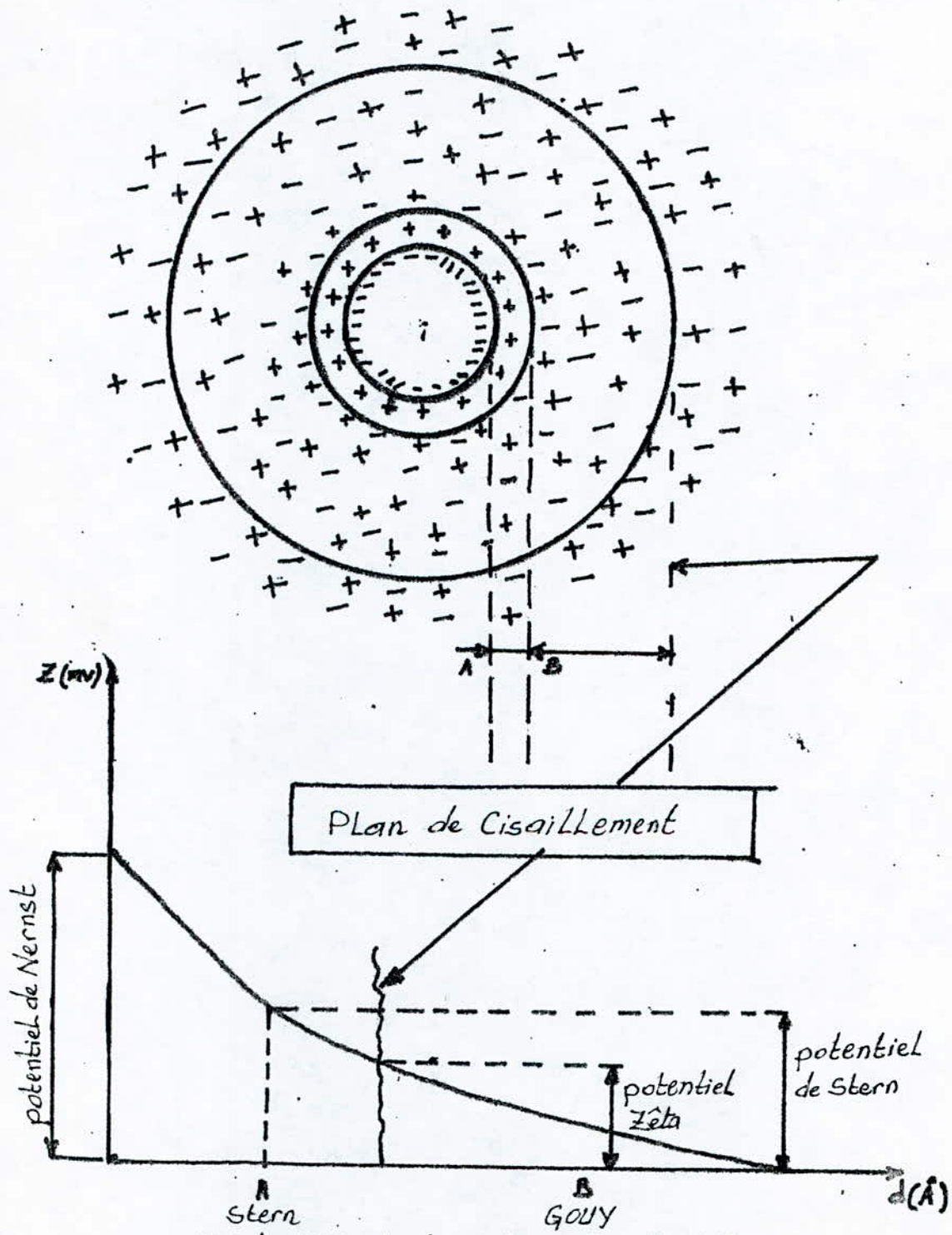


FIG.1: Potentiel Zeta d'après (6).



### 3.2.:- Coagulation par adsorption d'ions .

Cette coagulation est plus efficace que la coagulation électrostatique. La dose du coagulant obéit à une relation stœchiométrique, tout excès à la restabilisation de la suspension . (8)

Cette adsorption peut coaguler une suspension par un réactif de même charge ( argile polyacrylamide) Figure 2. (9)

### 3.3.:- Flocculation par les polyelectrolytes .

- Les polymères cationiques, seront attirés par les colloïdes en suspension qui sont chargés négativement. Il y'a donc une neutralisation des charges électriques superficielles. Le potentiel Zêta se trouve donc nettement diminué à ce niveau .

- Les polymères anioniques et non ioniques ne peuvent agir que suivant un phénomène d'adsorption, qui intervient par l'intermédiaire de liaisons hydrogènes d'un groupe actif de la chaîne (  $\text{CONH}_2$  par exemple) avec un emplacement déterminé de la surface de la particule qui est un site électronégatif .

Cette adsorption est suivie d'une phase d'agglomération de particules, qui consiste en la formation de ponts entre les colloïdes .

Boeglin (10) propose que la formation du floc résulte de deux mécanismes suivants, intervenants séparément ou simultanément .

\* Les segments non utilisés de la chaîne de polymère dont une extrémité est absorbée à l'interface solide-liquide d'une particule, peuvent être absorbés sur une ou plusieurs parties adjacentes et contiguës, formant des ponts de polymères .

\* Les segments étendus de la macromolécule interagissent avec d'autres segments de polymères absorbés, conduisant à la formation de ponts par un mécanisme d'action polymère-polymère (10)  
On note que l'efficacité des différents types de polymères dépend du PH du milieu .



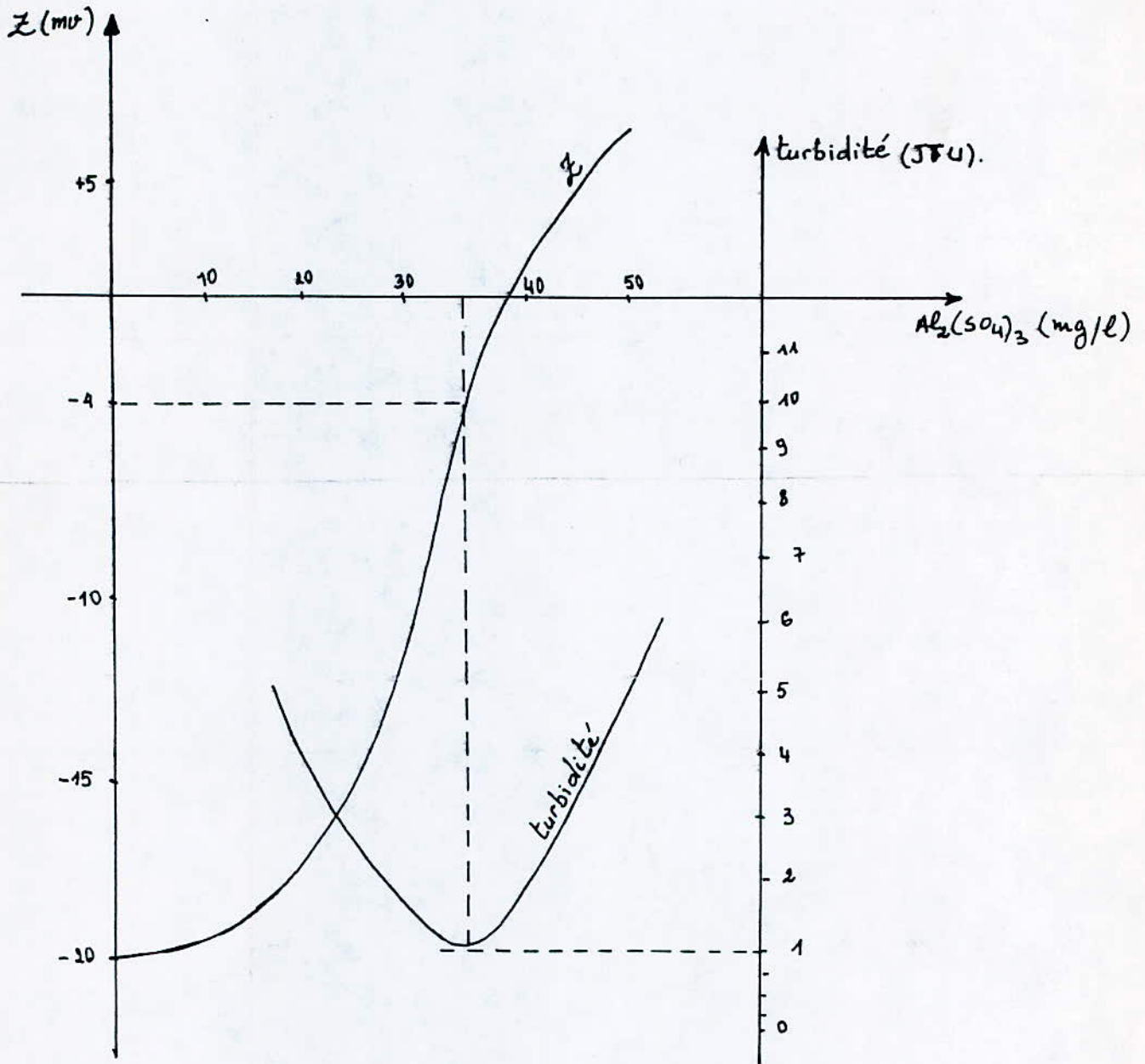
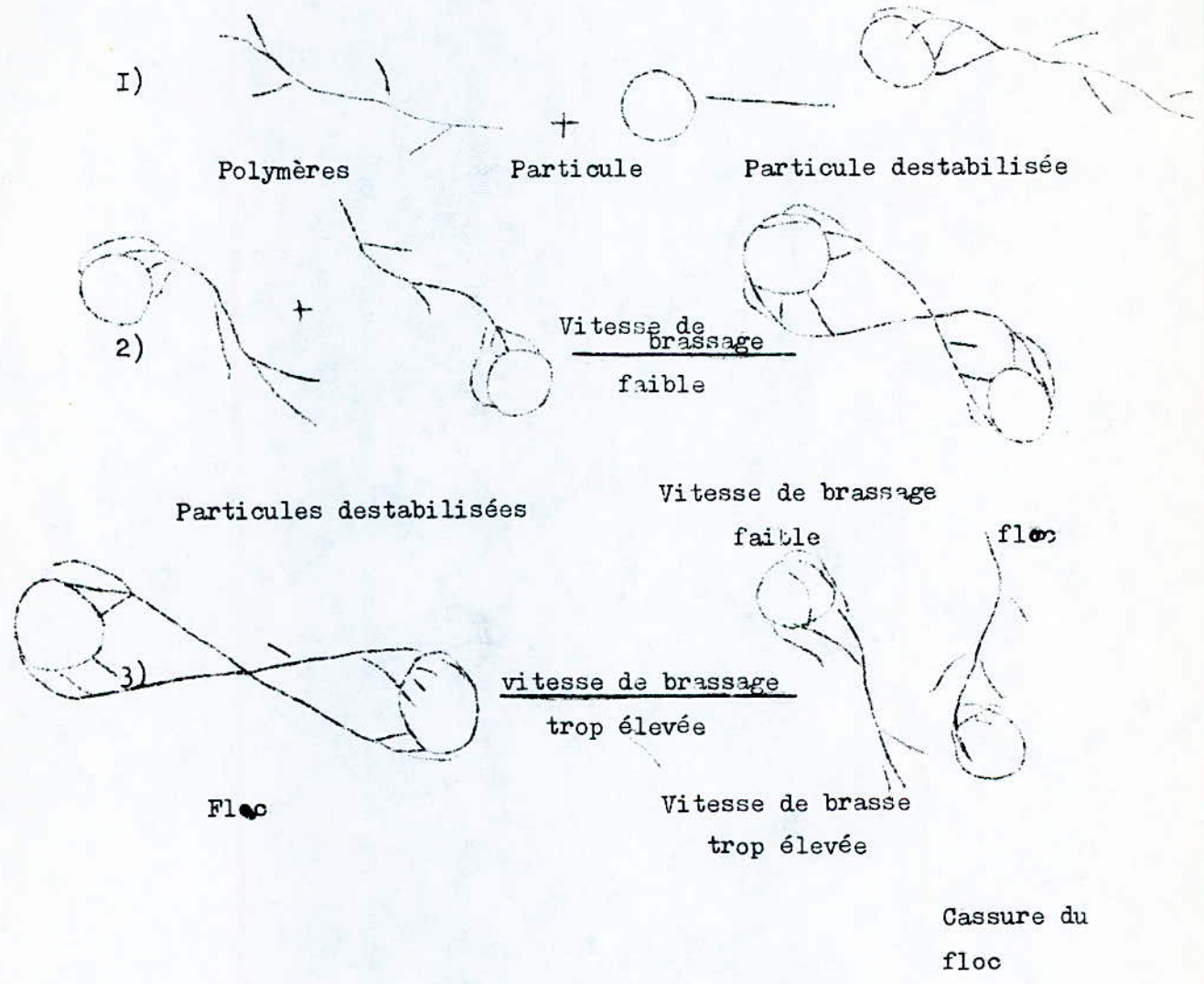


Figure: Relation entre le potentiel zêta et la turbidité (9)

A PH basique, les polymères anioniques sont efficaces, alors que les cationiques sont actifs à PH acide. Les polymères non ioniques présentent une activité indépendante du PH.  
Réaction des particules avec les polymères. (Figure 3)



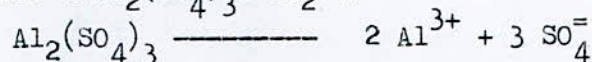
#### 4. LES COAGULANTS :

Le choix du coagulant est déterminé par la nature de l'eau à traiter, le résultat qu'on cherche à obtenir (élimination de la turbidité, couleur, ...etc) et le mode de séparation qu'on utilise (décantation, ...etc) et surtout le coût qu'il représente. Les coagulants sont des produits qui neutralisent la charge superficielle des matières en suspension .

Les coagulants minéraux les plus fréquemment utilisés sont les sels d'alumine et de fer .

Le sulfate d'aluminium reste le coagulant le plus répandu dans le traitement des eaux potables. Plusieurs auteurs l'amélioration de l'efficacité des coagulants par polymérisation ou activation (7)(8). L'introduction d'un coagulant dans l'eau conduit nécessairement à son hydrolyse .

Exemple avec l' $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .



Les acides produits sont neutralisés par l'alcalinité de l'eau suivant la réaction (14)



#### 4.1.- COAGULANTS A BASE DE SELS D'ALUMINE :

##### a) Le sulfate d'aluminium

Le sulfate d'aluminium est un sel hydraté d'aluminium dont la formule générale est  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ , très soluble dans l'eau, le produit commercial utilisé contient 17 à 18% d'alumine  $Al_2O_3$  . Figure 4 (6). Le sulfate d'alumine est efficace surtout dans la zone de PH 5,5 à 7,4..

##### b) Le WAC .

Le WAC est un polychlorure d'aluminium, dont la formule générale est :  $Al_n (OH)_m Cl_{3n-m}$  .

Le WAC est un polymère minéral de poids moléculaire élevé et possède une très bonne action coagulante et floculante qui se manifeste par la formation de floccs de taille appréciable



et de dimension uniforme . Figure 5 (15).

L'avantage du WAC est qu'il évite l'emploi d'adjuvants et agit dans une large zone de PH 6 à 9 .

4.2. COAGULANT A BASE DE FER :

a) Les sels ferriques sont obtenus à partir de la réaction



Les sels ferriques sont des sels hydrolysables. Figure 5 (6) leur efficacité est maximale dans les zones de PH : 5,5 à 8 .

b) L'utilisation du Fe cl<sub>3</sub> nécessite un ajout possible de la chaux ou de la soude afin de maintenir le PH aux valeurs 5,5 à 8. Ces produits sont en général des acides . Figure 6 (6)

5. FLOCULANTS ET ADJUVANTS DE FLOCULATION :

=====

a) Parmi les floculants on cite :

a) Les adjuvants minéraux :

- charbon actif en poudre
- silice activée
- Bentonite
- carbonate de calcium.

b) Les adjuvants organiques :

\* D'origine naturelle :

- polyélectrolytes naturels .
- Alginates
- Amidon

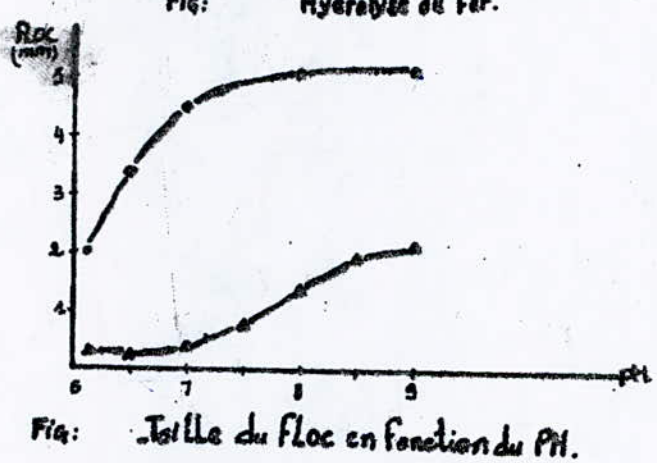
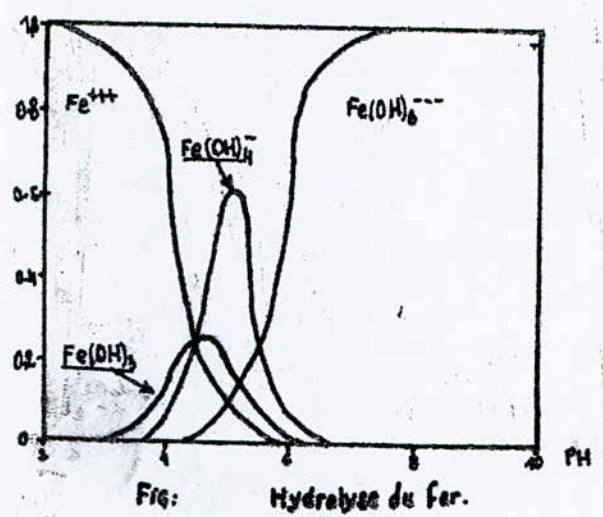
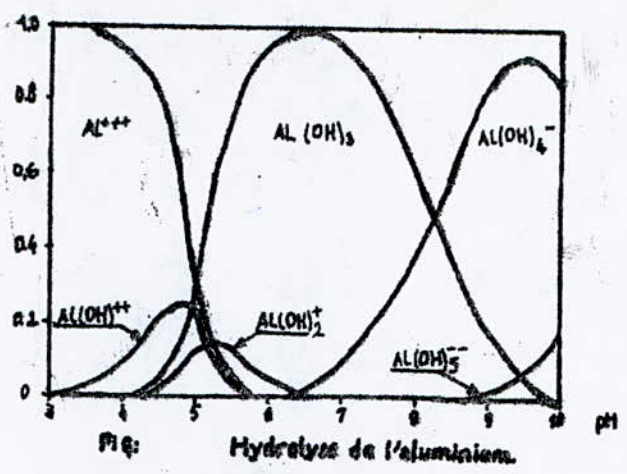
\* D'origine synthétique :

- A S P 6
- Polyelectrolytes synthétiques

\* Autres

- Bentonite activée .

Ces floculants ou adjuvants de floculation sont utilisés en quantité sensiblement plus faible que les réactifs coagulants.





Ils ont la propriété de modifier nettement le comportement de ces derniers de point de vue rapidité de formation des flocons, leurs dimensions, leurs vitesses de sédimentation et leurs comportements dans les filtres . Pour l'emploi des adjuvants organiques, dans le traitement des eaux potables, il est important de se référer à la législation, car leurs emplois sont réglementés .

Chaque pays publie une liste de produits autorisés. Par exemple, en France jusqu'en 1978 aucun produit organique de synthèse n'a encore été autorisé pour le traitement des eaux potables, par le Conseil supérieur de l'hygiène (5) .

En Algérie, on remarque qu'il y'a un vide juridique dans ce domaine. Pour cela et par mesure préventive, il est conseillé d'éviter l'utilisation de ces produits de synthèse .

#### 6.1. - ADJUVANTS MINERAUX :

##### - ARGILES ET AUTRES MINERAUX :

Les eaux de faible turbidité sont difficiles à traiter par coagulation, même quand les paramètres physico-dosage, PH, alacalinité sont à des niveaux optimaux .

Il se peut que les particules mêmes neutralisées par le coagulant soient trop distantes les unes des autres .

Il se peut aussi que les produits de l'hydrolyse du coagulant tendent à la sursaturation plutôt qu'à la précipitation, faute de " noyaux " aptes à favoriser leur agglomération .

Dans de tels cas, l'addition d'argile, plus particulièrement la bentonite, est souvent bénéfique. (16)

On a recours aussi au carbonate de calcium précipité et à la terre diatomé dans le même but .

##### - SILICE ACTIVEE :

La silice activée est un adjuvant de coagulation et de floculation, c'est une suspension instable d'acide silicique polymerisé qui doit être préparé in-situ en continu.

La silice activée peut être utilisé comme adjuvant de coagulation (introduite avant le coagulant) utilisée surtout dans le cas des eaux brutes de faible turbidité . D'autre part elle peut servir de floculant, elle accélère la floculation et fournit un floc plus ferme et plus dense. Cette silice activée est une silice colloïdale electronegative, préparée en acidifiant une solution de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dans des conditions bien précises ( voir annexe). Sa structure est celle d'un polysilicate, et elle agit comme un polyelectrolyte anionique .



Bentonite :

C'est une argile de la famille des minéraux à 10 A. Notre échantillon provenant du gisement de Mostaganem a les caractéristiques suivantes (17) .

- Une capacité d'échange cationique de 144 meq/100 g
- Un pouvoir d'absorption de 175 mg/g
- Une masse volumique de 1,90 g/ cm<sup>3</sup>
- Une teneur en sable de 3,5% .

Cette bentonite présente une structure en feuillets et elle est très intéressante à cause de ses propriétés de gonflement dans l'eau et sa capacité de fixation des cations (18);(19);(20); (21);(22); .

D'après les études faites sur la bentonite montrant sa grande capacité d'éliminer plusieurs polluants ou micro-polluants, et sa disponibilité dans notre pays.

On pense qu'il sera intéressant de l'introduire dans le traitement d'eau potable après l'avoir activé, car d'après (23) et (24) la bentonite seul semble n'avoir pas donné de résultats satisfaisants . On pense améliorer son efficacité d'élimination de la turbidité en lui faisant subir une activation ( voir annexe).

5.2. LES POLYELECTROLYTES :

L'utilisation des polymères dans la coagulation s'est largement répandue ces dix dernières années. L'effet du polymère sera d'abaisser le potentiel Zêta et de former des liaisons hydrogènes avec les particules colloïdales. Le polymère doit être d'une grande masse moléculaire, comporte des groupes fonctionnels tels que CONH ou NH<sub>2</sub> pouvant à leur tour avoir des liaisons hydrogènes avec les groupes COOH ou OH de la particule. Les polymères créent entre de nombreuses particules destabilisées des ponts qui conduisent à des agglomérats importants .

1.a)- Les polyélectrolytes naturels: ce sont des corps organiques de longues chaînes moléculaires. Parmi ces polyelectrolytes naturels on cite ceux qui sont d'un emploi courant:(1),(11),(12).

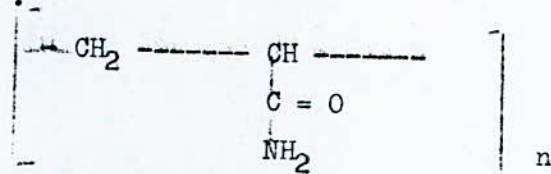
- L'amidon
- Les suspensions de déchets de pain
- Les extraits du caroube
- Les extraits du lichen
- Les carboxyméthyl-cellulose.

- Les alginates (Aqualgine).

- Les alginates sont des polysaccharides extraits d'algues marines. Ces alginates sont souvent commercialisées sous le nom "Aqualgine" qui se présente sous forme de poudre soluble.

2.- Les polyélectrolytes synthétiques: Ce sont des composés formés de petites molécules porteuses d'une charge électrique polymérisée en longue chaîne. On trouve :

a) Les polymères non ioniques : ce sont des polyacrylamides préparés par polymérisation de l'acrylamide en présence de catalyseurs d'oxydo-réduction. Leur formule générale est la suivante :

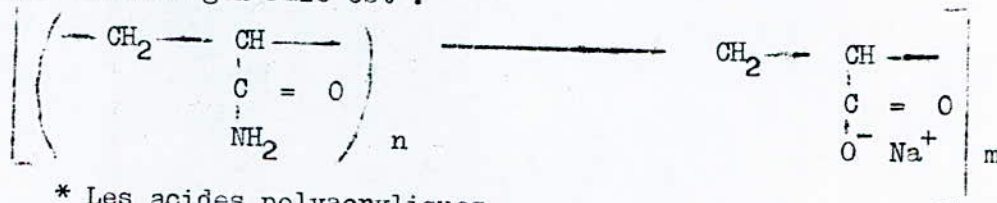


Ces macrolécules agissent par adsorption sur les colloïdes ou sur les microfloccons de coagulant et se relient entre elles pour former des ponts (13).

b) Les polymères anioniques sont :

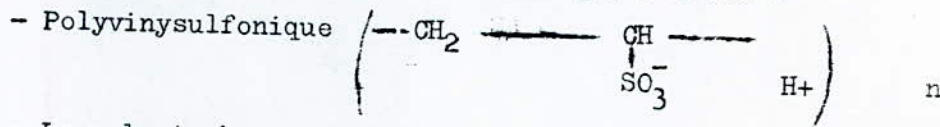
\* Des copolymères acrylamide acrylate obtenues par hydrolyse partielle de la polyacrylamide par la soude caustique ou par copolymérisation de l'acrylamide et l'acrylate de sodium.

Leur formule générale est :

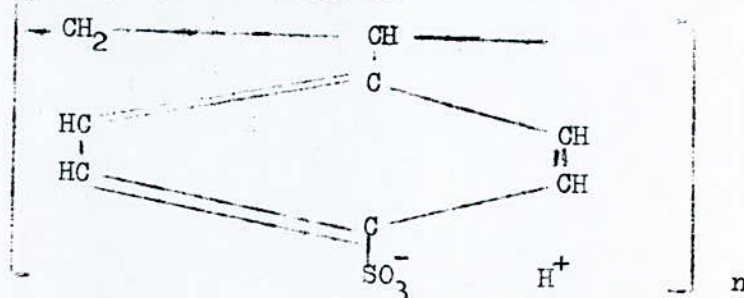


\* Les acides polyacryliques .

\* Les polyélectrolytes sulfonés tels que l'acide :



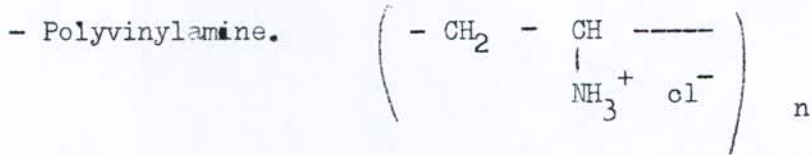
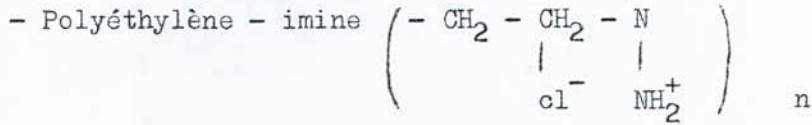
- Le polystyrène sulfonate



c) Les polymères cationiques.

Ces polymères comportent une charge électrique positive due à la présence de groupement amine ou ammonium quaternaire.

Les polymères courants sont :





(CHAPITRE III) TROISIEME

\*\*\*\*\*  
*La décantation.*

La décantation permet la séparation de deux phases, liquide-solide ou liquide-liquide, par simple gravité, et dépend à la fois des propriétés des particules et du régime hydraulique (25)

1. Décantation statique :

Pour que les boues décantent et se déposent, il faut que la vitesse ascensionnelle de l'eau soit inférieure à la vitesse de chute des particules (5)

2. Décantation à contact de boues :

La décantation est accélérée par augmentation de la concentration du floc ou par recirculation de boues . Dans le cas des eaux de consommation, on combine la floculation et la décantation dans un appareil unique tel que le circulator ou le pulsator .

Suivant le sens de l'écoulement, la décantation peut être horizontale ou verticale .

On distingue plusieurs types de décanteurs :

\* Décanteurs à écoulement horizontal :

- . parallélépipédiques
- . circulaire .

\* Décanteurs à écoulement vertical :

- . Avec lit à boues .
- . A charge solide artificielle .

## (CHAPITRE QUATRIEME

\*\*\*\*\*

### LA FILTRATION

#### I. GENERALITES :

La filtration est le procédé de séparation solide (liquide où un grand nombre de processus peut intervenir .

- La retenue mécanique dans la couche supérieure de la masse filtrante .
- Flocculation et sédimentation .
- Absorption et adhésion aux grains de la masse filtrante et aux matières déjà retenues .
- Epuration biologique par les bactéries qui se fixent à la surface des grains formant une pellicule active .

La filtration conduit à l'élimination de particules ayant des dimensions largement inférieures aux pores du matériau de filtration .

#### II. TYPES DE FILTRES :

Il existe 3 types de filtres .

- Les filtres à sable lents
- Les filtres rapides ouverts
- Les filtres rapides fermés .

##### II.1. Filtres à sable lents :

Ils sont généralement utilisés pour les eaux de surface relativement claires. Ces filtres occupent un grand espace et travaillent à faible débit ( 0,1 à 0,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h ) .

##### II.2. Filtres à sable rapides ouverts :

Ces filtres travaillent sous pression atmosphérique et sont adaptés aux grandes vitesses de filtration de 7 à 30 m/h, pour le traitement des eaux potables, industrielles ou résiduaires. Les eaux filtrées sont recueillies par l'une des deux méthodes suivantes :

- La couche filtrante peut reposer directement sur des dalles en béton maigre; qui sont soit munies de bougies poreuses ou de buselures à fentes .

- La deuxième méthode consiste à recueillir l'eau filtrée au moyen de tuyaux perforés qui sont noyés dans une couche de sable .

II.3. Les filtres rapides fermés :

Ils sont constitués de cylindres sous pression.

L'avantage de ces filtres c'est qu'ils occupent une surface très réduite et qu'ils travaillent à forts débits.

L'inconvénient c'est qu'ils nécessitent un personnel qualifié .



(C H A P I T R E (C I N Q U I E M E  
\* \* \* \* \*

// A // ) E S I N F E C T I O N  
-----

I. INTRODUCTION :

La désinfection est un procédé qui permet la destruction des germes pathogènes contenus dans une eau. Cette désinfection peut être réalisé par un traitement physique, biologique et physico-chimique .

II. TRAITEMENT PHYSIQUE :

Ce traitement consiste à utiliser les rayons ultra-violet qui ont un effet bactéricide très puissant mais sans effet remanent . Ce traitement peut être adapté aux besoins des petites communes (26)

III. TRAITEMENT BIOLOGIQUE :

Ce traitement s'effectue au niveau de la membrane biologique des filtres .

IV. TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE :

Il existe plusieurs procédés tels que :

- L'oxydation par le chlore .
- L'oxydation par les dérivés du chlore .
- L'oxydation par l'ozone .
- L'oxydation par le permangate de Potassium.
- Les rayonnements ionisants .
- Le brome .

Le chlore et ses dérivées sont largement utilisées car ils ont un pouvoir remanent .

Le test du Break-point nous permet de déterminer expérimentalement la quantité de chlore ou ses dérivées à utiliser (Figure 1)(27)

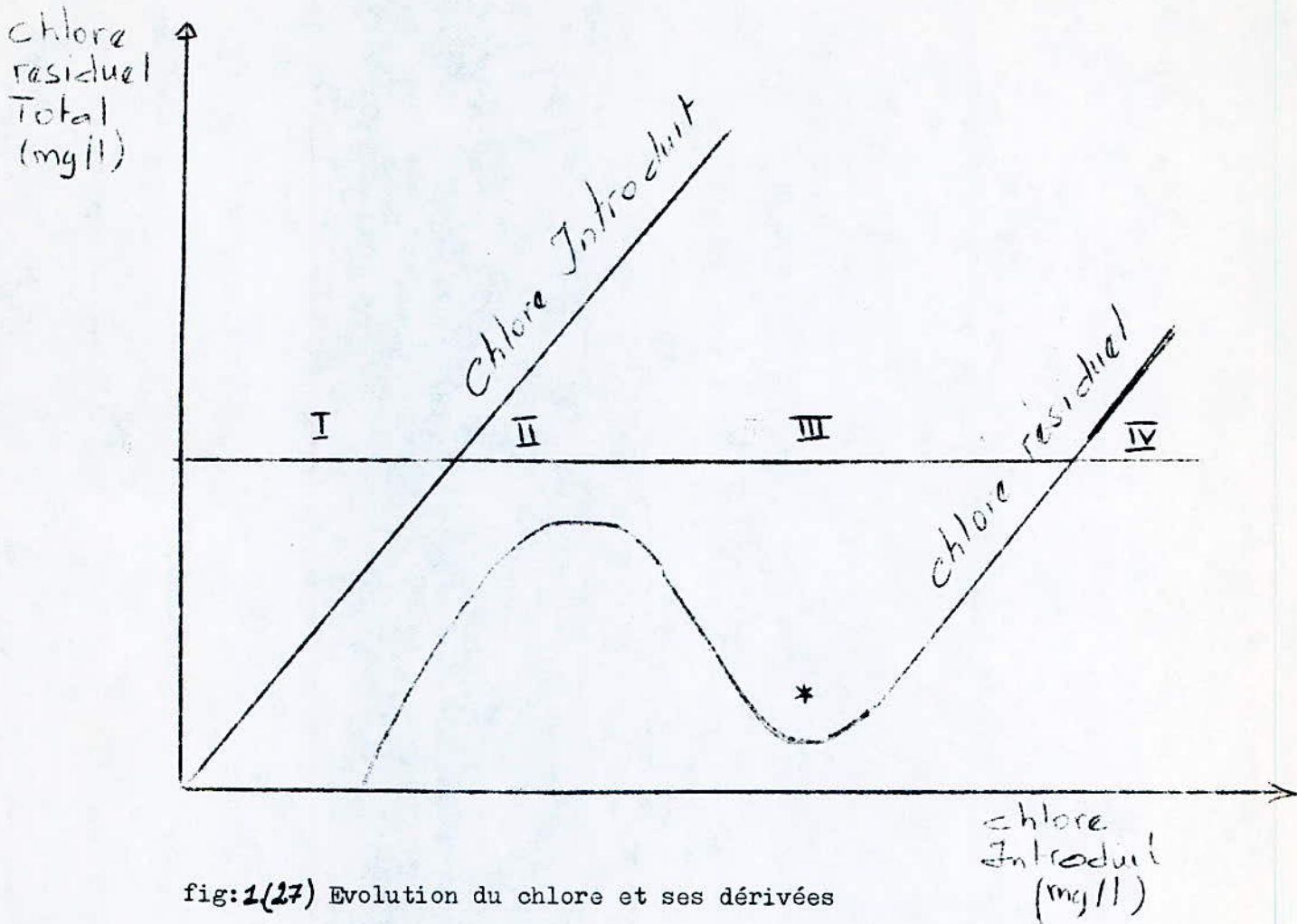


fig:1(27) Evolution du chlore et ses dérivées au cours du traitement .

- I. Zone de demande immédiate en chlore .
  - II. Zone de formation des composés chlorés .
  - III. Zone de destruction des chloramines .
  - IV. Zone de formation de chlore libre résiduel .
- \* Chlore Combiné remanent, break point .

//<sup>2</sup>) ARTIE //EXPERIMENTALE



I. I N T R O D U C T I O N :

=====

Au cours de ce travail, un choix de coagulants et de flocculants de diverses natures a été fait. Il s'agira d'une part de déterminer le couple optimal ( coagulant/flocculant) afin d'améliorer ou de rentabiliser le traitement d'eau qui se fait actuellement à la station de traitement d'eau potable de BOUDOUAOU, d'autre part mettre en valeur l'efficacité de tel ou tel produit souvent importé et parfois local .

Il est à noter que, vu l'envergure de la station, la plus grande en Algérie, la nature et l'aspect économique des produits utilisés est d'une très grande importance .

Par souci de préserver le produit local, nous avons tenu à proposer un adjuvant de floculation algérien ( la bentonite activée) qui a déjà montré son efficacité pour le traitement d'eau potable de faible turbidité (16)

Nous avons récolté les caractéristiques des eaux du barrage de KEDDARA et suivi les paramètres : turbidité résiduelle, température et PH ainsi que le dosage d'éléments minéraux ( ca ; Mg ; K ; cl ; .... etc). Notre travail d'optimisation s'est effectué au laboratoire de la station de traitement d'eau potable de BOUDOUAOU. Et c'est à l'aide d'un Jar-test type " Hydrocure" que nous avons effectués nos expériences. Les mesures de turbidité et PH sont faites respectivement sur un turbidimètre type " HACH" et sur un PH.mètre .

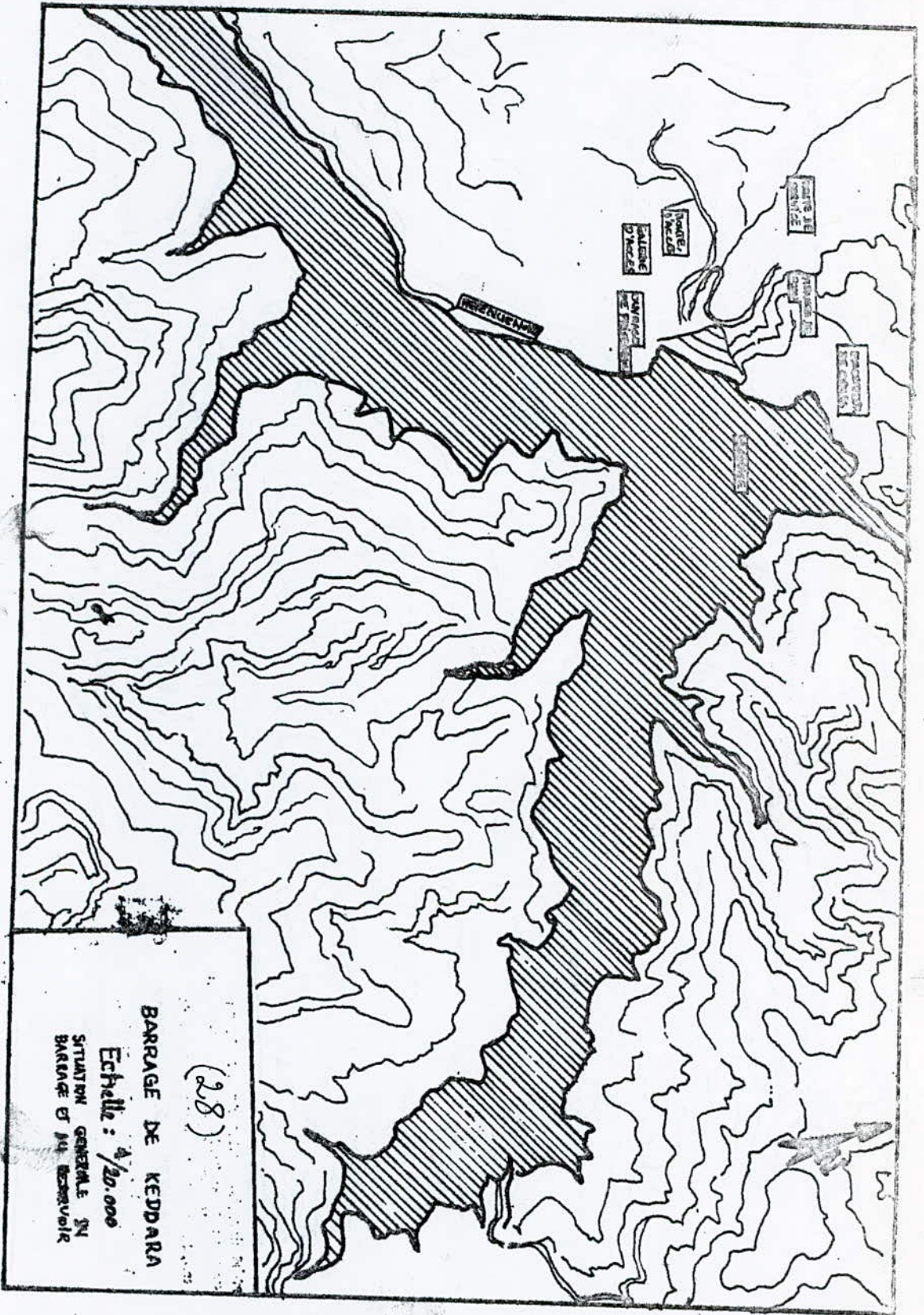
II. PRESENTATION DE LA RETENUE DE KEDDARA :

=====

Le barrage de KEDDARA est situé sur le territoire de la wilaya de BOUMERDES, il se situe à 8 Km au sud de la localité de Boudouaou et à 40 Km à l'Est d'Alger .

Le barrage de KEDDARA est alimenté par les apports des Oueds KEDDARA et EL-HAAD d'une part et par les eaux excédentaires du barrage du HAMIZ d'autre part à travers la galerie de transfert HAMIZ-KEDDARA. Dans une phase ultérieure, il est prévu de compléter l'alimentation de la retenue de KEDDARA par un transfert d'une





(28)

BARRAGE DE KEDDARA  
Echelle : 1/20.000  
SITUATION GENERALE DU  
BARRAGE ET DU RESERVOIR



fraction des eaux de l'oued Isser à travers la galerie Isser-Keddara .

La surface de la retenue de Keddara à 145 m NGA est de  $5,2 \text{ Km}^2$  ; sa capacité de retenue normale est de 145,6 millions de  $\text{m}^3$  et un volume mort de 4,6 millions de  $\text{m}^3$  .

La superficie du bassin versant de Keddara est de  $93 \text{ Km}^2$  .

Enfin, l'aménagement est destiné à satisfaire les besoins en eau potable de l'agglomération algéroise .

### III. PRESENTATION DE LA STATION :

=====

La station de traitement des eaux potables se situe à environ 3 Km au Sud de la ville de Boudouaou.

Cette station a une capacité de traitement de  $540.000 \text{ m}^3/\text{j}$ .

L'eau brute arrive gravitairement par une conduite de 2 mètres de diamètre, à l'ouvrage d'arrivée où on trouve :

- Un bassin de régulation de débit .
- Une préchloration
- Addition de réactifs .
- Bassin de coagulation-floculation .

La chaîne de traitement se compose de deux filières identiques.

#### \* Composition d'une filière :

- Trois clarificateurs ( décanteurs ) : ce sont des décanteurs pulsator à modules lamellaires " travaillant à des vitesses comprises entre 5,65 et 7,65 m/h .

Les modules sont constitués de tubes accolés à section hexagonale de longueur 0,75m inclinés de  $60^\circ$

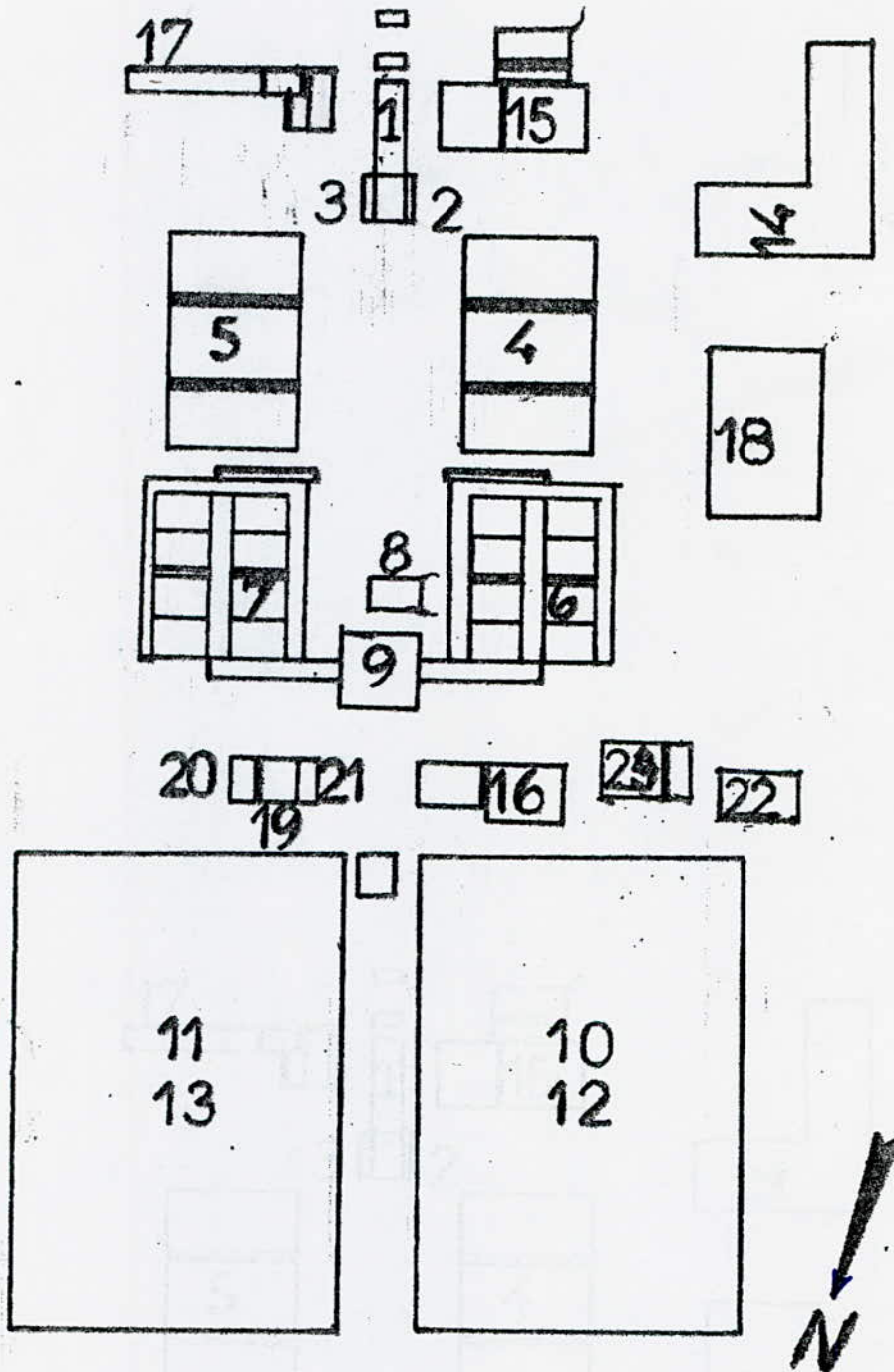
- huit (08) filtres " Aquazur v " avec une surface filtrante unitaire de  $163 \text{ m}^2$  et une couche de sable de 1,50 m d'épaisseur portant une hauteur d'eau au dessus de sable de 1,20 m.

Ces filtres travaillent en deux temps :

- une filtration
- un lavage à contre courant .
- chloration ( stérilisation)
- correction du PH ( avec de la chaux éteinte ) .
- Réservoirs de stockage des eaux traitées .



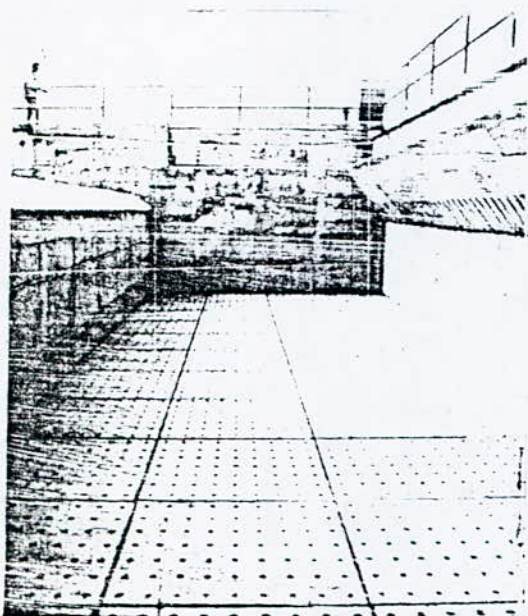
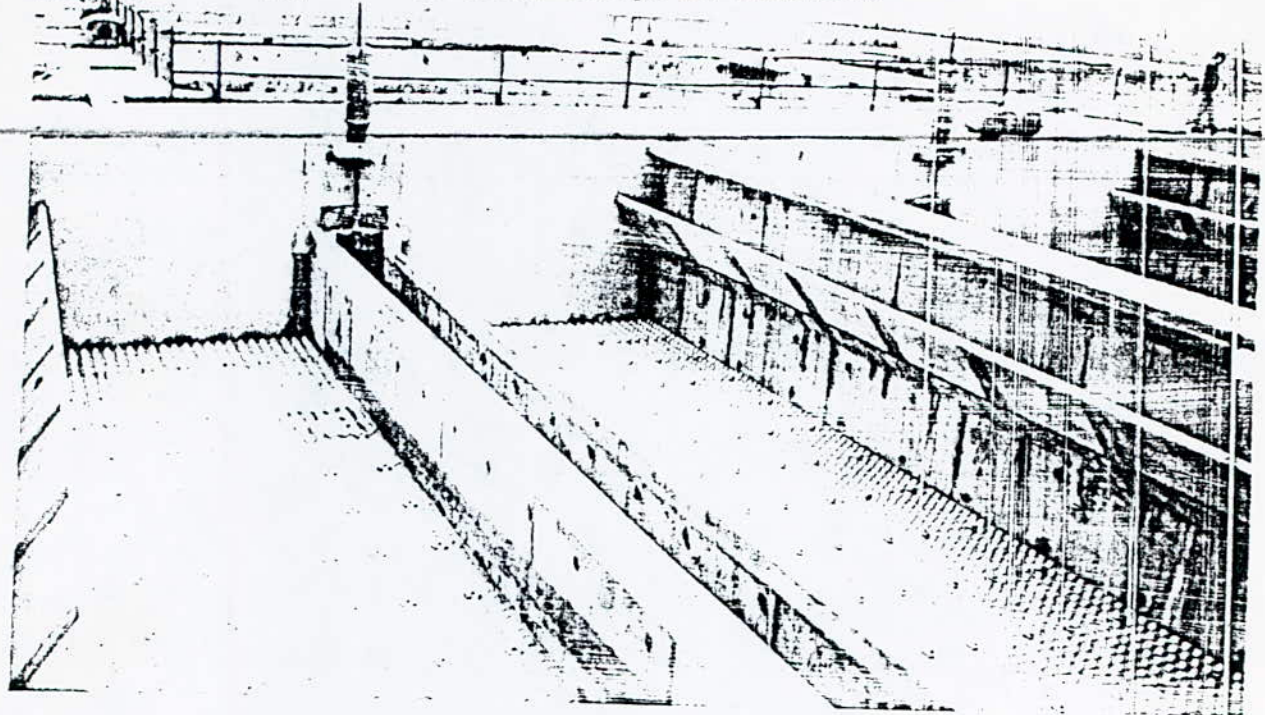
schéma de la station de Boudouaou.



1. Chambre de Melange et dissipation d'énergie .
2. Répartition d'eau brute filière 1
3. Répartition d'eau brute filière 2
4. Décanteurs filière 1
5. Décanteurs filière 2
6. Filtres Filière 1
7. Filtres Filière 2
8. Bâtiment d'exploitation .
9. Bâtiment de contrôle
10. Cuve de contact Filière 1.
11. Cuve de contact Filière 2 .
12. Réservoir d'eau traitée Filière 1.
13. Réservoir d'eau traitée Filière 2.
14. Bâtiment administratif .
15. Bâtiment des Produits Chimiques .
16. Bâtiment de chaux .
17. Bâtiment de chlore .
18. Atelier
19. Electricité .
20. Bâtiment du Groupe électrogène .
21. Stockage de Fuel
22. Réserve de Sable .
- \* 23. Collecte des eaux de lavage .
24. Station d'épuration des eaux usées .
- \* 25. Entrée avec poste de garde et pont bascule .



Filtre Aquazur Type V Plancher équipé de buselures



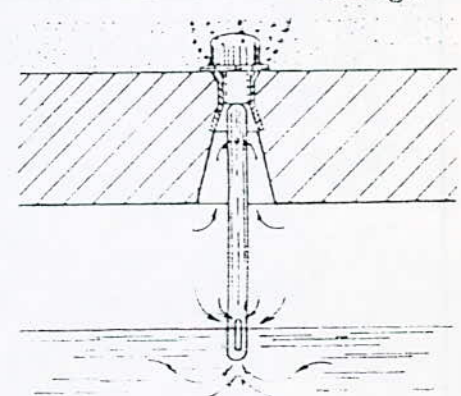
BUSELURE A QUEUE



BUSELURE NORMALE



Buselure en periode de lavage





IV. QUALITES DES EAUX BRUTES DE LA RETENUE DE KEDDARA :

=====

Il est à noter que des eaux ne proviennent que des oueds Keddara et El-Haad et celles du barrage du Hamiz .

IV.1. - Analyses des eaux brutes :

La qualité des eaux brutes varie suivant les saisons, pour avoir une meilleure approche, on a examiné les résultats d'analyses de l'ANRH durant les trois années: (1985, 1986, 1987).

Tableau 1.

IV.2.- Contrôle et analyse de l'eau :

Les analyses physico-chimiques des eaux brutes sont menées par l'institut national des ressources hydrauliques de Birmandréis (Alger), et par l'entreprise de production des eaux d'Alger (EPTAL) ainsi que par le laboratoire de la station .

IV.3.: Analyses d'eau brute et traitée de la station :

Pour nos analyses on a effectué des prélèvements au niveau du robinet, à l'arrivée d'eau brute et conservé nos échantillons dans une glacière puis dans un frigidaire à 4° C.

Le dosage s'est effectué au sein du laboratoire de notre département de Génie de l'environnement .

Tableau 1 : Caractéristiques des eaux brutes du barrage de KEDDARA  
durant les années 1985, 1986, 1987.

ELEMENTS	UNITES	ANNEE 1985	ANNEE 1986	ANNEE 1987
Température	°C	14	15	13
PH	-	7,6 - 8,1 *	7,6 - 8,1 *	7,8 - 8,1*
Conductivité	S/cm	600 - 900 *	700	659
M.E.S.	mg/l	500 - 580 *	-	-
Oxygène Dissous	"	9,8	-	9,7
Résidu sec à 105°	"	449 - 575 *	507	4,60
DBO <sub>5</sub>	"	1.1	2.23	0,9
DCO	"	8,2	20.5	12
Matières Orag.	"	2.5	6.4	2.1
Calcium	"	79	73	71
Magnésium	"	23	29	27
Sodium	"	16	17	19
Potassium	"	4	3.5	-
Chlorures	"	17	28	28,5
Sulfates	"	88	84	90,6
Nitrates	"	10	9.4	3
Nitrites	"	0,04	0.17	0,05
Ammonium	"	0.05	0.49	0.024
Phosphate	"	0.014	0.35	0.15
Dureté	°F	248	217	282
Turbidité	NTU	-	-	2 - 35*
Fer	mg/l	0.35	-	-
Manganèse	mg/l	0,01	-	-
Zinc	"	-	-	-
Chrome	"	0	-	-
Fluor	"	0,28	-	-
Iode	"	0.02	-	-

\* - Valeurs extrêmes.

Nos analyses d'eau brute ont donné les résultats suivants :

PARAMETRES	PRELEVEMENT DU 06.10.87	PRELEVEMENT DU 04.12.87
Température (°C)	13	13
Conductivité ( $\mu S/cm$ )		500
PH	7,40	7,8
TA ( mg/l)	0	0
TAC ( mg/l)	178	197,5
Dureté totale(mg/l)	189,6	210
Calcium (mg/l)	63,32	49,70
Magnésium ("	39,36	20,89
Sulfates ("	81,6	53,6
Chlorures ("	60,25	39,05
Nitrates ("	3,0	0,06
Nitrites ("	0,03	0,05
Ammonium ("		0,80
Phosphates("		0,30
Oxygène dissous mg/l)		8,5
M E S		80



Nos analyses d'eau traitée au niveau de la station de Boudouaou ont donné les résultats suivants :

PARAMETRES	PRELEVEMENT DU 06.10.87
Température (°C)	13
Conductivité (µS/cm)	-
PH	7,50
TA (mg/l)	0
TAC (mg/l)	161,00
Dureté totale (mg/l)	189,00
Calcium (mg/l)	53,30
Magnésium (mg/l)	39,84
Sulfates (mg/l)	89,4
Chlorures (mg/l)	67,86

V.- ESSAIS DE TRAITEMENT :

1. Recherche des conditions opératoires optimales.

Les prélèvements ont été pris du robinet de la conduite d'arrivée d'eau brute au niveau du Laboratoire.

Pour effectuer les essais de coagulation-floculation, nous avons déterminés les conditions opératoires optimales du Jai-test.

Pour cela, nous avons utilisé une série de bêche de 1 litre. Après décantation, on prélève 100 ml du surnageant de chaque bêche, afin d'effectuer les mesures de turbidité et de PH.

1.1.- Procédés de Coagulation-floculation.

Les essais de floculation comporte trois phases :

a/ Phase d'agitation rapide :

C'est une phase de destabilisation des particules après introduction et dispersion des réactifs .

b/ Phase d'agitation lente :

C'est une phase de floculation où il y'a formation du floc .

c/ Phase de décantation :

Il y'a entrainement du floc vers le fond après un certain temps .

Pour chacune des phases nous avons déterminé la vitesse et la durée optimale d'agitation. Nous avons mesuré la turbidité de l'eau et déterminer le pourcentage d'élimination de la turbidité à partir de la relation :

$$R = \frac{NTU_i - NTU_{resid}}{NTU_i} \times 100$$

avec :

$NTU_i$  = turbidité initiale

$NTU_{res}$  = turbidité résiduelle

R = rendement en (%)

1.2. Phase de mise au point des conditions opératoires optimales :

Dans toute cette phase, les doses optimales provisoires

du sulfate d'aluminium et de l'ASP6 sont déterminées avec les conditions opératoires provisoires suivantes :

- Temps d'agitation rapide : 3 mn
- Temps d'agitation lente : 25 mn
- vitesse d'agitation rapide : 200 tr/mn
- Vitesse d'agitation lente : 50 tr/mn
- Temps de décantation : 30 mn

Les doses optimales obtenues sont les suivantes :

- Pour le sulfate d'aluminium : 23 mg/l
- Pour l' ASP 6 : 0,22 mg/l.

Pour toute la suite de l'expérience, les doses optimales du sulfate d'aluminium et de l'ASP 6 seront respectivement 23 mg/l et 0,22 mg/l

#### 1.2.1. Etude de la phase d'agitation rapide :

Pour avoir une bonne répartition des produits, on introduit le plus rapidement possible dans l'eau le sulfate d'aluminium et le polyélectrolyte (ASP6).

##### a/. Détermination du temps optimum d'agitation rapide :

On se fixe aux conditions opératoires provisoires et on fait varier le temps d'agitation rapide entre 0,5 et 3 minutes .

On trouve :

Temps optimum d'agitation rapide qui correspond au maximum d'élimination de turbidité : 1 minute .

##### b/. Détermination de la vitesse optimale d'agitation rapide :

Le temps d'agitation rapide étant de 1 mn .

On détermine la vitesse optimale d'agitation rapide :

150 tr/mn .

#### 1.2.2. Etude de la phase d'agitation lente :

##### a/. Détermination du temps optimum d'agitation lente :

Temps optimum d'agitation rapide fixée à 1 mn .

Vitesse optimale d'agitation rapide fixée à 150 tr/mn

On fait varier le temps d'agitation lente entre 10

et 35 mn .

On détermine ce temps optimum : 20 mn .

##### b/. Détermination de la vitesse optimale d'agitation lente .

On fait varier la vitesse d'agitation lente entre 30



et 30 tr/mn. On détermine la vitesse optimale correspondante : 40 tr/mn.

1.2.3. Détermination du temps optimum de décantation :

On fait varier le temps de décantation entre 15 et 40 minutes. Les gros floccs décantent vite, mais la décantation est achevée au bout de 30 minutes .

1.3. C O N C L U S I O N :

Dans nos essais ultérieurs, nous suivrons les conditions opératoires optimales que nous avons déterminés :

- Temps optimum d'agitation rapide : 1 mn
- Temps optimum d'agitation lente : 20 mn
- Temps optimum de décantation : 30 mn
- Vitesse optimale d'agitation rapide : 150 tr/mn
- Vitesse optimale d'agitation lente : 40 tr/mn .

2. RECHERCHE DES DOSES OPTIMALES DES DIFFERENTS COAGULANTS ET FLOCCULANTS :

Nous présenterons dans ce qui suit les différents résultats des expériences menées .

La turbidité des eaux brutes est variable, de 1 à 22 NTU pour les 2 mois d'octobre et novembre ( voir tableau 2 )  
Pour nos essais, la turbidité initiale a été maintenue à 6 NTU pour pouvoir comparer les résultats et s'assurer de leurs reproductibilités.

Pour toutes les expériences ultérieures on effectue une première série d'essai pour approcher la dose optimale, une deuxième nous permettra de déterminer la dose optimale avec précision .

2.1. Avec le sulfate d'aluminium

2.1.1.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$

Dose $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (mg/l)	15	18	20	23	25	30
Turbidité rés. (NTU)	1,58	1,20	0,97	0,88	0,90	1,23
% d'élimination	73,5	80,0	83,8	85,3	85,0	79,4
PH	7,71	7,69	7,68	7,63	7,62	7,60





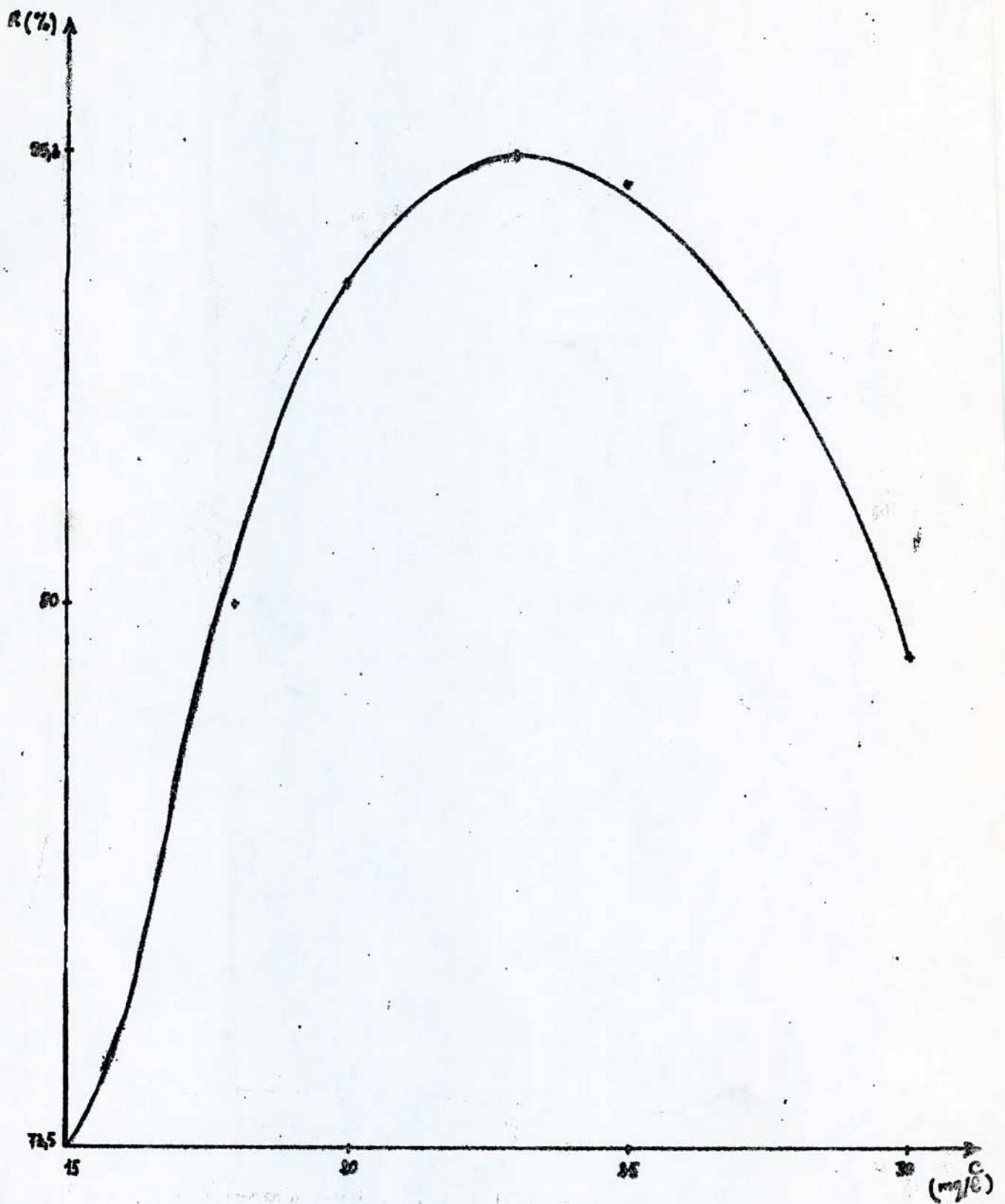
# MOIS DE NOVEMBRE

JOUR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
EAU BRUTE	PH	7,45	7,45	7,60	7,40	7,55	7,40	7,49	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,60	7,60	7,60	7,70	7,70	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,70	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,70
	Turbidite (NTU)	4,2	4,0	6,5	5,2	4,3	5,8	5,5	4,8	6,4	9	10	10	10	10	10	2,2	2,2	1,9	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	8	9	8	10	9	12
	Conduc. (µS/cm)	/	0,8	0,6	0,6	0,6	2,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	/	/	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

JOUR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
EAU DECA-NTÉE	PH	7,23	7,30	7,20	7,15	7,28	7,10	7,11	7,25	7,16	7,30	7,20	7,30	7,30	7,30	7,31	7,30	7,30	7,40	7,40	7,40	7,42	7,40	7,40	7,40	7,40	7,30	7,30	7,20	7,50	7,40
	Turbidite (NTU)	0,65	0,24	<	0,30	>	0,30	0,52	0,25	0,20	0,30	0,30	<	<	0,20	<	0,20	0,20	0,80	0,12	1,20	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30	<	<	1,30	2,00	2,00
	Chlore résiduel (mg/l)	0,05	0,05	0,28	2,5	1,94	2,20	2,33	2,70	2,65	2,80	2,25	2,60	2,50	2,62	2,61	2,61	2,76	2,4	2,4	2,77	2,70	1,18	2,40	2,30	1,30	0,40	0,30	0,50	0,50	0,50

JOUR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
EAU Filtrée Desinfectée	PH	7,21	7,10	7,15	7,10	7,17	7,10	7,10	7,10	7,16	7,25	7,20	7,30	7,30	7,24	7,32	7,30	7,30	7,20	7,35	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,40	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
	Turbidite (NTU)	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	1,30	4,00	<
	Chlore résiduel (mg/l)	0,58	0,65	/	0,30	0,50	0,30	0,60	0,70	/	0,80	0,80	0,80	0,80	0,74	0,76	0,90	0,90	0,60	0,65	0,55	0,88	0,70	0,80	0,30	0,20	/	0,20	0,10	0,20	0,10





Courbe 11: Rendement d'élimination de la turbidité en fonction de la dose de Coagulant.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

La dose optimale du sulfate d'aluminium est de 23 mg/l.

Nous maintenons cette dose optimale pour nos essais ultérieurs avec d'autres flocculants .

2.1.2.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$  et ASP 6

Dose de l'ASP 6 (mg/l)	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,30
Turbidité résiduelle (NTU)	0,87	0,72	0,73	0,76	0,73	0,76
% d'élimination	85,5	88,00	87,8	87,3	87,8	87,3
P H	7,68	7,65	7,65	7,65	7,64	7,64

2.1.3.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  et Aqualgine .

Dose Aqualgine (mg/l)	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
Turbidité résiduelle (NTU)	1,15	1,10	0,97	0,91	1,00	1,00
% d'élimination	80,8	81,8	83,8	84,8	83,3	83,3
P H	7,65	7,67	7,67	7,71	7,72	7,70

2.1.4.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  et Bentonite activée

Dose Bentonite activée (mg/l)	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30
Turbidité résiduelle (NTU)	1,45	0,90	0,72	0,88	0,77	1,00
% d'élimination	75,8	85,0	88,0	85,3	87,1	83,3
P H	7,75	7,76	7,74	7,70	7,73	7,74

2.1.5.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$  et Silice activée

Dose silice activée (mg/l)	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,35
Turbidité résiduelle (NTU)	1,80	1,60	1,28	1,30	1,30	1,30
% d'élimination	70,0	73,3	78,6	78,3	78,3	78,3
P H	7,56	7,60	7,60	7,63	7,63	7,63

2.1.6.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$  et Silice activée + Bentonite activée .

La dose optimale de la silice activée est de 0,25 mg/l

Dose Bentonite activée (mg/l)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25
Turbidité résiduelle (NTU)	1,47	1,15	0,98	1,47	1,47	1,57
% d'élimination	75,5	80,8	83,6	75,5	75,5	73,8
P H	7,68	7,66	7,65	7,67	7,66	7,65

CONCLUSION :

Tableau donnant les meilleurs rendements d'élimination de la turbidité obtenus avec différents flocculants en présence du sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant .

	ASP6	Aqualgi- -ne	Bentoni- te activée	Silice Activée	Silice activée + Bentoni- te acti- vée	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
Turbidité résiduelle (NTU)	0,72	0,91	0,72	1,28	0,98	0,88
% d'élimination	88,0	84,8	88,0	78,6	83,6	85,3



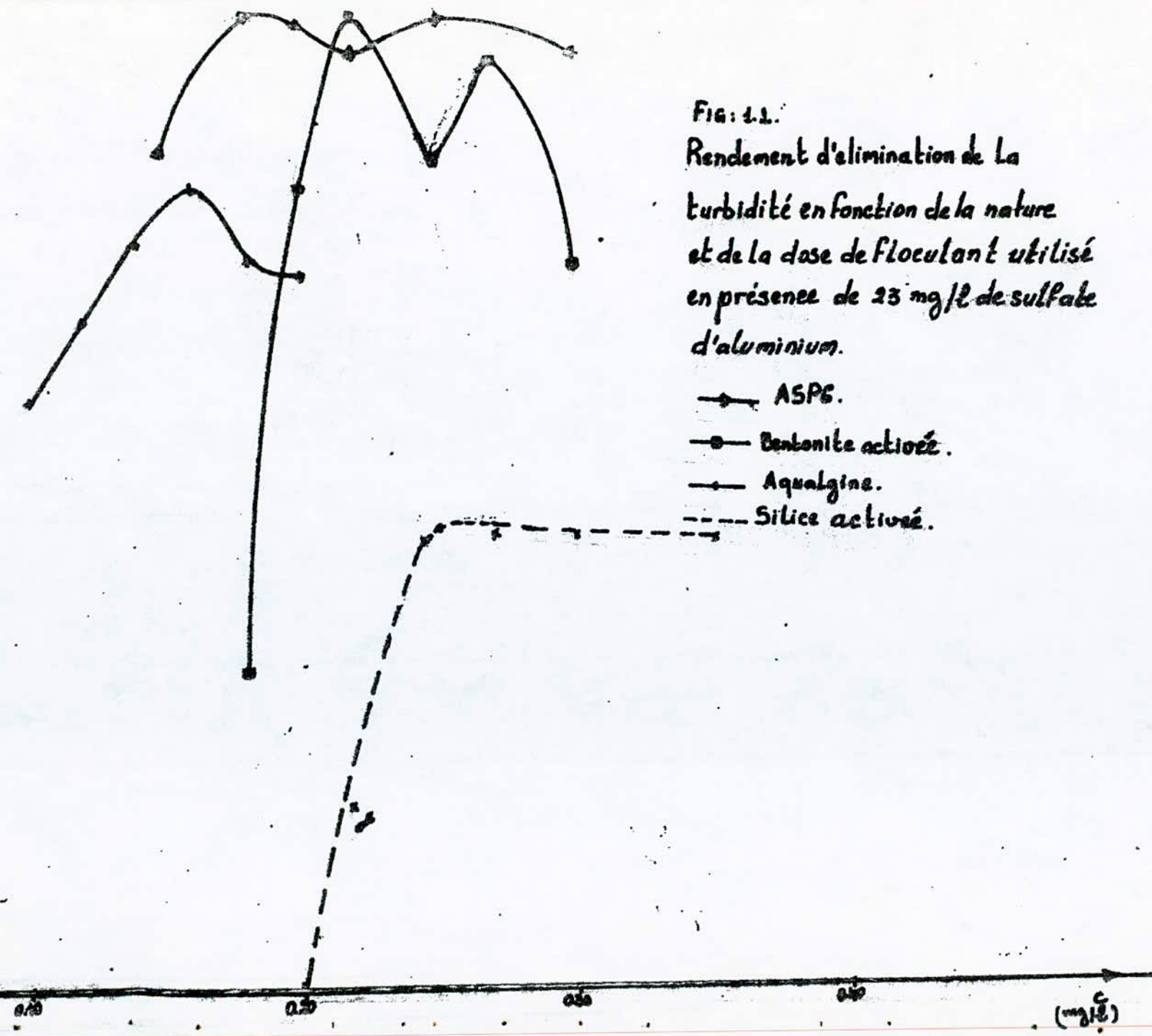
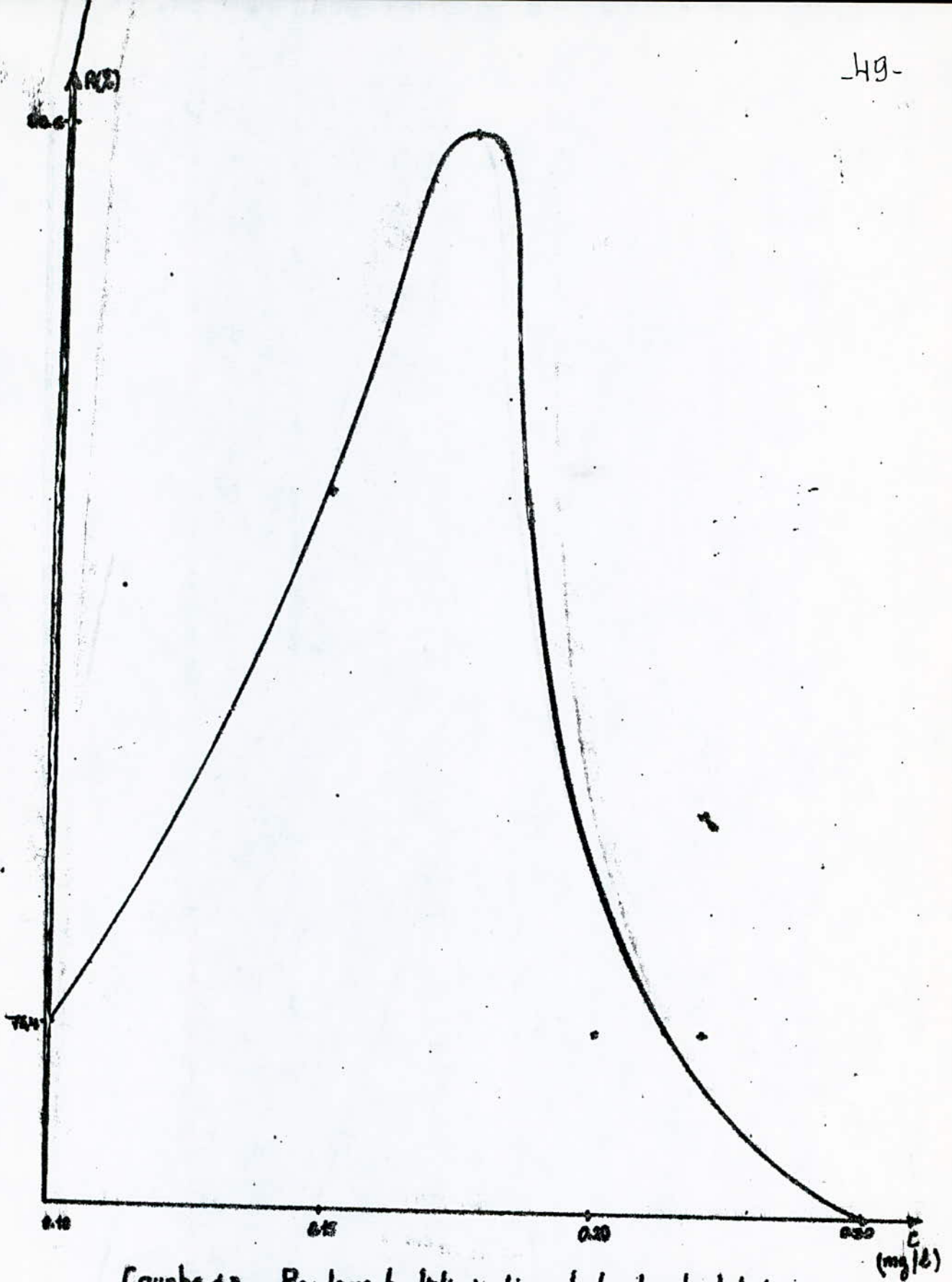


FIG. 1.1.  
Rendement d'élimination de la turbidité en fonction de la nature et de la dose de flocculant utilisé en présence de 23 mg/l de sulfate d'aluminium.



Courbe 1.3: Rendement d'élimination de la turbidité en fonction de la dose de bentonite activée ajoutée à 25 mg/l de silice activée

On note que les meilleurs pourcentages d'élimination de la turbidité sont ceux obtenus avec l'ASP6 et la bentonite activée avec un pourcentage d'élimination de 88% qui est supérieur à celui obtenu avec le sulfate d'aluminium seul . On remarque aussi que l'aqualgine, la silice activée seule, de même que lorsqu'elle est associée à la bentonite activée donnent des résultats inférieurs à 85,3% qui représente le pourcentage d'élimination avec le sulfate d'aluminium. Ces flocculants ne peuvent être employés avec le sulfate d'aluminium pour ces eaux .

La bentonite activée s'avère être un bon flocculant .

## 2.2. Avec le polychlorure d'aluminium .

### 2.2.1. $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$

Dose du WAC (mg/l)	20	22	25	27	30	35
Turbidité résiduelle (NTU)	1,00	0,94	0,90	0,72	0,63	0,65
% d'élimination	83,3	84,3	85,0	88,0	89,5	89,2
P H	7,95	7,98	7,90	7,92	7,93	7,98

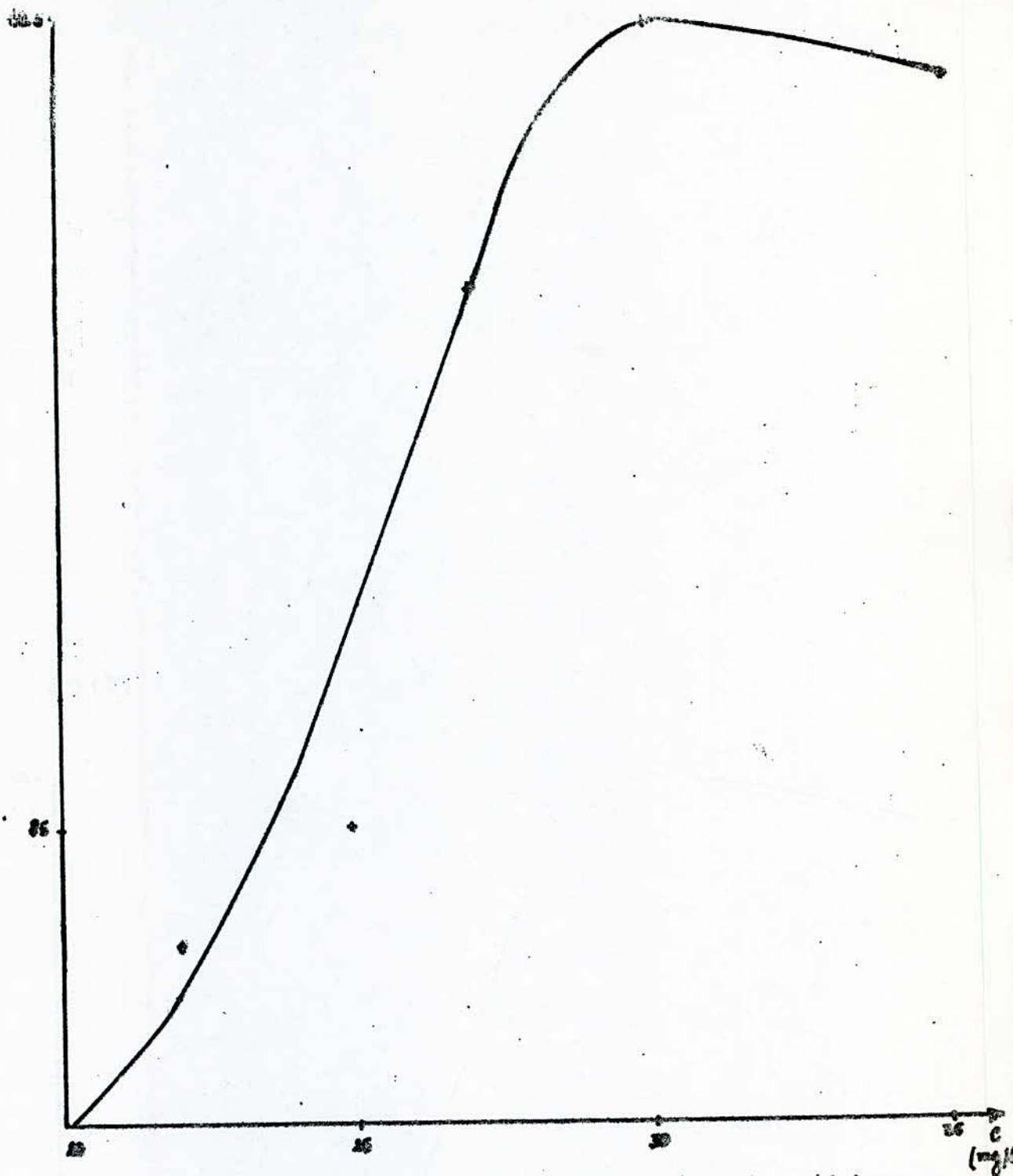
La dose optimale du WAC est de 30 mg/l

Nous maintenons cette dose pour nos essais ultérieurs .

### 2.2.2. $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$ et ASP 6

Dose ASP 6 (mg/l)	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,30
Turbidité résiduelle (NTU)	1,00	0,85	0,70	0,64	0,67	0,70
% d'élimination	83,3	85,8	88,3	89,3	88,8	88,3
PH	7,76	7,77	7,75	7,75	7,76	7,76





Courbe 3.4 Rendement d'élimination de la turbidité  
en fonction de la dose de  $Al(OH)_3$   $Cl_{3n-m}$ .

2.2.3.  $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$  et Aqualgine .

Dose Aqualgine (mg/l)	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,25
Turbidité résiduelle(NTU)	1,33	1,10	0,99	0,94	0,94	0,94
% d'élimination	77,8	81,6	83,5	84,3	84,3	84,3
P H	7,86	7,86	7,85	7,84	7,84	7,85

2.2.4.  $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$  et Bentonite activée

Dose Bentonite activée (mg/l)	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,30
Turbidité résiduelle(NTU)	0,72	0,64	0,59	0,66	0,66	0,73
% d'élimination	88,0	89,3	90,2	89,0	89,0	87,8
PH	7,80	7,79	7,80	7,79	7,81	7,80

2.2.5.  $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$  et Silice activée

Dose Silice activée (mg/l)	0,20	0,25	0,27	0,30	0,35	0,40
Turbidité résiduelle(NTU)	0,77	0,55	0,62	0,69	0,57	0,68
% d'élimination	87,2	90,8	89,6	88,5	90,5	88,6
PH	7,97	7,98	7,96	7,95	7,95	7,94

La dose optimale de la silice activée est de 0,25 mg/l

2.2.6.  $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$  et Silice activée + Bentonite activée .

Dose de Bentonite activée (mg/l)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25
Turbidité résiduelle (NTU)	1,10	0,88	0,72	0,66	0,67	0,68
% d'élimination	81,6	85,3	88,0	89,0	88,8	88,6
PH	7,86	7,86	7,86	7,84	7,84	7,85

## C O N C L U S I O N :

=====

Tableau donnant les meilleurs rendements d'élimination de la turbidité obtenus avec les différents flocculants en présence du polychlorure d'aluminium utilisé comme coagulant .

	ASP6	Aqualgi -ne	Bentonite activée	Silice Activée	Silice Activée + Bentonite Activée	WAC
Turbidité résiduelle (NTU)	0,64	0,94	0,59	0,55	0,66	0,63
% d'élimination	89,3	84,3	90,2	90,8	89	89,5

Nous remarquons que le WAC seul donne un bon pourcentage d'élimination de la turbidité. Ce pourcentage augmente avec l'ajout de la silice activée, ou de la bentonite activée, qui donnent les valeurs respectifs d'élimination de 90,8 et 90,2 .

La bentonite activée confirme le résultat obtenu avec le sulfate d'aluminium .



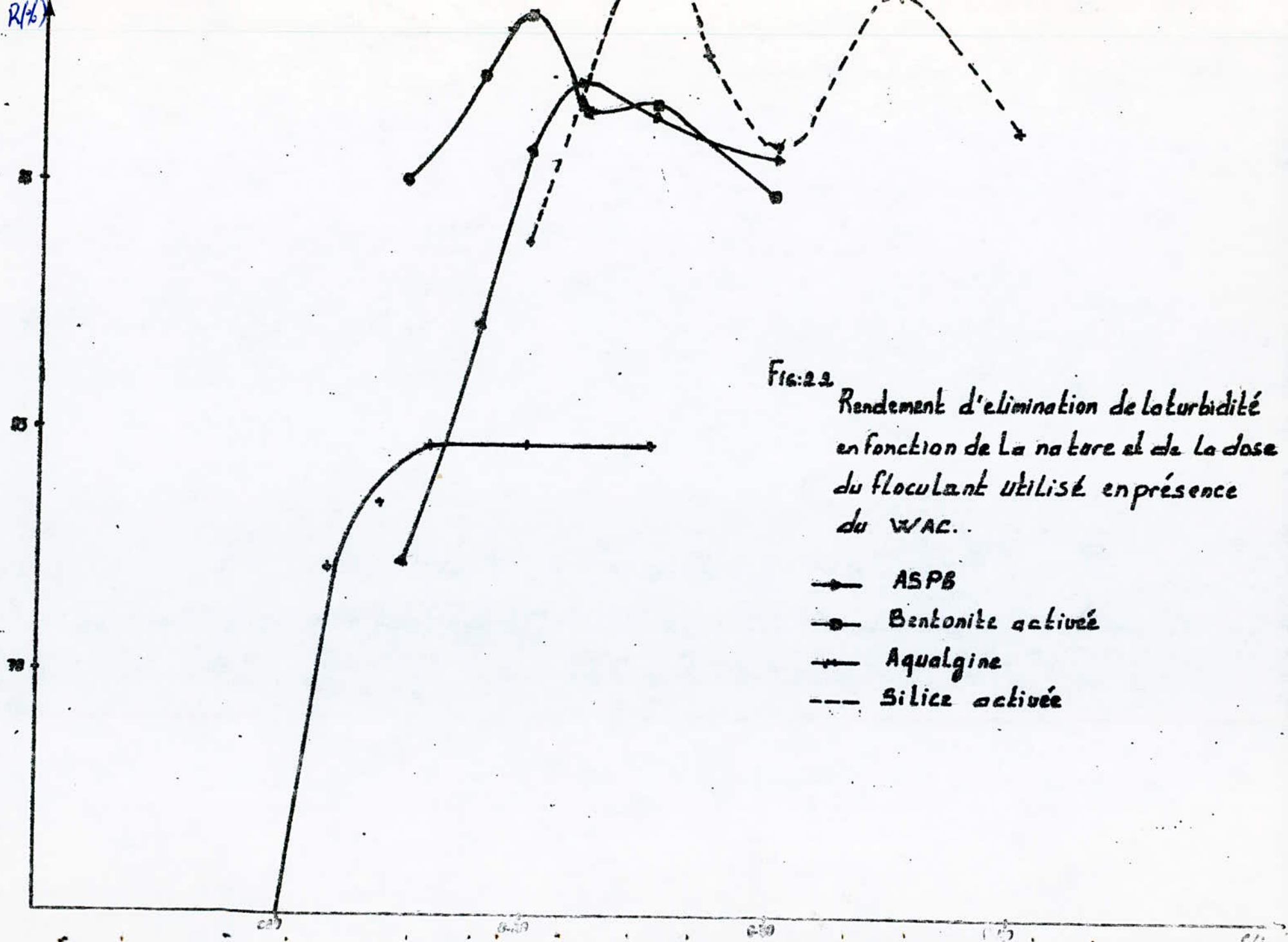
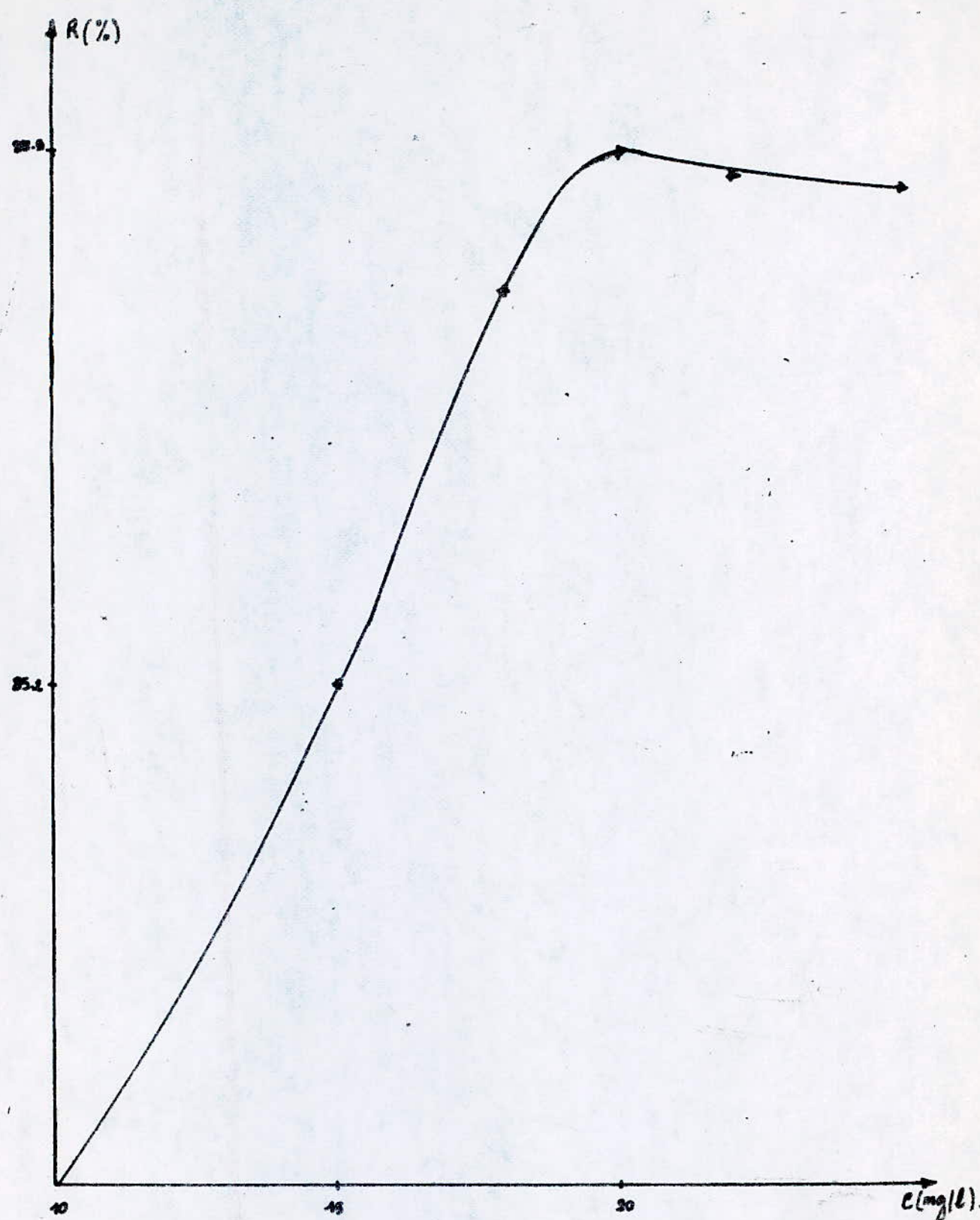


Fig:22  
 Rendement d'élimination de la turbidité  
 en fonction de la nature et de la dose  
 du flocculant utilisé en présence  
 du WAC.

- ASPB
- Bentonite activée
- ▲— Aqualgine
- - - × - - - Silice activée



Courbe 23: Rendement d'elimination de la turbidite en fonction des doses de bentonite activee ajoutées à 0.20 mg/l de silice activee.

## 2.3.- Avec le chlorure ferrique

2.3.1.-  $\text{Fe cl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ .

Dose $\text{Fecl}_3$ (mg/l)	20	25	28	30	35	40
Turbidité résiduelle (NTU)	1,16	1,10	1,00	1,10	1,00	1,00
% d'élimination	80,6	81,6	83,3	81,6	83,3	83,3
PH	7,43	7,36	7,38	7,33	7,40	7,30

La dose optimale du chlorure ferrique est de 28 mg/l

Nous maintenons cette dose avec les essais ultérieurs.

2.3.2. -  $\text{Fe cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  et ASP 6

Dose ASP6 (mg/l)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25
Turbidité résiduelle (NTU)	1,40	1,17	1,12	1,17	1,20	1,20
% d'élimination	76,5	80,5	81,3	80,5	80,0	80,0
PH	7,58	7,58	7,55	7,56	7,55	7,54

2.3.3.  $\text{Fe cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  et Aqualgine .

Dose Aqualgine (mg/l)	0,05	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20
Turbidité résiduelle (NTU)	1,50	1,25	1,2	1,30	1,35	1,40
% d'élimination	75,0	79,2	80,0	78,3	77,5	76,6
PH	7,59	7,58	7,59	7,58	7,56	7,56

2.3.4.  $\text{Fe cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  et Bentonite activée :

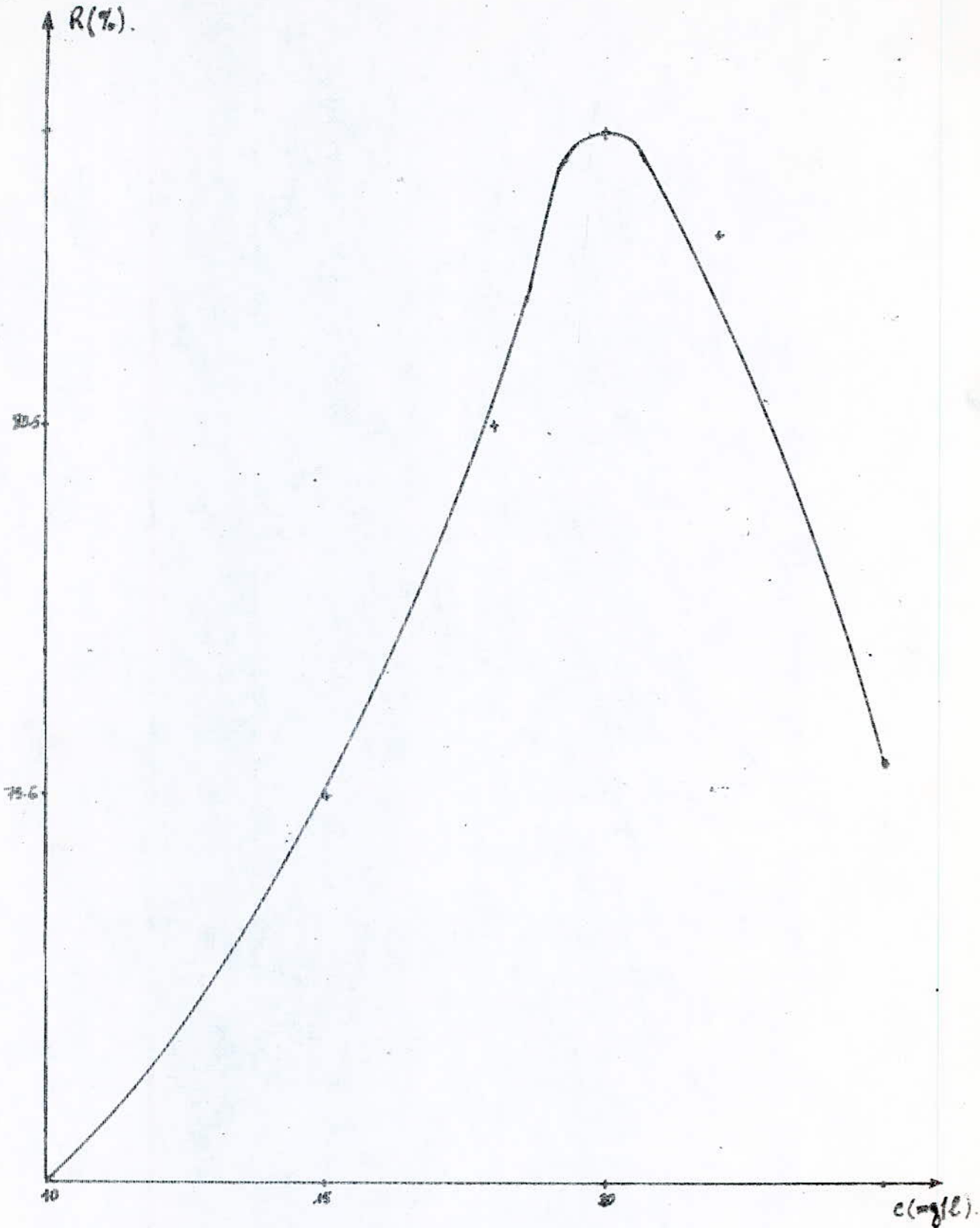
Dose Bentonite activée (mg/l)	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30
Turbidité résiduelle (NTU)	1,65	1,19	0,83	0,87	0,85	0,99
% d'élimination	72,4	80,1	86,1	85,5	85,8	83,5
PH	7,74	7,72	7,71	7,70	7,69	7,69

2.3.5.  $\text{Fecl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  et Silice activée

Dose silice activée (mg/l)	0,25	0,30	0,32	0,35	0,40	0,45
Turbidité résiduelle (NTU)	1,60	1,00	0,98	0,96	0,92	0,90
% d'élimination	73,3	83,3	83,6	84,0	84,6	83,6
PH	7,79	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80

La dose optimale de la Silice activée est de 0,40 mg/l.





Courbe 3.1: Rendement d'elimination de la turbidite en fonction de la dose de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .

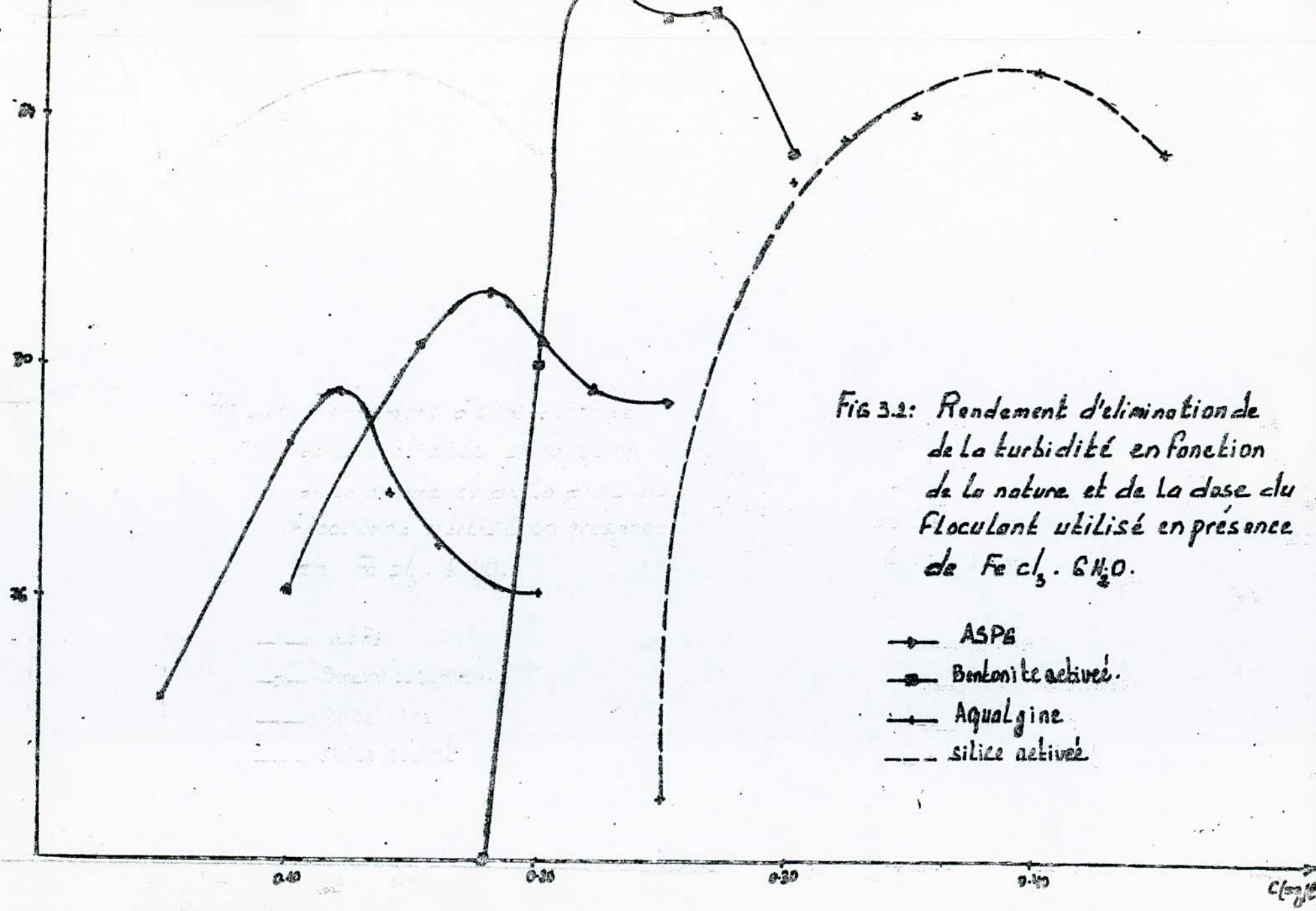


Fig 3.2: Rendement d'élimination de la turbidité en fonction de la nature et de la dose du flocculant utilisé en présence de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .

- ASP6
- Bentonite activée.
- ▲— Aqualgine
- ×--- silice activée

2.3.6.  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  et Silice activée + Bentonite activée .

Dose Bentonite activée (mg/l)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25
Turbidité résiduelle (NTU)	1,30	1,22	1,17	1,12	1,12	1,22
% d'élimination	78,3	79,6	80,5	81,3	81,3	79,6
PH	7,52	7,50	7,54	7,54	7,55	7,55

## CONCLUSION:

Tableau donnant les meilleurs rendements d'élimination de la turbidité en fonction des différents flocculants utilisés avec le chlorure ferrique .

	ASP6	Aqualgine	Bentonite activée	Silice activée	Sil.+act. + Bent.	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	1,12	1,20	0,83	0,92	1,12	1,00
	81,3	80,0	86,1	84,6	81,3	83,3

Nous remarquons que seul la bentonite activée et la silice activée qui donnent des pourcentages d'élimination de la turbidité supérieurs à celui du chlorure ferrique seul avec les pourcentages respectifs de 86,1 % et 84,6 % .

La bentonite activée reste un bon flocculant .

## 2.4.- Avec le sulfate ferrique :

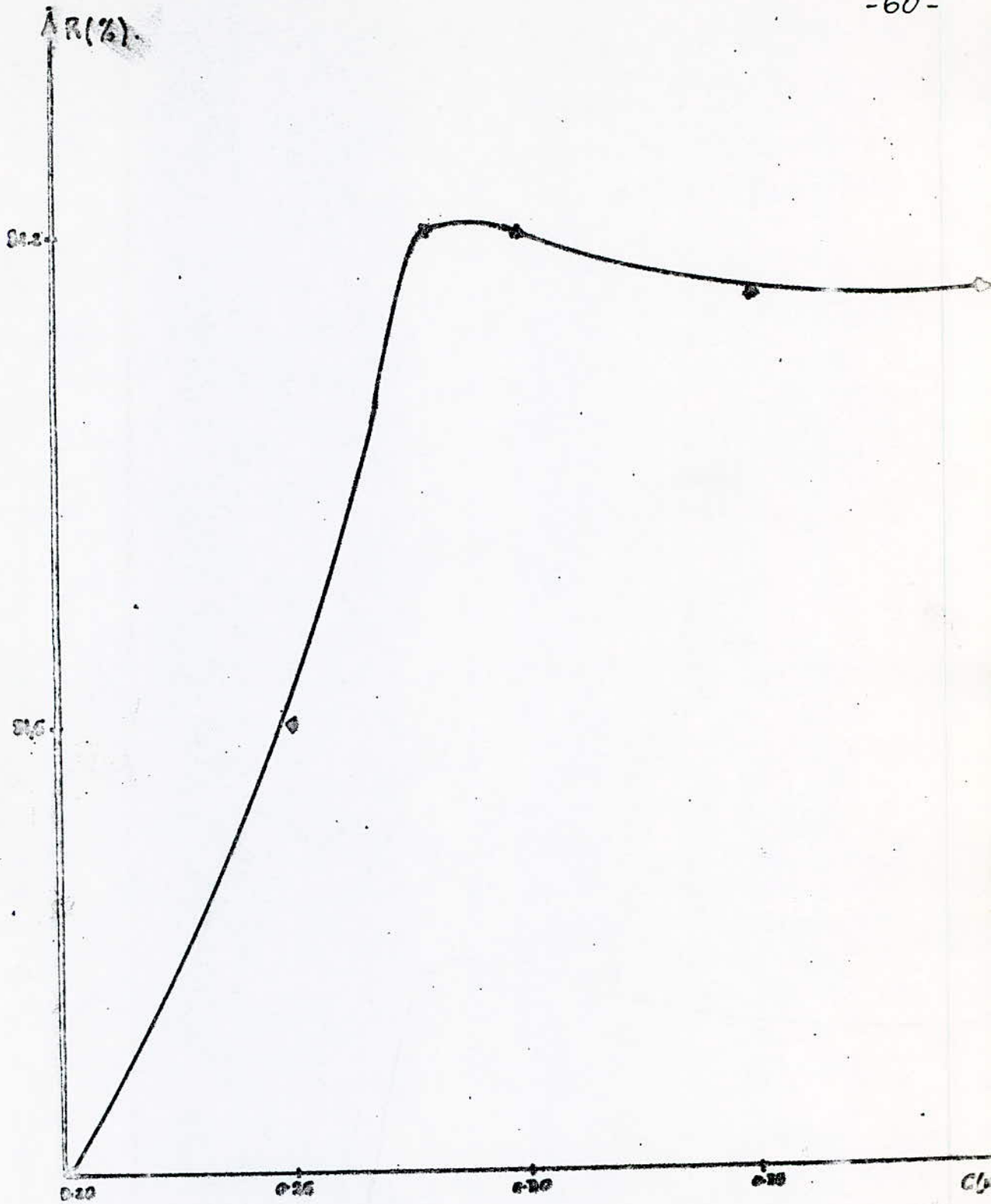
2.4.1.-  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 

Dose $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (mg/l)	25	30	35	38	40	45
Turbidité résiduelle (NTU)	1,36	1,30	1,26	1,16	0,96	0,98
% d'élimination	77,3	78,1	79,0	80,6	84,0	83,6
PH	7,55	7,47	7,41	7,37	7,36	7,36

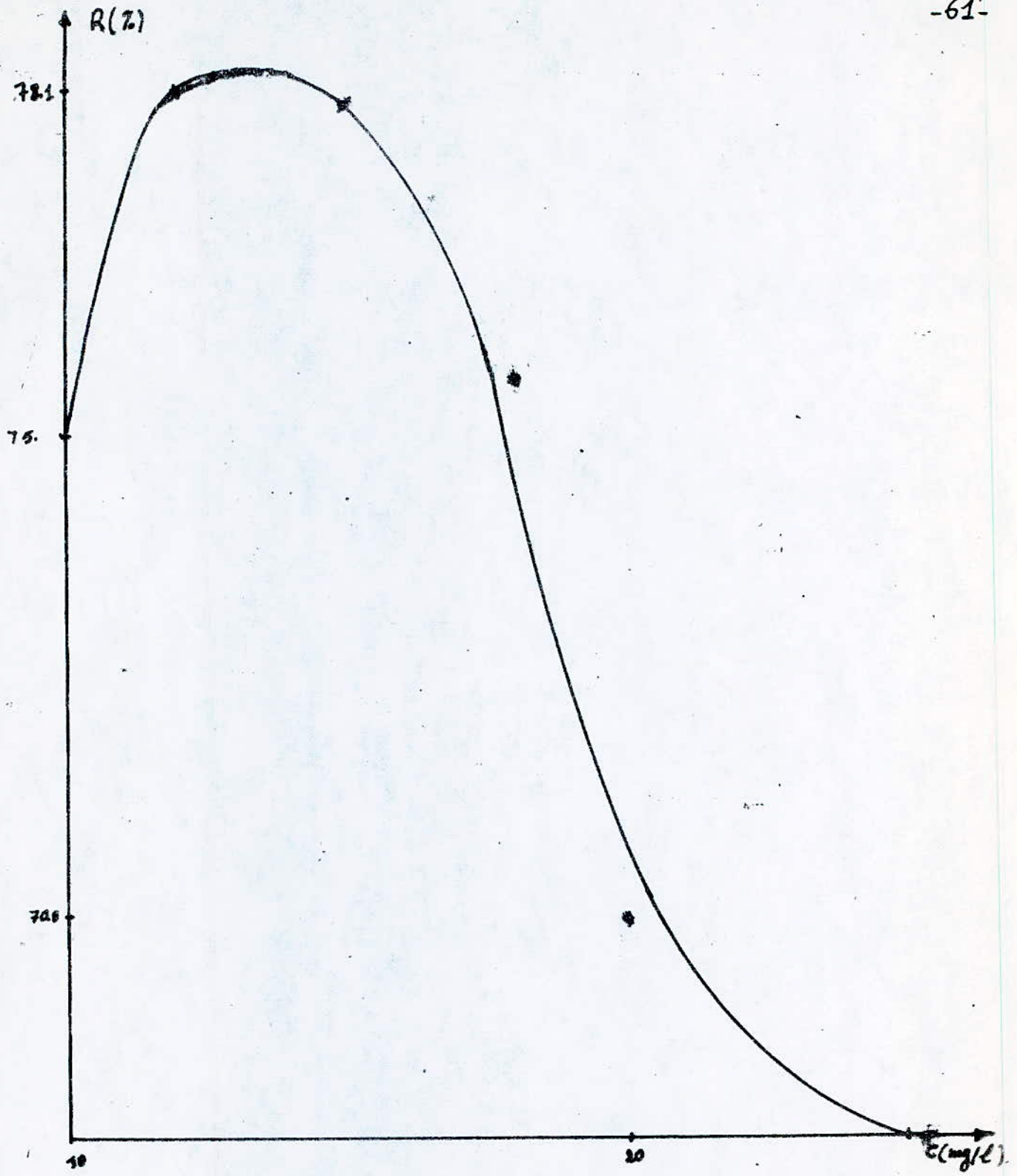
La dose optimale du sulfate ferrique est de 40 mg/l

Dose ASP6 (mg/l)	0,10	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25
Turbidité résiduelle (NTU)	1,26	1,22	0,93	0,82	0,80	0,82
% d'élimination	79,0	79,6	84,5	86,3	86,6	86,3
PH	7,28	7,27	7,29	7,26	7,28	7,29





Courbe 3.3: Rendement d'elimination de la turbidité en fonction des doses de bentonite activée ajoutées à la silice activée (0.40mg/l)



Courbe 4.3: Rendement d'élimination de la turbidité en fonction des doses de bentonite activée ajoutées à 0,35 mg/l de silice activée.

2.4.3.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  et Aqualgine.

Dose Aqualgine (mg/l)	0,05	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20
Turbidité résiduelle (NTU)	0,87	0,70	0,91	0,94	0,92	0,92
% d'élimination	85,5	88,3	84,8	84,3	84,6	84,6
PH	7,38	7,43	7,37	7,34	7,32	7,32

2.4.4.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  et Bentonite activée .

Dose Bentonite activée (mg/l)	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30
Turbidité résiduelle (NTU)	1,18	1,10	0,89	1,27	1,10	1,00
% d'élimination	80,3	81,6	85,1	78,8	81,6	83,3
PH	7,20	7,23	7,23	7,23	7,23	7,25

2.4.5.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  et Silice activée

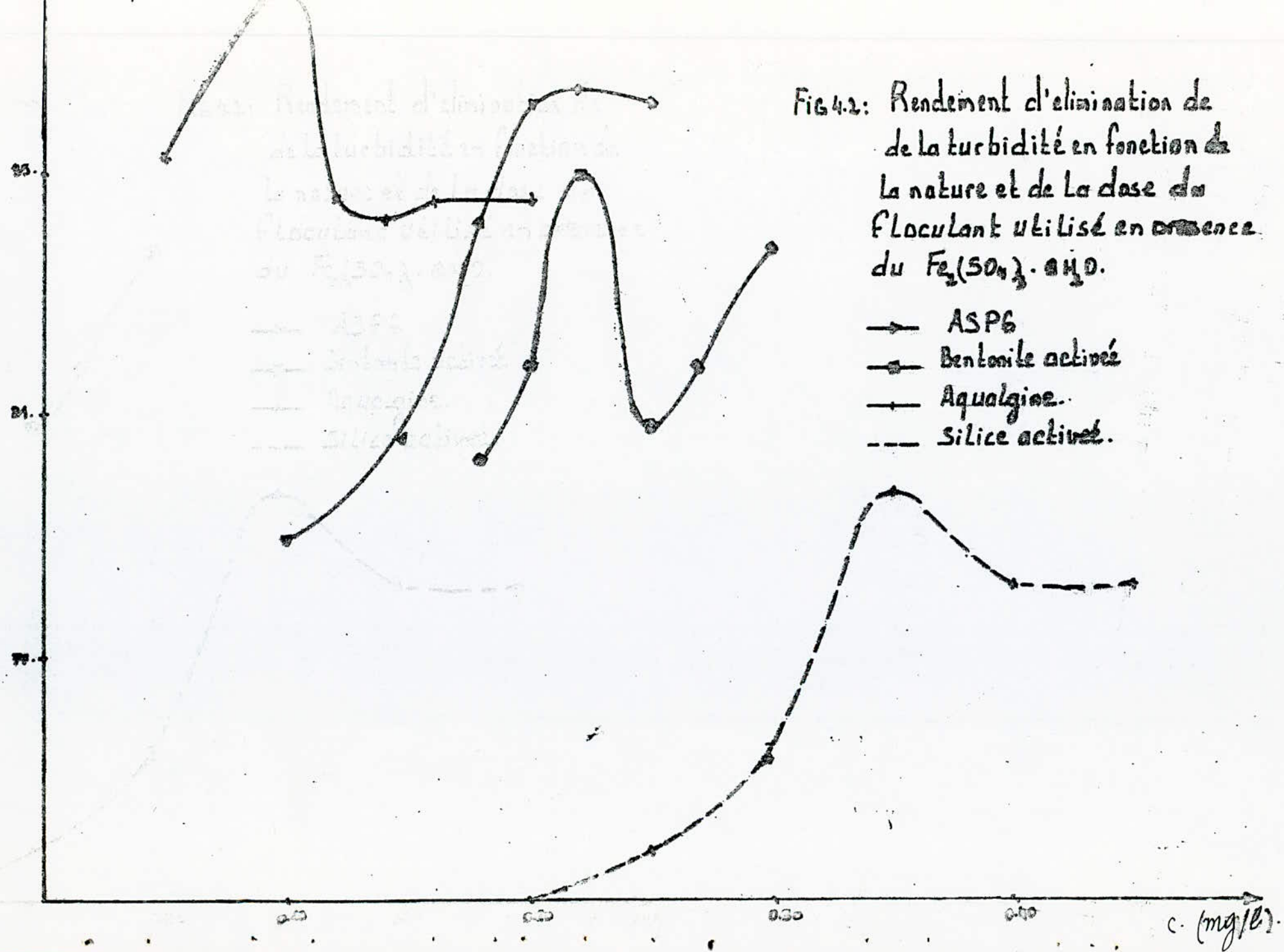
Dose silice activée (mg/l)	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Turbidité résiduelle (NTU)	1,64	1,60	1,50	1,22	1,30	1,31
% d'élimination	72,6	73,3	75,0	79,6	78,3	78,2
PH	7,22	7,22	7,21	7,24	7,22	7,23

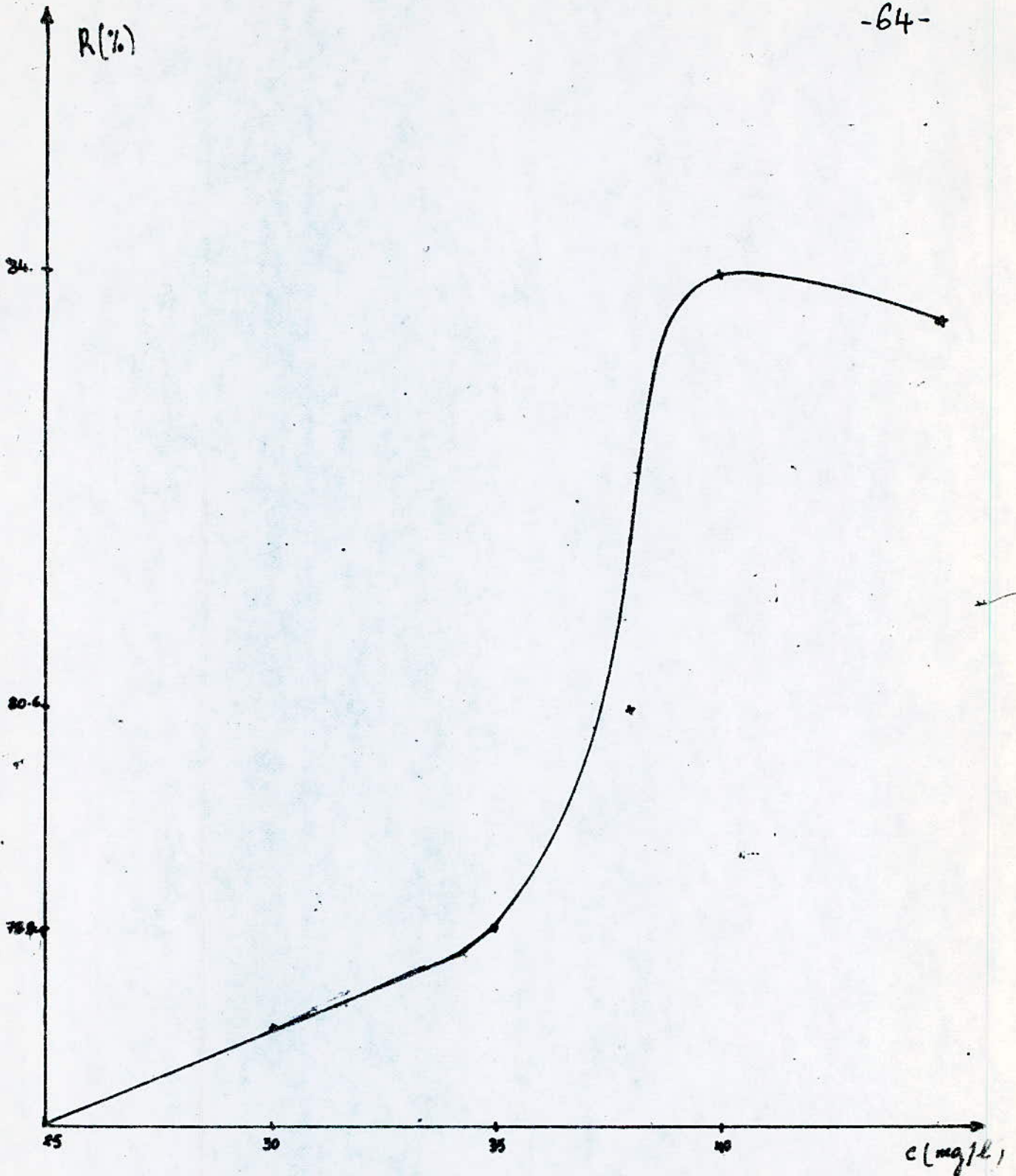
La dose optimale de la silice activée est de 0,35 mg/l

2.4.6.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  et Silice activée + Bentonite activée .

Dose Bentonite activée (mg/l)	0,10	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25
Turbidité résiduelle (NTU)	1,50	1,31	1,32	1,40	1,87	1,87
% d'élimination	75,0	78,2	78,0	76,6	68,8	68,8
PH	7,34	7,33	7,34	7,32	7,33	7,32







Courbe 4.1: Rendement d'élimination de la turbidité en fonction de la dose de  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .

## CONCLUSION :

Tableau donnant les meilleurs pourcentages d'élimination de la turbidité des différents flocculants en présence du sulfate ferrique .

	ASP6	Aqualgine	Bentonite Activée	Silice Activée	Sil.Act Bent.Ad	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$
Turbidité résiduelle (NTU)	0,80	0,70	0,89	1,22	1,31	0,96
% d'élimination	86,6	88,3	85,1	79,6	78,2	84,0

Nous constatons que l'aqualgine , l'ASP6 et la Bentonite activée donnent des éliminations supérieures à celle donnée par le sulfate ferrique seul avec les pourcentages respectifs de 88,3% ; 86,6% et 85,1 % .

Nous remarquons aussi que la bentonite est parmi les flocculants qui donnent le meilleur traitement .



Tableaux récapitulatifs des résultats obtenus:

I. Tableau donnant les doses optimales en (mg/l) de chaque coagulant en présence des différents floculants .

coagulant floculant	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	$Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$
A S P 6	0,18	0,22	0,18	0,22
Aqualgine	0,16	0,16	0,12	0,10
Bentonite activée	0,22	0,20	0,22	0,22
Silice activée	0,25	0,25	0,45	0,35
Silice activée + Bentonite activée	0,25 + 0,18	0,25 + 0,20	0,45 + 0,20	0,35 + 0,12
Coagulant	23	30	28	40

II. Tableau donnant le pourcentage d'élimination de la turbidité de chaque coagulant en présence des différents floculants.

Coagulant Floculant	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	$Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$
ASP6	88,0	89,3	81,3	86,6
Aqualgine	84,8	84,3	80,0	88,3
Bentonite activée	88,0	90,2	86,1	85,1
Silice activée	78,6	90,8	84,6	79,6
Silice activée + Bentonite activée	83,6	89,00	81,3	78,2
Coagulant	85,3	89,5	83,3	84

III. Tableau donnant les turbidités résiduelles obtenues en NTV avec les doses optimales des différents coagulants et floculants .

Coagulant floculant	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	$Al_n(OH)_m \cdot Cl_{3n-m}$	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$
ASP 6	0,72	0,64	1,12	0,80
Aqualgine	0,91	0,94	1,20	0,70
Bentonite activée	0,72	0,59	0,83	0,89
Silice activée	1,28	0,55	0,92	1,22
Bentonite activée +Silice activée	0,98	0,66	1,12	1,31
Coagulant	0,88	0,63	1,00	0,96



DISCUSSION  
\*\*\*\*\*

Les résultats obtenus lors des différents essais de Jar-test montrent l'efficacité de chaque coagulant, flocculant et adjuvant de floculation dans le traitement des eaux du barrage de KEDDARA. Le polychlorure d'aluminium (WAC) combiné à la bentonite activée puis à la silice activée permet à obtenir un taux d'élimination de la turbidité de 90,2 % et 90,8% respectivement.

L'utilisation du WAC est très efficace et ce grâce à la polymérisation de ce dernier qui lui permet de lester convenablement l'ensemble des colloïdes en présence. Tandis que le taux d'élimination obtenu avec le sulfate d'aluminium utilisant l'ASP 6 et la bentonite activée comme réactifs de floculation est de 88% pour les deux cas. L'introduction de la bentonite activée ne peut se justifier que pour les eaux faiblement chargées. L'élimination de la faible turbidité par coagulation-floculation reste assez difficile, pour cela on charge les eaux par une argile négative, afin de pouvoir neutraliser les charges, en favorisant le rapprochement entre les ions. Un brevet Hongrois a été déposé dans ce sens.

OPTIMISATION DU TRAITEMENT :

La qualité des eaux brutes étant en variation permanente tout le long de l'année, il est indispensable de contrôler la qualité des eaux brutes, pour le choix d'un traitement optimal. Durant la période de nos expériences, les doses de réactifs employés pour un traitement optimal sont :

	Bentonite activée(mg/l)	Silice activée(mg/l)	ASP6 (mg/l)	WAC	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (mg/l)	0,22	-	0,18	-	23
WAC (mg/l)	0,18	0,25	-	30	-

Les exploitants de la station sont tenus à effectuer des analyses régulièrement et pour maintenir toujours une meilleure qualité des eaux moyennant un traitement optimal .



Un choix optimal de réactifs de traitement des eaux doit s'effectuer en tenant compte des différentes contraintes technico-économiques.

Produits	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	WAC	ASP 6	Bentonite activée	Silice Activée
Prix DA/tonnes	650	1420	2812	830	125

Le WAC coûtant plus cher que le sulfate d'aluminium; ( il n'est pas recommandé pour ce traitement) d'une part et qu'il est interdit pour l'utilisation dans les eaux potables ainsi que tous les produits de synthèse d'autre part. A cette fin nous optons pour le traitement utilisant les réactifs suivants :

- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  pour la coagulation .
- Bentonite activée pour la floculation.

Les doses optimales trouvées nous permettent d'approcher l'aspect économique de cette optimisation.

Quantités et coût annuelles de réactifs utilisés

	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	ASP 6	Bentonite activée
Quantité annuelle en tonnes.	4.533	35,5	39,4
coût en D.A.	3.000.000	1.000.000	50.000

\* Prix de bentonite activée majoré de 50% de son prix à l'état naturel .

Le rapport des coûts des quantités utilisables annuellement en ASP 6 et éventuellement en bentonite activée est de 20.

Ceci montre l'intérêt économique de l'utilisation de la bentonite activée dans le traitement des eaux ainsi que son efficacité du point de vue technique .

L'analyse du 04.12.1987 d'eau traitée avec la bentonite activée  
a donné les résultats suivants :

élément	Unité	Teneur
$\text{NO}_2^-$	mg/l	0,03
$\text{NO}_3^-$	"	0,03
$\text{N H}_4^+$	"	0,60
$\text{PO}_4^-$	"	0,20
$\text{O}_2$ dissous	"	8,4
$\text{cl}^-$	"	36,15
Conductivité	ms/cm	0,50
$\text{Mg}^{2+}$	mg/l	18,04
$\text{Ca}^{2+}$	"	46,12
Dureté Totale	"	186,9
$\text{SO}_4^-$	"	36,8
TA	"	0
TAC	"	461,5

La bentonite activée ne modifie pas la dureté de l'eau.

La concentration en sel dissous ( T.D.S. ) est de 357 (mg/l).

R E C O M M A N D A T I O N S

= = = = =

- \* Les doses de réactifs utilisées actuellement dépassent largement les doses optimales déterminées lors de nos expériences .
- \* Le by pass ( servant à introduire l'eau directement au filtre quand la turbidité est faible) n'a jamais été utilisé jusqu'à présent, et ce , malgré la faible turbidité des eaux pendant tout l'été 1987.
- \* Le contrôle et l'ajustement du PH est indispensable avant refoulement des eaux .  
Ces remarques montrent la négligence des exploitants pour utiliser au mieux cette station .
- \* Nous recommandons la substitution de l'ASP 6 par la bentonite activée dans le cas , ces eaux puisque l'aspect technico-économique y est favorable. L'obtention d'une bonne qualité des eaux au moindre coût est ainsi effectué ( réalisé).  
- Une étude plus détaillée est nécessaire à plus grande échelle pour confirmer ces résultats surtout dans le cas de cette station où les bassins de coagulation-floculation ne sont pas munis de palettes d'agitation. Le passage de l'eau d'un bassin à l'autre s'effectue gravitairement . Ce sont des bassins à chicanes .



CONCLUSION GENERALE

\*\*\*\*\*

[-] l'issue de cette étude; menée aux laboratoires de la station de BOUDOUACOU et de l'E.N.P, respectivement; comparative de certains coagulants et flocculants dans le traitement des eaux du barrage de KEDDARA; nous avons remarqué les bons résultats obtenus avec la bentonite activée par l'acide sulfurique à chaud comme agent flocculant. Elle a permis une grande réduction de la turbidité. Au niveau de la station , c'est un traitement de coagulation-flocculation-filtration qu'est effectué , utilisant le sulfate d'aluminium et l'ASP 6 comme réactifs .

[/e] choix d'un traitement optimal ne peut être définitif en vertu de la constante variation de la qualité des eaux brutes .

[/n] contrôle continu des eaux est nécessaire à cette fin .

[/ Comme les produits de synthèse sont déconseillés pour le traitement d'eau de consommation humaine, il nous paraît très intéressant d'essayer la bentonite activée comme flocculant à l'échelle pilote.

[/ Certes l'ASP 6 est un flocculant efficace mais la présence d'Arsenic est un grand risque pour la santé publique. C'est un élément toxique qui peut s'accumuler au niveau de l'organisme. L'ingénieur environnementaliste qu'est tenu d'optimiser son traitement en permanence, tout en utilisant les moyens locaux au maximum, et ne doit point utiliser des réactifs pouvant nuire à la santé de l'homme qu'est son principal capital.

A N N E X E I

\*\*\*\*\*

PREPARATION DE LA SILICE ACTIVEE ( 16 ); ( 24 )

1. Préparer la solution A en portant 384,4 g de solution concentrée de silicate de sodium à 1,0 litre avec de l'eau distillée.
2. Préparer la solution B en portant 16,5 ml d'acide sulfurique concentré à 1,0 litre avec de l'eau distillée .
3. Dans un cylindre gradué de 100 ml , verser 5,0 ml de solution A et ajouter 10 ml d'eau distillée, mélanger; puis ajouter 7,1 ml de solution B, bien mélanger et laisser reposer pendant 1 heure 30 minutes .
4. Porter le volume total à 100 ml avec de l'eau distillée. Bien mélanger .  
Cette solution contient 5 mg/l de Si D<sub>2</sub> .

A N N E X E 2

\*\*\*\*\*

DOSAGE DES CHLORURES ( METHODE DE MOHR ) (.30.)

Introduire 100 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée. Ajouter 2 à 3 gouttes d'HNO<sub>3</sub> pur, puis une pincée de CaCO<sub>3</sub> et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%. Verser alors au moyen d'une burette la solution d'AgNO<sub>3</sub> jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes .  
Soit V le volume d'AgNO<sub>3</sub> N/10, utilisé .

A N N E X E III

\*\*\*\*\*

DOSAGE SIMULTANE DU CALCIUM ET DU MAGNESIUM (30)

Ajouter à 50 ml d'eau à analyser 3 ml de solution d'hydroxyde de sodium puis quelques gouttes de solution de bleu d'eriochrome. Verser la quantité nécessaire d'E.D.T.A pour le virage au violet. Noter cette quantité (v<sub>1</sub>). Ajouter 3,2 ml d'Hol (N) et agiter durant 1 minute jusqu'à parfaite dissolution du précipité magnésien. Verser 5 ml de la solution tampon et une goutte de solution de noir d'eriochrome. Bien mélanger. Mettre la quantité d'EDTA nécessaire au virage au bleu (v<sub>2</sub>) .



A N N E X E IV

\*\*\*\*\*

DOSAGE DES SULFATES PAR TURBIDIMETRE ( 31 )

Dans un erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> placé sur un agitateur magnétique, verser 100 cm<sup>3</sup> d'échantillon. Ajouter à la pipette 5 cm<sup>3</sup> de solution stabilisante. Agiter, la vitesse d'agitation devra être maintenue constante pendant toute la durée de l'expérience .

. Ajouter environ 0,4 g de BaCl<sub>2</sub> , agiter 1 minute , puis verser la suspension dans la cellule de mesure.

. Attendre 3 à 4 minutes que la turbidité se développe, puis faire la lecture sur photomètre pour une longueur d'onde de 420 nm.

Cette turbidité devra, grâce à la courbe d'étalonnage être exprimée en mg/l de SO<sub>4</sub><sup>=</sup> .

A N N E X E V

\*\*\*\*\*

ACTIVATION DE LA BENTONITE

Dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant, on introduit 30 g de bentonite broyée et séchée à 105°C et 144 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 10% .

Le mélange est chauffé à 98°C ; température maintenue constante pendant toute la durée d'activation au moyen d'un bain marie.

L'agitation est maintenue aussi pendant toute la durée du traitement pour éviter qu'une attaque locale trop vive ne détruise les

minéraux argileux. Le temps de contact, initialement fixé à 6 heures ( 10 ) ; est déterminé à partir de l'instant où la température de

la suspension atteint 98° C. La bentonite activée est par la suite filtrée sur büchner; puis lavée avec de l'eau distillée jusqu'à

ce que la totalité des anions SO<sub>4</sub><sup>=</sup> soit éliminée. On le vérifie par la solution saturée de chlorure de baryum ( BaCl<sub>2</sub> ) sur le

filtrat. L'absence de précipité blanc de sulfate de baryum indique que les ions SO<sub>4</sub><sup>=</sup> par cette activation sont éliminés.



A N N E X E VI

\*\*\*\*\*

DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL . (.32.) .

Méthode spectrophotométrique au réactif de Nessler .

On prélève 50 ml d'eau à analyser , on ajoute 2,0 ml de la solution de tartrate, on mélange et on ajoute 2,0 ml de réactif de Nessler et on mélange à nouveau. On laisse reposer pendant 10 minutes, et on effectue les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 420 nm .

A partir de la courbe d'étalonnage on en déduit la teneur en azote ammoniacal exprimée en mg/l de  $NH_4$  .

A N N E X E VII

\*\*\*\*\*

DOSAGE DES NITRATES

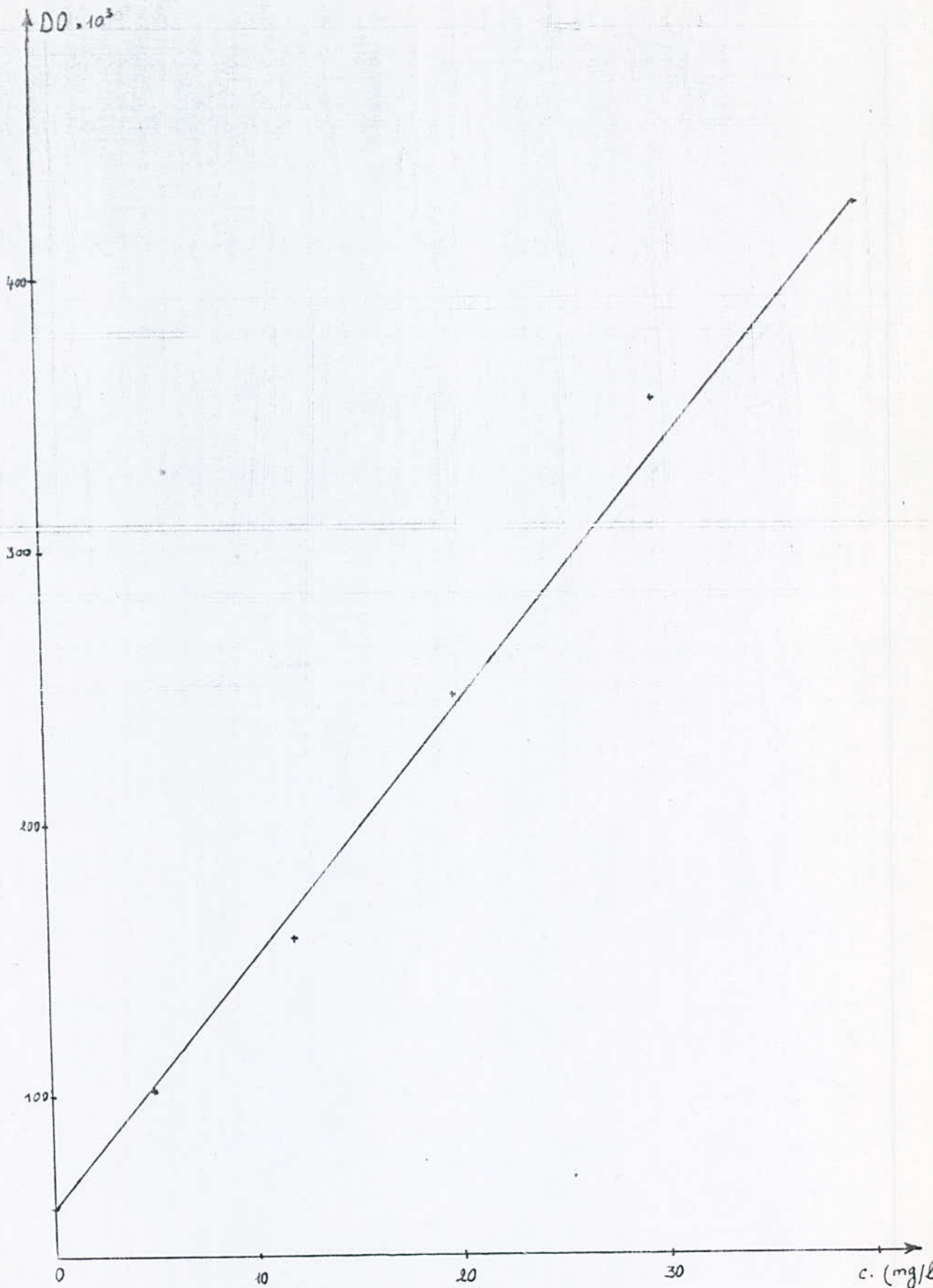
Placer la prise d'essai, neutralisée dans une capsule en verre borosilicaté; ajouter 0,5 ml de la solution de nitrate de sodium et 0,2 ml d'acide acétique. Attendre 5 minutes puis faire évaporer à sec. Ajouter ensuite 1 ml de solution salicylate de sodium, homogénéiser et faire à nouveau évaporer à sec , laisser refroidir; et déduire à partir de la courbe d'étalonnage la teneur en nitrates exprimée en mg/l .

A N N E X E VIII

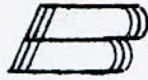
\*\*\*\*\*

DOSAGE DES NITRITES (.32..)

Ajouter à la prise d'essai, 1,0 ml de reactif de diazotation et homogénéiser. Attendre 10 minutes environ et effectuer la mesure photométrique .



Courbe d'étalonnage des sulfates.



BIBLIOGRAPHIE

\*\*\*\*\*

- (1) KETTAB A. ; Traitement des eaux, T.I; ENP, Alger, 1985
- (2) O.M.S, Normes internationales pour l'eau de boisson, 3<sup>e</sup> ed;  
Genève, 1972.
- (3) O.M.S, Chronique de l'OMS, Vol.38, n° 3, Genève, 1974, PP117.121
- (4) REHI R., Le traitement des eaux potables, I.H.B., Elida, 1985.
- (5) DEGREMONT, Memento technique de l'eau, 8<sup>e</sup> édition, Paris, 1978.
- (6) EDELINE F. L'épuration physico-chimique des eaux, Théorie et  
technologie, la tribune du Cebedeau, vol.37, n° 402, 1984.  
PP 497-498 et Vol.37, N° 493, 1984, PP 537-551
- (7) ISHIBASHIT ; Coagulation mécanism : an electron microscopic-  
Study using aluminium sulfate, JAWWA, Septembre 1980.
- (8) STUMM. W, OMELIA C.R., Stoichiometry of coagulation, JAWWA,  
DENVER, Mai 1968. PP. 514-539.
- (9) GROCE-SPINELLI M.P.; Etude de la chloration,  
Coagulation - Flocculation d'une eau ,  
Rapport de la Société Degremont, Paris 1971/.
- (10) Boeglin J.C., Mécanisme de la flocculation des suspensions  
colloïdales par les hauts polymères synthétiques, Application  
à la déshydratation des boues résiduaires; thèse de doctorat  
ès-sciences appliquées, Faculté des Sciences de l'Université  
de Nancy, 1969.
- (11) GOMELLA. C.; & GUERREE. H, Traitement des eaux publiques  
industrielles et privées, ed. Eyrolles. Paris 1978.
- (12) YEDDOU. N.; Etude de la conception d'une station de  
traitement d'eau potable à Mohammadia, projet de fin  
d'études, Juin 1985.
- (13) GAID. A . Document <sup>non</sup> publié sur la coagulation-Flocculation
- (14)



- (15) Peter GIGER ; Amélioration de la qualité de l'eau potable par coagulation-filtration directe dans les stations du canton de Zurich. Comparaison entre le WAC et le sulfate d'aluminium, TSM Décembre 1977; pp 523-527.
- (16) BEAUDRY J.P. Traitement des eaux, ed. Griffon d'argile INC. Quebec, Juin 1984
- (17) MOHELLEBI F. Contribution à l'étude de la bentonite de Mostaganem et échange des cations  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$ , Thèse de Magister, ENP, Alger, 1983.
- (18) EDZWALD J.K, TOENSING D.C; CHI-YEW LEUG M. Phosphate adsorption, réactions with clay minerals, environmental science and technology, vol.10; N° 5, 1976.
- (19) BENDJEMAA. Z. ; Sorption du mercure sur les bentonites algériennes activées; thèse de Magister ENP, Alger, 1982.
- (20) Newton D.W.; ELLIS R.Jr ; Paulsen G.M, effect of PH and complex formation of mercury (II). Adsorption by bentonite, journal of
- (21) ANDREAE. M.C., Arsenic speciation in sea water and interstitial Waters, the influence of biological interactions on the chemistry of a trace element; limnology oceanography, 24, 1979
- (22) SEMSARI S. Etude de la fixation du plomb, Dissouls par une bentonite activée thermiquement à 320°C. Projet de fin d'études. ENP. Alger, 1984
- (23) KETTAB A. Etude technico-économique du sulfate d'aluminium et des sels ferriques comme agents coagulants à la station de traitement des eaux potables d'ANNABA, Projet de fin d'études, INA , Alger, 1977.
- (24) BOUGHDAOUI. M. Etude de la substitution de l'ASP 6 par la silice activée et la bentonite dans le traitement des eaux du barrage " GHRIB", projet de fin d'études; ENP; Alger Juin 1987.
- (25) THOMAZEAU. R. , Stations d'épuration, ed. technique et documentation, Paris, 1981.

- (26) DELTEIL. J. : Désinfection de l'eau par rayons ultraviolets dans les petites communes; l'eau, l'industrie, les nuisances; 82. 1984.
- (27) STEVAN JANKOVIC; Manuel de chimie de l'environnement, OMS , Genève, 1974.
- (28) Document relatif au barrage de KEDDARA B.ED.I.G.L, Locarno, Suisse, Septembre 1980.
- (29) Document relatif à la Station de traitement de Boudouaou, Degrémont, Janvier 1985.
- (30) Rodier J. L'analyse de l'eau; 7e édition, Dunod, Paris, 1984
- (31) Tarday-HENRY, Chimie des eaux, édition Griffon d'argile 1984.
- (32) AFNOR :
  - Dosage des nitrates ( NF<sub>T</sub>. 90-012).
  - Dosage des nitrites ( NFT 90 - 013 )
  - Dosage de l'ammonium (NFT 90 - 015 )

