

SOMMAIRE

REMERCIEMENT.....	I
SOMMAIRE.....	III
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : BIBLIOGRAPHIE sur le TRAITEMENT CHIMIQUE INDUSTRIEL	
Par FLOCULATION	
A- GENERALITE sur la FLOCULATION	
1- Définition de la floculation.....	4
2- Mécanisme de la floculation.....	4
B- LES DIFFERENTS TYPES de FLOCULANTS	
1- Les floculants à base de produit chimique.....	5
2- Les floculants minéraux.....	7
3- Les floculants végétaux.....	7
4- Les floculants polymères.....	7
C- RESULTAT sur le TRAITEMENT par FLOCULATION CHIMIQUE	
Des EAUX De SURFACE MADAGASCAR (MANDROSEZA ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS)	
1- Résultat des valeurs des essais de floculation de l'eau de surface MANDROSEZA ANTANANARIVO (Résultat 1)	8
2- Résultat des valeurs des essais de floculation de l'eau de surface MANDROSEZA ANTANANARIVO (Résultat 2)	9
CHAPITRE II : NOS RESULTATS EXPERIMENTAUX	
A- INTRODUCTION.....	
B- FLOCULATION CHIMIQUE de L'EAU de SURFACE MANGORO à PROXIMITE du SITE MINIER AMBATOVY MORAMANGA	
1- Résultat par le floculant chimique sulfate d'alumine JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE.....	13
2- Résultat par le floculant chimique Alun synthétique, sulfate double d'aluminium et de potassium.....	15
3- Résultat par le floculant minéral Alun de MADAGASCAR, roche sédimentaire.....	16

C- FLOCULATION CHIMIQUE de L'EAU de SURFACE de MADAGASCAR MANDROSEZA, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS	
1- Résultat par le floculant chimique sulfate d'alumine JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE.....	18
2- Résultat par le floculant chimique Alun synthétique, sulfate double d'aluminium et de potassium.....	19
3- Résultat par le floculant minéral Alun de MADAGASCAR, roche sédimentaire.....	20
D- CARACTERISATION PHYSIQUE de L'ALUN de MADAGASCAR Et L'ALUN SYNTHETIQUE par le SPECTROSCOPIE de FLUORESCENCE X	
1- Principe de la fluorescence X.....	21
2- Appareillage	22
3- Conditions expérimentales de l'appareillage	22
4- Caractérisation de l'alun synthétique (produit Merck DEUTCHLAND) Par X fluorescence.....	23
5- Caractérisation de l'alun minéral MADAGASCAR (roche sédimentaire) par X fluorescence.....	25
CHAPITRE III : ETUDE COMPARATIVE de NOS RESULTAT AVEC la LITTERATURE	
A- ETUDE COMPARATIVE des ESSAIS de FLOCULATION sur L'EAU De SURFACE MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO De 2 MILLIONS D'HABITANTS	
1- Par le floculant chimique sulfate d'alumine JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE.....	26
2- Par le floculant minéral Alun de MADAGASCAR, roche Sédimentaire.....	27
3- Par le floculant chimique Alun synthétique, sulfate double d'aluminium et de potassium.....	28
B- ETUDE COMPARATIVE des ESSAIS de FLOCULATION sur L'EAU De SURFACE MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO De 2 MILLIONS D'HABITANTS et L'EAU de SURFACE MANGORO à PROXIMITE du SITE MINIER AMBATOVY MORAMANGA	

1- Par le floculant chimique sulfate d'alumine JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE.....	29
2- Par le floculant minéral Alun de MADAGASCAR, roche sédimentaire.....	30
3- Par le floculant chimique Alun synthétique, sulfate double d'aluminium et de potassium.....	31
CONCLUSION GENERALE.....	32
ANNEXE 1.....	VI
ANNEXE 2.....	VIII
ANNEXE 3.....	XI
ANNEXE 4.....	XII
ANNEXE 5.....	XIII
ANNEXE 6.....	XIV
ANNEXE 7.....	XV
ANNEXE 8.....	XVI
ANNEXE 9.....	XVII
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	XVIII

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

Dans le monde, l'industrie chimique (C.I) comprend :

- Le combustible Uranium pour le central nucléaire.
 - La minéralurgie des traitements chimiques des minerais (minerais Ilménite...)
 - La sidérurgie : alliage du métal pour les constructions aéronautiques gros porteur.
 - Les traitements industriels de l'eau : Par flocculation, etc.....
- :

L'industrie chimique réalise dans le monde les chiffres d'affaire la plus importante après l'industrie de l'armement.

Dans la région EST de MADAGASCAR, il existe un grand projet minier, de **PLUSIEURS MILLIARD de DOLLAR** sur **PLUSIEURS DIZAINES d'ANNEES d'EXPLOITATION** par la société « **SCHERRITT** » INTERNATONAL, sur l'extraction des minerais **Nickel, Cobalt, Fer**,...en vue de l'obtentioin concentré chimique de **Nickel, Cobalt, Fer**,.... Il s'agit d'une des plus grosses mines de **Nickel** dans le monde.

Généralement, le traitement des minerais **Nickel, Cobalt, Fer** S'effectue par lixiviation acide, ce qui nécessite une réserve potentielle d'eau.

Notre mémoire de **D.E.A** a pour but donc d'effectuer un traitement chimique par flocculation de l'eau de surface (fleuve de MANGORO qui à une longueur environ de 350 km et 80m de large et avec un débit d'écoulement environ de $90\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) à proximité de site minier « **SCHERRIT** » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA environ 40km (voir carte) [13].

Notre traitement chimique s'effectue par flocculation, en utilisant le floculant sulfate d'alumine qui est un floculant chimique d'origine MADAKEM (INDONÉSIE), (Prix de revient environ de $150000 \text{ fmg.kg}^{-1}$ ou 30000 Ar.kg^{-1})

Le floculant alun synthétique, sulfate double d'aluminium et de potassium qui est un produit d'origine Merck (DEUTCHLAND),(Prix de revient environ $1700000 \text{ fmg. kg}^{-1}$ ou $3400000 \text{ Ar. kg}^{-1}$)

Le floculant alun de MADAGASCAR qui est un produit minéral (Roche sédimentaire) (Prix de revient environ de $10000 \text{ fmg. kg}^{-1}$ ou 2000 Ar.kg^{-1})

Ce dernier mode de traitement peut diminuer le coût de la production du concentré chimique de Nickel, Cobalt, Fer....

Il faut noter que dans un projet à grande envergure, trois facteurs doivent être considéré pour sa réussite:

Première facteur :

Facteurs financiers ; pour la rentabilité financière des bailleurs.

Deuxième facteur :

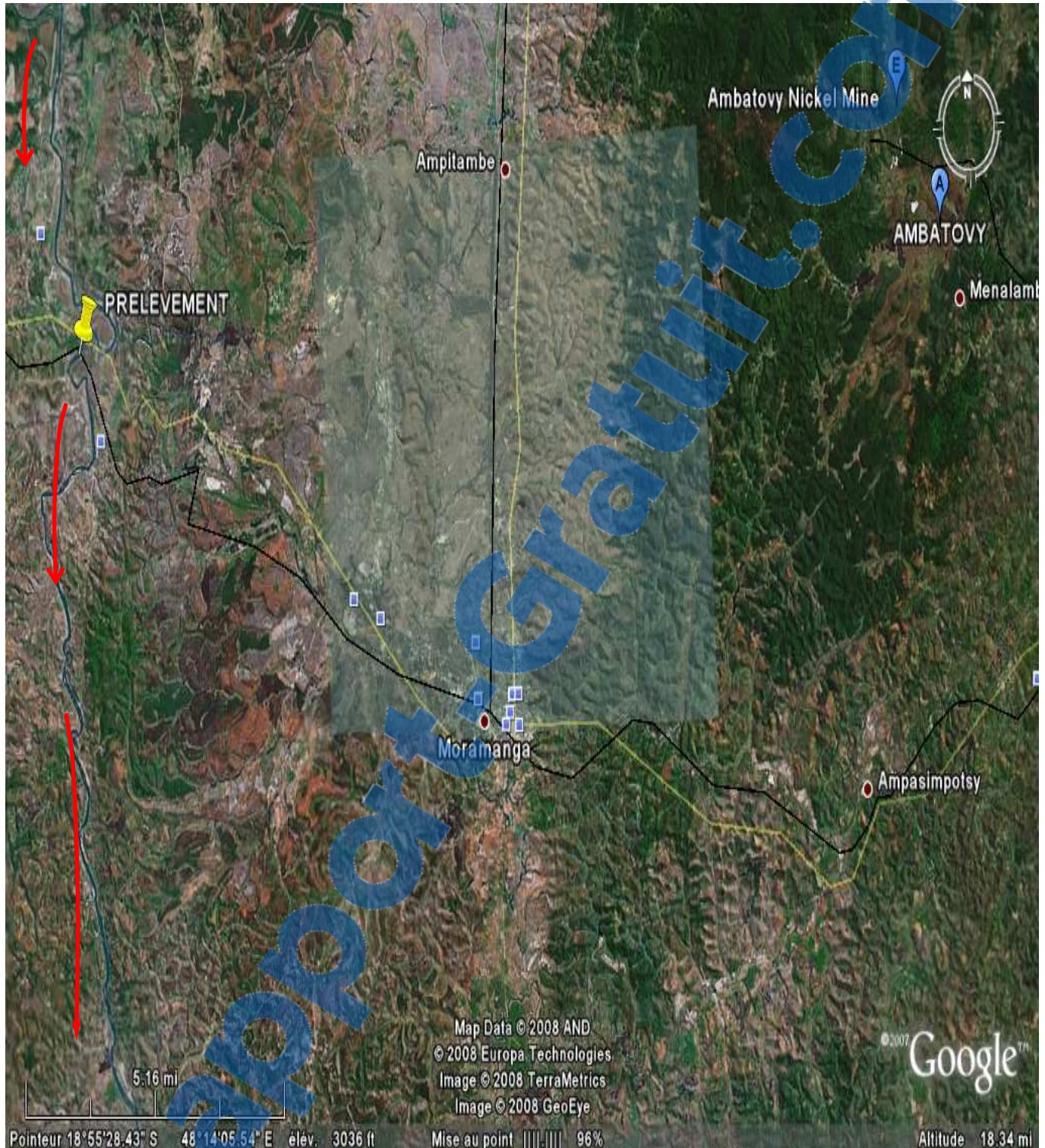
Facteur économique ; pour l'intérêt économique du pays (création d'emploi, redevance fiscal, réalisation social : école, ...)

Troisième facteur :

Facteur environnemental, pour éviter la dégradation des sols à cause de la lixiviation acide, dégradation de végétation de la faune et flore.....

Juridiquement le décret MECIE prévoit : le cahier des charges environnementales précise la prestation à effectuer par la société.

CARTE AERIENNE du FLEUVE de MANGORO :



- Ecoulement du fleuve
- Fleuve et cours d'eau
- Route
- Chemin de fer
- Panoramio

CHAPITRE I

BIBLIOGRAPHIE

Sur le TRAITEMENT CHIMIQUE
INDUSTRIEL par FLOCULATION

I- BIBLIOGRAPHIE sur le TRAITEMENT CHIMIQUE par FLOCULATION de L'EAU :

A- GENERALITE sur la FLOCULATION :

1) DEFINITION :

Flocculation :

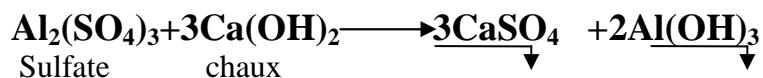
La **flocculation** est la production d'un floc dans le traitement industriel de l'eau par l'ajout d'un réactif **coagulant** appelé **floculant**. Ce qui permet d'éliminer les particules en suspension et diminuer la turbidité de l'eau. [6]

2) MECANISME : [5]

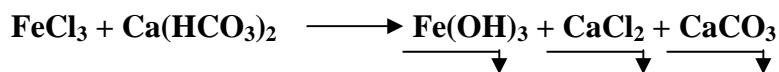
Le mécanisme de floc peut être d'origine physique, d'origine électrostatique, d'origine mécanique, d'origine chimique en utilisant des floculants chimiques.

Nous donnons des exemples des mécanismes chimiques pour les deux floculants :

a) Sulfate d'alumine avec Chaux:



b) Chlorure ferrique avec bicarbonate de Calcium:



B- LES DIFFERENTS TYPES DE FLOCULANTS :

Les floculants peuvent être à base des produits chimiques, produits minéraux, produits végétaux et produits polymères.

On peut citer les floculants comme :

1) FLOCULANT CHIMIQUES :

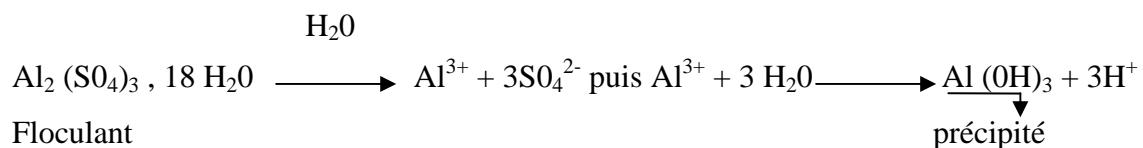
a- sulfate d'aluminium: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ [4]

Gamme de pH d'utilisation de 5,7 à 7,2 ; pH optimum 6

Disponible sous différent formes :

- Concassés de 10 cm de large et de 1 cm d'épaisseur
- " Resette " granulométrie comprise entre 2 et 12 mm ou 3 et 35 mm
- poudre, granulométrie courante de 0,1 à 3 mm
- sous forme de solution aqueuse à 8,2% en Al_2O_3

La réaction en contact avec l'eau :



b- Chlorure ferrique : FeCl_3 [4]

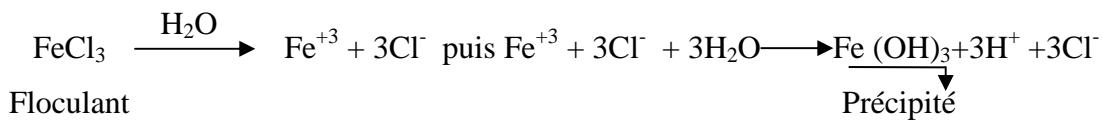
Formule à l'état pur : FeCl_3

Gamme de pH d'utilisation : 5,5 à 8,5 ; pH optimum 8

Pour le traitement des eaux, il est uniquement utilisé sous forme de solution aqueuse d'environ 592 g/l.

(41 % en FeCl_3 en poids)

La réaction au contact avec l'eau.



c- Le WAC (PAC) : Water Aluminium Chloride (Polychlorure d'aluminium basique : formule brute $\text{Al}_n(\text{OH})m\text{Cl}_{3n-m}$) [4]
 avec $m/3n$ compris entre 0,45 et 0,60
 Gamme de pH d'utilisation 6 à 7,5 ; pH optimum 6,5.
 Il se présente sous forme d'un liquide dont la teneur en Al_2O_3 est environ de 10%

d- Les aluns synthétiques : [7]

Les floculants aluns synthétiques sont des sulfates doubles qui cristallisent avec 12 molécules d'eau de formule :

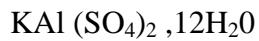


Avec : d.o (le degré d'oxydation)

M' : cation monovalent (métaux alcalin)

M'' : Cation trivalent (métaux trivalent)

Exemple : le sulfate double d'aluminium et de potassium dodécahydronaté de formule :



Système cristallin : cubique

Paramètre cristallin : $a_0=12, 15 \text{ \AA}$

Groupe spatial : $T_h^6\text{Pa}3$

Position des atomes : Atomes d' Al^{+3} (4a) : $x=0 \ y=0 \ z=0$ (+FC)

Atomes de K^+ : $x=1/2 \ y=1/2 \ z=1/2$ (+FC)

Les autres atomes sont dans les positions 8c et 24d (position de wyckhoff)

2) LES FLOCULANTS MINERAUX : [10]

On peut citer les floculants minéraux, comme :

- Aluns
- Des argiles
- Gypse CaSO_4

Les aluns sont des minéraux naturels à base de roche sédimentaire constituée chimiquement de sulfate double métallique. Il en existe à MADAGACAR.

Nous avons déjà effectués des essais avec l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de DEUX MILLIONS D'HABITANT.

Ces travaux sont résumés dans le mémoire de D.E.A [1] et [2]

3) LES FLOCULANTS VEGETAUX : [9]

Nous prenons par exemple le Moringa Oléifera

Fiche technique de Moringa Oléifera : - famille : Moringaceae

- genre : Moringa
- espèce : oléifera
- botanique : plante originaire d'inde, arbre multi usage
- utilisation : utiliser pour purifier, clarifier l'eau

Une étude a été déjà faite concernant la poudre de la plante Moringa oléifera comme floculant par JEAN ANTOINE et ALFRED ELELI en 1993 au Burkina Faso. Ils ont affirmés que la poudre de la plante Moringa oléifera seule ne semble pas remplacer le Sulfate d'alumine mais les deux coagulants ensemble paraissent très efficaces.

Des essais aussi sont effectués dans le laboratoire de **Chimie Minérale P. RAJAONERA** et ses Collaborateurs [2]

4) LES FLOCULANTS POLYMERES : [3]

Ce sont des macromolécules à longue chaîne obtenues par association des monomères synthétiques

a- Polymère Anionique :

Ceux sont des Copolymère de l'accrylamide et de l'acide acrylique.

b- Polymères Neutres (ou non confus) :

Ceux sont des Polyaccrylamides

c- Polymères Cationiques :

Ceux sont des CoPolymères d'accrylamides et d'un monomère cationique

C) **RESULTAT sur le TRAITEMENT pour FLOCULATION CHIMIQUE des EAUX de SURFACE MADAGASCAR : MANDROSEZA ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.**

Nous résumons dans les tableaux suivant les résultats de traitement chimique de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de DEUX MILLIONS D'HABITANTS.

1) TABLEAU de RESULTAT des VALEURS DES ESSAIS de la FLOCULATION de L'EAU de SURFACE MANDROSEZA ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS : [1]

Nous donnons dans le tableau I-1 suivant le résultat de **P. RAJAONERA et ses Collaborateurs.**

Floculants	Origine	Paramètres physico-chimiques	Avant flocculation	Après flocculation
Sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ Concentration: 10g/l	JIRAMA	Turbidité (NTU)	9,08	3,13
		Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	38,10	38,10
		pH	7,18	6,26
Sulfate d'alumine + Chaux Concentration: 10g/l	JIRAMA	Turbidité (NTU)	9,08	2,12
		Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	38,10	42,20
		pH	7,18	6,35
Alun de MADAGASCAR Concentration: 10g/l	Roche sedimentaire	Turbidité (NTU)	9,08	01,8
		Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	38,10	–
		pH	7,18	06,30
Alun synthétique $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Concentration: 10g/l	Merck Deutschland	Turbidité (NTU)	9,08	03,89
		Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	38,10	–
		pH	7,18	06,10

Tableau I-1 : tableau de résultat des valeurs de la flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA ANTANANARIVO de DEUX MILLIONS D'HABITANTS.

**2) TABLEAU de RESULTAT des VALEURS des ESSAIS de la FLOCULATION de
L'EAU de SURFACE MANDROSEZA ANTANANARIVO de 2 MILLIONS
D'HABITANTS : [2]**

Nous donnons dans le tableau I-2 suivant le résultat de **P. RAJAONERA** et ses collaborateurs

Avant flocculation						Après flocculation			
Turb (NTU)	pH	Cond (µs/cm)	Salinité (mg/l)	Nature de Flocculant	Origine du flocculant	Turb (NTU)	pH	Cond (µs/cm)	Salinité (mg/l)
FLOCULANT de la JIRAMA									
9,08	7,18	34,80	32	Flocculant (sulfate d'alumine) Concentration: 10g/l	JIRAMA	3,13	6,26	38,10	36
9,08	7,18	34,80	32	Flocculant (Sulfate+Chaux) Concentration: 10g/l	JIRAMA	2,12	6,35	42,20	39
NOS FLOCULANTS									
51,83	6,86	24	23,31	Flocculant (Sulfate d'Alumine) Concentration: 10g/l	Prolabo (FRANCE)	4,92	6,54	27,20	25,80
51,83	6,86	24	23,31	Flocculant KAl(SO ₄) ₂ Concentration: 10g/l	MERCK (DEUTSCHLAND)	4,80	6,52	32	28
51,83	6,86	24	23,31	Flocculant Alun de Madagascar Concentration: 10g/l	Roche sédimentaire Minéraux naturels	5,08	6,65	29	27,80
41	6,60	23,30	22	Moringa oléifera seul Concentration: 10g/l	Toamasina MADAGASCAR	53,30	6,54	25	24,9
41	6,60	23,30	22	Flocculant (Sulfate d'Alumine + Moringa poudre) Concentration: 10g/l	Flocculant chimique : JIRAMA Flocculant végétale Toamasina MADAGASCAR	5,04	6,50	27,10	25

Tableau I-2 : tableau de résultat des valeurs de la flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de DEUX MILLIONS D'HABITANTS.

CHAPITRE II

NOS RESULTATS EXPERIMENTAUX

II- PARTIES EXPERIMENTAUX :

A- INTRODUCTION :

Généralement, tout procédé de traitement minérais Nickel, Cobalt, Fer... est basée sur lixiviation acide, ce qui nécessite une réserve potentiel d'eau.

Notre mémoire de D.E.A a pour but de traitement chimique par floculation de l'eau de fleuve de MANGORO à proximité de site du projet minier «**SCHERRITT**» INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA (voir carte) [13] de quelque milliard de dollar avec une exploitation de plusieurs dizaines d'années.

Notre partie expérimentale comprendra trois parties :

Première partie :

Traitement par floculation chimique de l'eau de surface (fleuve de MANGORO) à proximité du projet minier «**SCHERRIT**» INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA (voir carte), par les floculants :

- 1) Sulfate d'alumine/ JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE
- 2) Alun synthétique / Produit **Merck** DEUTCHLAND
- 3) Alun minérale de MADAGASCAR

Deuxième partie :

Traitement par floculation chimique de l'eau de surface MANDROSEZA ANTANANARIVO (voir carte aérienne) de deux millions d'habitants pour comparer notre résultat avec le traitement de l'eau de surface MANGORO à proximité de site du projet minier «**SCHERRIT**» INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA, par les floculants :

- 1) Sulfate d'alumine/ JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE
- 2) Alun synthétique / Produit **Merck** DEUTCHLAND
- 3) Alun minérale de MADAGASCAR

Troisième partie :

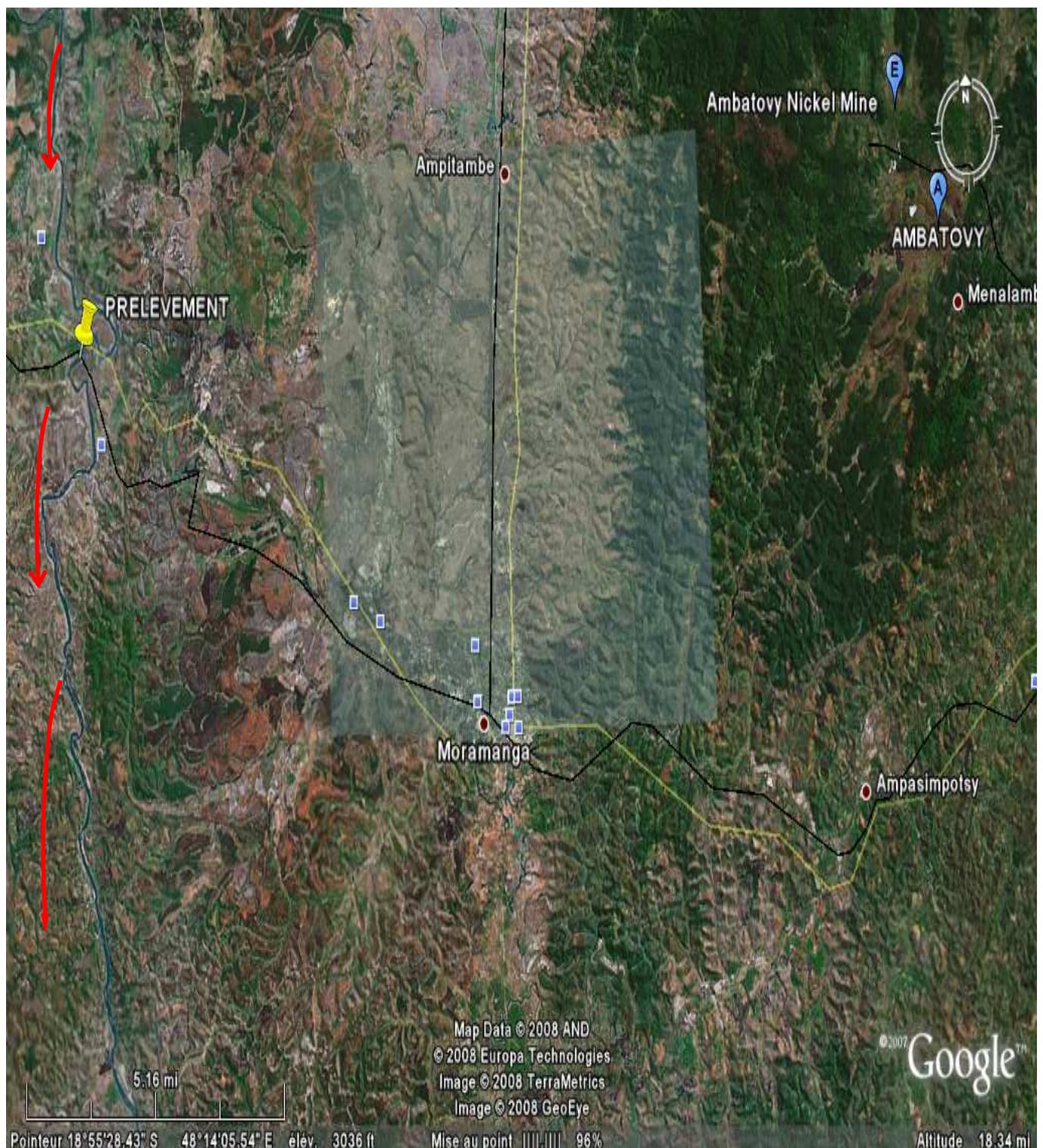
Caractérisation physique de l'Alun de MADAGASCAR et l'Alun synthétique par la **spectroscopie de fluorescence X**.

Les paramètres physico-chimiques suivants ont été déterminés avant et après la flocculation chimique :

- 1) La turbidité
- 2) Le pH
- 3) La conductivité
- 4) La minéralisation
- 5) La température

Les protocoles des mesures des paramètres physico-chimiques seront donnés dans l'annexe

CARTE AERIENNE du FLEUVE de MANGORO :



- Ecoulement du fleuve
- Fleuve et cours d'eau
- Route
- Chemin de fer
- Panoramio

B) FLOCULATION CHIMIQUE de L'EAU de SURFACE MANGORO

À proximité du site minier « SCHERRITT »INTERNATIONAL, AMBATOVY

MORAMANGA :

Les résultats sont effectués en température ambiante.

1) Résultat par le floculant chimique : SULFATE D'ALUMINE/ JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE

Le floculant SULFATE D'ALUMINE ; qui est un produit chimique dont la concentration utilisée pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

La dose optimale pour le traitement est de 10mg/l

Eau à traiter : eau du fleuve Mangoro (Moramanga)

Date de prélèvement : 26/07/08 heure : 10h

Formule chimique du floculant : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Les Conditions expérimentales sont les suivantes:

- Agitation rapide de 100 tours/mn pendant 2 mn.
- Agitation lente de 40 tours/mn pendant 20 mn
- Décantation des flocons pendant 15 mn environ
- Siphonner l'eau décantée dans un autre vase.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau II-1 suivant :

Paramètres Physico-chimiques	Avant flocculation	Après flocculation Xi			Moyenne X	Ecart-type σ_x	Norme de potabilité
Turbidité (NTU)	17,5	01,8	01,9	2,1	1,9	0,3	<5 NTU [8]
pH	06,8	06,2	06,1	06,2	06,1	0,9	6,5 à 9 [8]
Température (°C)	16,1	19	19	19	19	0,0	< 25 [8]
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	21,2	22,2	22,4	22,2	22,2	01,7	<3000 [8]
Minéralisation (mg/l)	17	21	21	21	21	0,0	
Aspect (couleur)	Coloré	Incolore				Incolore [8]	
Présence de MES	présence	Absence				absence [8]	

Tableau II-1 : résultat des essais de flocculation par le floculant sulfate d'alumine/ JIRAMA sur l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA.

Dans les tableaux incorporés ;

- La **moyenne arithmétique** est calculée à partir de la relation :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

avec, X_i : résultats des essais
N : Nombre des essais

\bar{X} : La moyenne arithmétique des résultats

- L'**écart types** est calculé à partir de la relation :

$$\sigma_x = \sqrt{\left(-\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{N} - \bar{X}^2 \right)}$$

avec, X_i : résultats des essais
N : Nombre des essais

\bar{X} : La moyenne arithmétique des résultats

σ_x : l'écart types

2) Résultat par le floculant chimique : ALUN SYNTHETIQUE (Sulfate d'aluminium et de potassium) :

Le floculant SULFATE D'ALUMINIUM et de POTASSIUM; qui est un produit Merck d'origine chimique ; fabriqué en Allemagne. Sa concentration utilisée pendant le traitement de l'eau est de 10g/l

La dose optimale pour le traitement est de 12mg/l.

Eau à traiter : eau du fleuve Mangoro (Moramanga)

Date de prélèvement : 26/07/08 heure : 10h

Formule chimique du floculant : $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Les Conditions expérimentales sont les suivantes:

- a) Agitation rapide de 100 tours/mn pendant 2 mn.
- b) Agitation lente de 40 tours/mn pendant 20 mn
- c) Décantation des flocons pendant 15 mn environ
- d) Siphonner l'eau décantée dans un autre vase.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau II-2 suivant :

Paramètres Physico-chimiques	Avant flocculation	Après flocculation Xi			Moyenne \bar{X}	Ecart-type σ_x	Norme de potabilité
Turbidité (NTU)	17,5	01,7	01,7	01,6	01,6	0,4	<5 NTU [8]
pH	06,8	06,5	06,4	06,3	06,4	0,08	6,5 à 9 [8]
Température (°C)	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	0,0	< 25 [8]
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	21,2	28,3	27,9	28,5	28,2	01,3	<3000 [8]
Minéralisation (mg/l)	17	23	23	24	23,3	01,3	
Aspect (couleur)	Coloré	Incolore					Incolore [8]
Présence de MES	présence	absence					absence [8]

Tableau II-2 : résultat des essais de flocculation par le floculant Alun synthétique (sulfate d'aluminium et de potassium) sur l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA.

3) Résultat par le floculant minéral naturel : ALUN de MADAGASCAR

Le floculant ALUN de MADAGASCAR ; qui est un floculant d'origine minérale. Sa concentration utilisée pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

La dose optimale pour le traitement est 10mg/l.

Eau à traiter : eau du fleuve Mangoro (Moramanga)

Date de prélèvement : 26/07/08 heure : 10h

Nature du floculant : floculant naturel (minérale naturel)

Les Conditions expérimentales sont les suivantes:

- a) Agitation rapide de 100 tours/mn pendant 2 mn.
- b) Agitation lente de 40 tours/mn pendant 20 mn
- c) Décantation des flocs pendant 15 mn environ
- d) Siphonner l'eau décantée dans un autre vase.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau II-3 suivant :

Paramètres Physico-chimiques	Avant floculation	Après floculation Xi			Moyenne X	Ecart- type σ_x	Norme de potabilité
Turbidité (NTU)	17,5	01,6	01,8	01,7	01,7	0,08	<5 NTU [8]
pH	06,8	06,3	06,4	06,3	06,3	0,6	6,5 à 9 [8]
Température (°C)	16,1	17,5	17,5	17,5	17,5	0,0	< 25 [8]
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	21,2	24	23,7	24	23,9	0,1	<3000 [8]
Minéralisation (mg/l)	17	20	20	20	20	0,0	
Aspect (couleur)	Coloré	Incolore					Incolore [8]
Présence de MES	présence	absence					absence [8]

Tableau II-3 : résultat des essais de floculation par le floculant Alun naturel (Alun de Madagascar) sur l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA

C- FLOCULATION CHIMIQUE de L'EAU de SURFACE MANDROSEZA

MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS :

Nous avons aussi effectués des traitements chimiques par floculation sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 millions d'habitants (voir carte aérienne). [13]



Les résultats sont effectués en température ambiante.

**1) Résultat par le floculant chimique : SULFATE D'ALUMINE/ JIRAMA /
MADAKEM /INDONESIE**

Le floculant SULFATE D'ALUMINE ; qui est un produit chimique dont la concentration utilisée pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

La dose optimale pour le traitement est de 6mg/l

Eau à traiter : eau du lac Mandroseza (Antananarivo/ Madagascar)

Date de prélèvement : 31/07/08 heure : 10h

Formule chimique du floculant : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Les Conditions expérimentales sont les suivantes:

- Agitation rapide de 100 tours/mn pendant 2 mn.
- Agitation lente de 40 tours/mn pendant 20 mn
- Décantation des flocons pendant 15 mn environ
- Siphonner l'eau décantée dans un autre vase.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau II-4 suivant :

Paramètres Physico-chimiques	Avant flocculation	Après flocculation Xi			Moyenne X	Ecart-type σ_x	Norme de potabilité
Turbidité (NTU)	08,17	01,9	01,7	01,7	01,7	0,4	<5 NTU [8]
pH	06,9	06,7	06,7	06,6	06,6	0,9	6,5 à 9 [8]
Température (°C)	17	19,2	19,2	19,2	19,2	0,0	< 25 [8]
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	20,5	25,5	25,3	25,8	25,5	01,3	<3000 [8]
Minéralisation (mg/l)	19	22	21	22	21,6	01,7	
Aspect (couleur)	Coloré	Incolore					Incolore [8]
Présence de MES	Présence	absence					absence [8]

Tableau II-4: résultat des essais de flocculation par le floculant sulfate d'alumine/ JIRAMA sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.

2) Résultat par le floculant chimique : ALUN SYNTHETIQUE (Sulfate d'aluminium et de potassium) :

Le floculant SULFATE D'ALUMINIUM et de POTASSIUM; qui est un produit Merck d'origine chimique ; fabriqué en Allemagne. Sa concentration utilisée pendant le traitement de l'eau est de 10g/l

La dose optimale pour le traitement est de 10mg/l.

Eau à traiter : eau du lac Mandroseza (Antananarivo/ Madagascar)

Date de prélèvement : 31/07/08 heure : 10h

Formule chimique du floculant : $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

Les Conditions expérimentales sont les suivantes:

- a) Agitation rapide de 100 tours/mn pendant 2 mn.
- b) Agitation lente de 40 tours/mn pendant 20 mn
- c) Décantation des flocons pendant 15 mn environ
- d) Siphonner l'eau décantée dans un autre vase.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau II-5 suivant :

Paramètres Physico-chimiques	Avant flocculation	Après flocculation			Moyenne X	Ecart-type σ_x	Norme de potabilité
Turbidité (NTU)	08,17	01,6	01,5	01,6	01,5	0,4	<5 NTU [8]
pH	06,9	06,7	06,7	06,6	06,6	0,9	6,5 à 9 [8]
Température (°C)	17	18,3	18,3	18,3	18,3	0,0	< 25 [8]
Conductivité ($\mu s/cm$)	20,5	25,7	25,6	25,2	25,5	0,2	<3000 [8]
Minéralisation (mg/l)	19	24	24	23	23,6	1,8	
Aspect (couleur)	Coloré	Incolore					Incolore [8]
Présence de MES	Présence	absence					absence [8]

Tableau II-5 : résultat des essais de flocculation par le floculant Alun synthétique (sulfate d'aluminium et de potassium) sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.

3) Résultat par le floculant minéral naturel : ALUN de MADAGASCAR

Le floculant ALUN de MADAGASCAR ; qui est un floculant d'origine minérale. Sa concentration utilisée pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

La dose optimale pour le traitement est 8mg/l.

Eau à traiter : eau du lac Mandroseza (Antananarivo/ Madagascar)

Date de prélèvement : 31/07/08 heure : 10h

Nature du floculant : floculant naturel (minérale naturel)

Les Conditions expérimentales sont les suivantes:

- a) Agitation rapide de 100 tours/mn pendant 2 mn.
- b) Agitation lente de 40 tours/mn pendant 20 mn
- c) Décantation des flocons pendant 15 mn environ
- d) Siphonner l'eau décantée dans un autre vase.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau II-6 suivant :

Paramètres Physico-chimiques	Avant flocculation	Après flocculation			Moyenne X	Ecart- type σ_x	Norme de potabilité
Turbidité (NTU)	08,17	01,6	01,7	01,6	01,6	0,3	<5 NTU [8]
pH	06,9	06,5	06,4	06,4	06,4	0,6	6,5 à 9 [8]
Température (°C)	17	18,9	18,9	18,9	18,9	0,0	< 25 [8]
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	20,5	23	22,9	25,7	23,8	02,2	<3000 [8]
Minéralisation (mg/l)	19	22	22	22	22	0,0	
Aspect (couleur)	Coloré	Incolore					Incolore [8]
Présence de MES	Présence	absence					absence [8]

Tableau II-6 : résultat des essais de flocculation par le floculant Alun naturel (Alun de MADAGASCAR) sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.

C) CARACTERISATION PHYSIQUE de L'ALUN de MADAGASCAR et L'ALUN SYNTHETIQUE :

1) Principe : [15]

La spectroscopie de fluorescence X est une spectroscopie de l'atome basée sur l'émission de photon X de fluorescence d'énergie $h\nu$

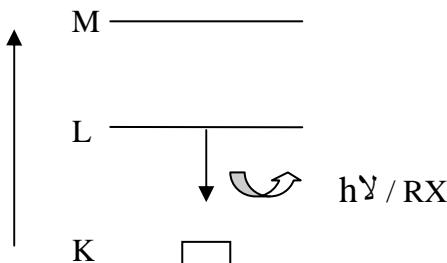
Elle est caractérisée par :

- Le rayonnement : une faisceau de rayonnement X de grande énergie.
- Le système énergétique : l'atome (électron interne de l'atome)

La spectroscopie de fluorescence RX est une spectroscopie de l'atome donc spectre de raie.

- Le processus d'interaction est un processus de fluorescence

PROCESSUS de FLUORESCENCE X : par absorption de photon et sous une température élevée, il y a formation de lacune électronique sur la couche interne de l'atome et il y a recomplètement de cette lacune qui conduit à une désexcitation ou émission de photon



Formation de lacune sur la couche électronique profonde de l'atome : K, L, M

- Si la lacune est sur K on a K-1, par désexcitation il y aura émission de photon X de fluorescence ou raie X de désexcitation K / K_α et K_β

- Si la lacune est sur L on a L-1, par désexcitation il y aura émission de photon X de fluorescence ou raie X de désexcitation L / L_α et L_β

- Si la lacune est sur M on a M-1, par désexcitation il y aura émission de photon X de fluorescence ou raie X de désexcitation M_α , M_β et M_γ

Chaque photon X est caractérisé par :

- Une énergie avec une fréquence bien déterminée donnée par :

$$\nu^{1/2} = a (Z - b)$$

Avec ν : fréquence

A et b : constantes caractéristiques de rayon X de fluorescence

Z : numéro atomique

- Une intensité :

$$I_i = S_i \times A_i \times C_i$$

Avec I_i : intensité

C_i : concentration des éléments dans l'échantillon

S_i : Sensibilisation de la chaîne de comptage. Elle est fonction de la géométrie du système et de l'efficacité du détecteur

A_i : Absorption de rayon X par l'échantillon, $A_i = T_{i-1}$

T_i : Facteur de transmission. Il tend vers l'unité pour un échantillon mince

La spectroscopie de fluorescence X est donc utilisée pour étudier :

- d'une part, la nature des éléments chimiques dans l'échantillon par sa fréquence γ
- d'autre part, ses concentrations par son intensité I

2) Appareillage : [6]

Type d'appareillage : Spectromètre de fluorescence X à dispersion d'énergie dont le schéma est le suivant :

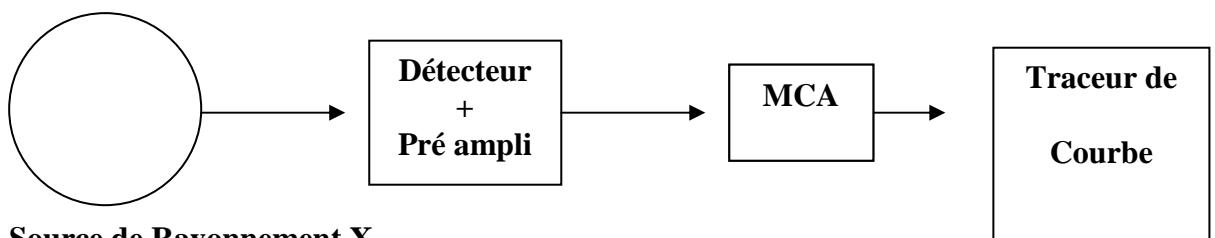


Figure 1: Principe de spectromètre de fluorescence X

3) Conditions expérimentales :

L'analyse par spectrométrie de fluorescence X de l'alun de Madagascar a été effectuée au laboratoire de cimenterie HOLCIM d'Antsirabe avec les conditions expérimentales suivantes :

- Générateur de rayon X : MINIPAL 2 PW 4025
 - Système : Hélium (He)
 - Détecteur : Si-PIN coller au thermoélectrique
 - Tube d'excitation : Rhodium ou chrome anode opéré à :
 - Min : 4 KV ; Max : 30 KV
 - Ou, Min : 1µA ; Max : 1mA
- Type d'analyse : Application standard avec pastille
 Filtre : Kapton

4) CARACTERISATION de L'ALUN SYNTHETIQUE (PRODUIT MERCK

DEUTCHLAND) par le FLUORESCENCE X :

Le spectre a été réalisé, en utilisant la spectrométrie de fluorescence X

Les résultats sont donnés dans le tableau II-7 suivant :

Eléments chimiques	Raies X de fluorescence/ attribution	Intensité	Concentration (%)
S (Z=16)	K α	Très forte	38,30
	K β	—	
K (Z=19)	K α	Forte	11,07
	K β	—	
Al (Z=13)	K α	Moyen	11,62
	K β	—	
Fe (Z=26)	K α	Moyen	0,26
	K β	—	
Ca (Z=20)	K α	Faible	0,08
	K β	—	
Si (Z=14)	K α	Faible	1,23
	K β	—	
P (Z=15)	K α	Très Faible	0,05
	K β	—	
Mg (Z=12)	K α	Très Faible	0,18
	K β	—	
Mn (Z=25)	K α	Très Faible	0,02
	K β	—	
Ti (Z=14)	K α	Très Faible	0,02
	K β	—	

Tableau II-7 : Résultat du spectre de fluorescence X de l'**alun synthétique**, sulfate double d'aluminium et de potassium (produit Merck DEUTCHLAND)

a) **INTERPRETATION :**

D'après le tableau II-7 ; On constate la présence des éléments chimiques :

- *Soufre* ($Z=16$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_{2a}$ avec une intensité très forte et 38,302 % de concentration

L'élément soufre est en accord avec la composition chimique de l'alun qui est En sulfate double métallique

- *Potassium* ($Z=19$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité forte et 11,069 % de concentration
- *Aluminium* ($Z=13$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité moyen et 11,616 % de concentration

L'élément aluminium qui se présente sous forme d'ion d' Al^{+3}

- *Fer* ($Z=26$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité moyen et 0,261% de concentration
- *Calcium* ($Z=20$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité faible et 0,077 % de concentration
- *Silicium* ($Z=14$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_{2a}$ avec une intensité très faible et 1,232 % de concentration
- *Phosphore* ($Z=15$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité très faible et 0,050 % de concentration
- *Magnésium* ($Z=12$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité très faible et 0,177 % de concentration
- *Manganèse* ($Z=25$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ avec une intensité très faible et 0,016 % de concentration
- *Titane* ($Z=14$) par la raie X de fluorescence $K\alpha_1$ et $K\alpha_{2a}$ avec une intensité très faible et 0,018 % de concentration

b) CONCLUSION :

- L'élément soufre ($Z=16$) est en accord avec la composition chimique de l'alun qui est en sulfate double métallique.
- L'élément aluminium ($Z=13$) qui se présente sous forme d'ion Al^{+3} dans les aluns et en solution qui peut donner en d'hydroxyde d'aluminium qui est un produit peu soluble et qui favorisera la floculation
- L'élément fer ($Z=26$) qui se présente sous forme d'ion Fe^{+3} et en solution qui peut donner en d'hydroxyde de fer qui est un produit peu soluble et qui favorisera la floculation
- L'élément calcium ($Z=20$) qui se présente sous forme d'ion Ca^{+2} et en solution qui peut donner en d'hydroxyde de calcium qui est un produit peu soluble et qui favorisera la floculation

5) CARACTERISATION du MINERAL de MADAGASCAR ALUN (ROCHE SEDIMENTAIRE) par le FLUORESCENCE X :

Nous avons envisagés la caractérisation de ce minéral (alun de MADAGASCAR) par X fluorescence mais les résultats sont en attente.

P. RAJAONERA et ses collaborateurs ont déjà effectués la caractérisation de ce minéral par X fluorescence. Ils ont trouvés les éléments chimiques, comme :

- Le soufre ($Z=16$)
- L'aluminium ($Z=13$)
- Le cuivre ($Z=29$)
- Le fer ($Z=26$)
- Le calcium ($Z=20$)
- L'argent ($Z=47$)

CHAPITRE III

ETUDE COMPARATIVE De NOS RESULTATS avec la LITTERATURE

III- ETUDE COMPARATIVE des RESULTATS des ESSAIS de FLOCULATIONS :

Les tableaux suivants nous montrent l'étude comparative des résultats des essais de flocculation chimique de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de deux millions d'habitants et l'eau de surface MANGORO à proximité de site minier « **SCHERRIT** » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA pour le flocculant sulfate d'alumine (JIRAMA), l'Alun naturel de Madagascar et l'Alun synthétique (sulfate d'aluminium et de potassium) de nos résultat avec celle des résultats de la flocculation chimique de l'eau de surface de MANDROSEZA de deux millions d'habitants en novembre 2007 et en mars 2007.

A) Etude comparative des essais de flocculation sur l'eau de surface

MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS

D'HABITANTS :

1) Flocculant Sulfate d'Alumine :

Pendant le traitement de l'eau, la concentration du flocculant est de 10g/l.

Nous donnons dans le tableau III-1 les études comparatives des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS avec le flocculant sulfate d'alumine

Flocculant	Origine	Paramètres	Avant flocculation		Après flocculation	
			Résultat [1] et [2]	Nos Résultat	Résultat [1] et [2]	Nos Résultat
Sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	JIRAMA	Turb (NTU)	9,8	8,17	3,13	1,7
		Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	34,80	20,5	38,10	25,5
		pH	7,18	6,9	6,26	6,6

Tableau III-1 : étude comparative des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS avec le flocculant sulfate d'alumine

D'après le tableau III-1; on a remarqué l'évolution des paramètres, si on regarde seulement sur le cas de la turbidité dans nos résultats. L'utilisation du floculant sulfate d'alumine donne un bon résultat car la turbidité décroît de 8,17 NTU à 1,7 NTU (la norme est de 5 NTU).

A titre de comparaison, les résultats [1] et [2] avec le même floculant pour la même eau conduit à la décroissance de 9,8 NTU à 3,13 NTU (la norme est de 5 NTU).

2) Alun Naturel :

Sa concentration pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

Nous donnons dans le tableau III-2 suivant les études comparatives des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA de 2 MILLIONS D'HABITANTS avec le floculant Alun de MADAGASCAR

			Avant flocculation			Après flocculation		
Floculant	Origine	Paramètres	Résultat [2]	Résultat [1]	Nos Résultat	Résultat [2]	Résultat [1]	Nos Résultat
Alun de Madagascar	Roche sedimentaire	Turb (NTU)	51,8	14,3	8,17	5,08	01,8	1,6
		Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	24	-	20,5	29	-	23,8
		pH	6,86	6,63	6,9	6,65	6,30	6,4

Tableau III-2 : étude comparative des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS avec le floculant alun naturel

D'après le tableau III-2; on trouve dans nos résultat l'utilisation du floculant Alun naturel de Madagascar, une évolution de résultat car la turbidité décroît de 8,17 NTU à 1,6 NTU (la norme est de 5 NTU).

A titre de comparaison, le résultat de [1] et [2] avec le même floculant pour la même eau conduit à la décroissance de 51,8 NTU à 5,08 NTU pour résultat [2] et 14,3NTU à 1,8 NTU pour résultat [1] (la norme est de 5 NTU).

3) Alun synthétique :

Sa concentration pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

Nous donnons dans le tableau III-3 suivant les études comparatives des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA de 2 MILLIONS D'HABITANTS avec le floculant Alun synthétique qui est un produit **Merck DEUTCHLAND**

Floculant	Origine	Paramètres	Avant flocculation			Après flocculation		
			Résultat [2]	Résultat [1]	Nos Résultat	Résultat [2]	Résultat [1]	Nos Résultat
Alun synthétique KAl(SO ₄) ₂ .12H ₂ O	Merck Deutschland	Turb (NTU)	51,8	14,3	8,17	4,80	3,8	1,5
		Cond (µs/cm)	24	-	20,5	32	-	25,5
		pH	6,86	6,63	6,9	6,52	6,10	6,6

Tableau III-3 : étude comparative des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA ANTANANARIVO de deux millions d'habitants avec le floculant alun synthétique

D'après le tableau III-3; on constate que dans nos résultat l'utilisation du floculant alun synthétique (sulfate double d'aluminium et de potassium) conduit du bon résultat car la turbidité décroît de 8,17 NTU à 1,5 NTU (la norme est de 5 NTU).

A titre de comparaison, le résultat de [1] et [2] avec le même floculant pour la même eau conduit à la décroissance de 51,8 NTU à 4,80 NTU pour résultat [2] et 14,3NTU à 3,89 NTU pour résultat [1] (la norme est de 5 NTU).

B) Etude comparative des essais de floculation sur l'eau de surface

MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS

D'HABITANTS et l'eau de surface MANGORO à proximité du site

Minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA :

Les tableaux suivants nous montre l'étude comparative des résultats des essais de floculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de DEUX MILLIONS D'HABITANTS et l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRIT » AMBATOVY MORAMANGA pour le floculant sulfate d'alumine (JIRAMA), l'Alun naturel de Madagascar et l'Alun synthétique (sulfate d'aluminium et de potassium) de nos résultats.

1) Floculant Sulfate d'Alumine :

Pendant le traitement de l'eau, la concentration du floculant est de 10g/l.

Nous donnons dans le tableau III-4 les études comparatives des résultats de floculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS et de l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA avec le floculant sulfate d'alumine

			Avant floculation		Après floculation	
Floculant	Origine	Paramètres	Eau Mandroseza	Eau Mangoro	Eau Mandroseza	Eau Mangoro
Sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	JIRAMA	Turb (NTU)	08,17	17,5	01,7	01,9
		Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	20,5	21,2	25,5	22,2
		pH	06,9	06,8	06,6	06,1

Tableau III-4 : étude comparative des résultats de floculation de l'eau de surface

MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS et de l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA avec le floculant sulfate d'alumine

D'après le tableau III-4; on constate que l'utilisation du floculant sulfate d'alumine sur l'eau de surface de MANDROSEZA et MANGORO donne des bons résultats. Même si on trouve deux bons résultats, on peut tenir compte le résultat de l'eau de surface MANDROSEZA car la turbidité décroît de 8,17 NTU à 1,7 NTU tandis que 17,5 NTU à 1,9 NTU pour l'eau de surface MANGORO (la norme est de 5 NTU).

2) Alun Naturel :

Sa concentration pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

Nous donnons dans le tableau III-5 les études comparatives des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS et de l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA avec le floculant Alun de MADAGASCAR

Floculant	Origine	Paramètres	Avant flocculation		Après flocculation	
			Eau Mandroseza	Eau Mangoro	Eau Mandroseza	Eau Mangoro
Alun de Madagascar	Roche sedimentaire	Turb (NTU)	08,17	17,5	01,6	01,7
		Cond ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	20,5	21,2	23,8	23,9
		pH	06,9	06,8	06,4	06,3

Tableau III-5 : étude comparative des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS et de l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA avec le floculant Alun de Madagascar.

D'après le tableau III-5; on constate que les résultats des essais se ressemblent pour l'utilisation du floculant Alun de Madagascar. On peut tenir compte du résultat sur l'eau de surface de MANDROSEZA car la turbidité donne une décroissance de 8,17 NTU à 1,6 NTU tandis que le résultat sur l'eau de surface MANGORO décroît de 17,5 NTU à 1,7 NTU (la norme est de 5 NTU).

3) Alun synthétique :

Sa concentration pendant le traitement de l'eau est de 10g/l.

Nous donnons dans le tableau III-4 les études comparatives des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS et de l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA avec le floculant Alun synthétique qui est un produit Merck DEUTCHLAND

			Avant flocculation		Après flocculation	
Floculant	Origine	Paramètres	Eau Mandroseza	Eau Mangoro	Eau Mandroseza	Eau Mangoro
Alun synthétique KAl(SO ₄) ₂ .12H ₂ O	Merck Deutschland	Turb (NTU)	8,17	17,5	01,5	01,6
		Cond (µs/cm)	20,5	21,2	25,5	28,2
		pH	06,9	06,8	06,6	06,4

Tableau III-6 : étude comparative des résultats de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS et de l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA avec le floculant Alun synthétique.

D'après le tableau III-6; on constate que l'essais de flocculation de l'eau de surface MANDROSEZA avec le floculant alun synthétique (sulfate d'aluminium et de potassium) donne un bon résultat car la turbidité décroît de 8,17 NTU à 1,5 NTU que l'eau de surface MANGORO conduit une décroissance de 17,5 NTU à 1,6 NTU (la norme est de 5 NTU).

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE:

Ce mémoire nous a permis de mettre en évidence la diminution de la turbidité de l'eau de surface (fleuve de MANGORO) qui est à proximité du site minier « SCHERRITT INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA par les floculants :

1°) SULFATE D'ALUMINE qui est un produit chimique de JIRAMA d'origine MADAKEM (INDONESIE). L'utilisation de ce floculant permet d'avoir de la turbidité qui passe de 17,5 NTU à 01,9 NTU, la norme est de 5 NTU [8].

2°) ALUN SYNTHETIQUE (sulfate d'aluminium et de potassium) qui est un produit chimique d'origine MERCK (DEUTCHLAND). L'utilisation de ce floculant permet d'avoir de la turbidité qui passe de 17,5 NTU à 01,6 NTU, la norme est de 5 NTU [8].

3°) ALUN de MADAGASCAR qui est un produit minéral (roche sédimentaire). L'utilisation de ce floculant permet d'avoir de la turbidité qui passe de 17,5 NTU à 01,7 NTU, la norme est de 5 NTU [8].

On constate la performance de l'alun minéral de MADAGASCAR (dont le coût est environ de 2000 Ar.kg⁻¹) est comparable avec l'alun synthétique importé et le sulfate d'alumine importé.

Notre mémoire aussi a permis de faire des essais de flocculation chimique sur l'eau de surface (lac MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 millions d'habitants) avec les floculants :

1°) SULFATE D'ALUMINE qui est un produit chimique de JIRAMA d'origine MADAKEM (INDONESIE). L'utilisation de ce floculant permet d'avoir de la turbidité qui passe de 08,17 NTU à 01,7 NTU, la norme est de 5 NTU [8].

2°) ALUN SYNTHETIQUE (sulfate d'aluminium et de potassium) qui est un produit chimique d'origine MERCK (DEUTCHLAND). L'utilisation de ce floculant permet d'avoir de la turbidité qui passe de 08,17 NTU à 01,5 NTU, la norme est de 5 NTU [8].

3°) ALUN de MADAGASCAR qui est un produit minéral (roche sédimentaire). L'utilisation de ce floculant permet d'avoir de la turbidité qui passe de 08,17 NTU à 01,6 NTU, la norme est de 5 NTU [8].

ANNEXE

ANNEXE 1

LES MESURES PHYSICO-CHIMIQUES :

a- Mesure du pH : [11]

Le pH ou potentiel d'hydrogène mesure la concentration en ion H^+ de l'eau.

Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7.

On étalonne l'appareil avec les solutions étalons à pH= 4 et pH = 7

b- Mesure de la conductivité : [12]

Définition :

La conductivité d'une eau est mesurée par la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface, séparée l'une de l'autre de 1cm.

Elle augmente avec la teneur en sels dissous et varie en fonction de la température, c'est-à-dire elle est la plus importante lorsque la température augmente.

La conductivité est exprimé en siemens (ou Mohm), les sous multiples sont : le milli siemens par cm ; le micron siemens par cm. Cette dernière unité est la plus utilisée en traitement d'eau. La conductivité est l'inverse de la résistivité et est mesurée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

La relation entre les deux mesures est :

$$\text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm}) = 10^6 / \text{résistivité } (\Omega \cdot \text{cm})$$

Principe :

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de Zéro un galvanomètre ou une image cathodique et elle permet d'apprécier la quantité de sel dissout dans l'eau.

Etalonnage :

Cet appareil est étalonné par une solution étalon de chlorure de potassium

T($^{\circ}\text{C}$)	KCl N/100 (Conductivité $\mu\text{s} / \text{cm}$)
20	1278

La conductimètre donne directement la valeur de la conductivité.

c- Détermination de la minéralisation globale de l'eau ou salinité : [12]

La minéralisation globale de l'eau est la salinité totale d'une eau. Elle correspond au total des cations et en ions présents exprimés en mg /l.

Il existe une relation entre la teneur en sel dissout d'une eau et sa conductivité.

Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité, étant donné les erreurs inhérentes à la détermination de chacune de ces deux mesures.

d- Mesure de turbidité : [12]

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argile, limons, matière organique....

L'appréciation de l'abondance de ces matières son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle des épurations des eaux brutes.

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant la nécessité sur le terrain ou au laboratoire.

Il est cependant recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible après le prélèvement.

ANNEXE 2

LES PROTOCOLES de la FLOCULATION : [14]

La quantité de floculant à introduire est dictée par deux impératifs :

- 1) avoir un maximum de particule en précipité,
- 2) utiliser le minimum de floculant.

Pour déterminer la dose optimale pour traiter l'eau, on effectue le « jar test ».

Le protocole de flocculation est le suivant :

- a) prendre des échantillons de l'eau à traiter
- b) y introduire des quantités croissantes de floculant dans chacun d'eux.

On effectue le traitement selon le mode opératoire suivant :

- c) soumettre après l'introduction du floculant les solutions à une agitation rapide de 100 tours /min pendant 2 minutes.

d) procéder à une agitation lente de 40 tours /min pendant 20 minutes environ

e) laisser la solution à se décanter pendant 15 minutes.

f) déterminer la quantité optimale en évaluant pour quel échantillon la taille et le nombre de flocs sont maxima pour un minimum de floculant.

Ceci s'effectue par :

- 1) une simple observation
- 2) des tests physico-chimiques (pH, turbidité, couleur....)

1) Protocole de la turbidité : [14]

Lorsque on obtient de l'eau décantée après flocculation, on peut mesurer directement la turbidité à partir du turbidimètre :

Turbidimètre:

- HAC4 company
- 2100P Portable Turbimeter
- P/N 46500-00
- Volts-9
- S/N 00110002 7085
- PATENT NUMBER 1.197 and D336444

- a) avant toutes les mesures, étalonner l'appareil au moyen de la solution étalon
- b) rincer la cuve turbidimétrie avec l'eau à analyser, la remplir avec précaution pour éviter la formation des bulles d'air.
- c) essuyer la cuve pour effacer toute trace de doigts
- d) effectuer la mesure en choisissant la bonne gamme.

L'unité de mesure de la turbidité est le NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

Etalonnage de l'appareil :

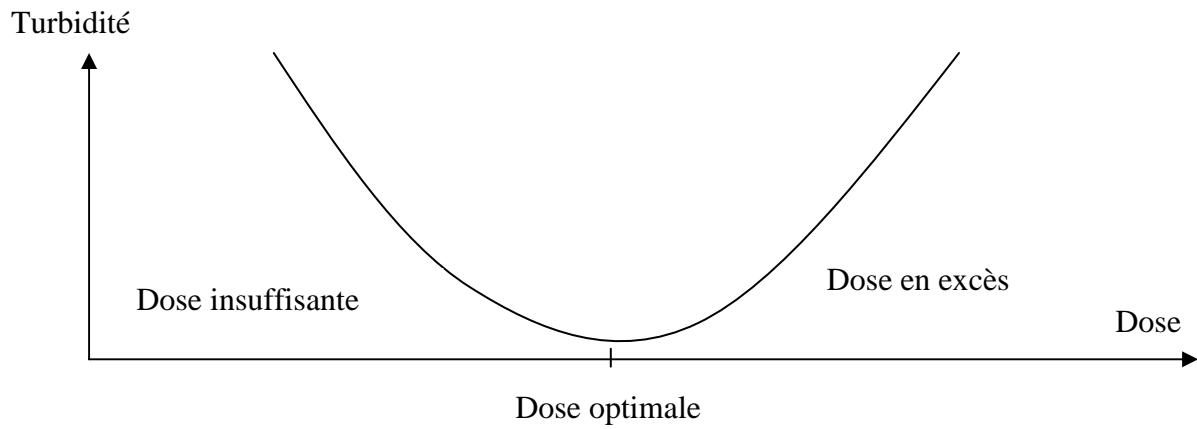
L'étalonnage de l'appareil utilise la solution étalon « FORMAZIN turbidity standard 4000 NTU » qui est un produit fabriqué par HACH company (Allemagne)

Il existe :- la solution étalon à turbidité <0,1 NTU ;

- la solution étalon à turbidité 20 NTU ;
- la solution étalon à turbidité 100 ;
- la solution étalon à turbidité 800.

Courbe représentant l'évolution de la turbidité en fonction du taux de floculant

- Lorsque la dose de floculant dans l'eau à traiter est insuffisante, la courbe représentative décroît.
- Lorsque la dose de floculant est en excès, la courbe représentative accroît.
- Le point montrant la tangente horizontale représente la dose optimale du traitement de l'eau.



Courbe représentative de l'évolution de la turbidité

2) Protocole de la conductivité : [14]

Mesurer directement sur l'appareil conductimètre

- Conductivity Meter LF538 (appareil à électrode)
- WTW (Wissenschaftlich-Technische-Werkstatten)
- 82362 Weilheim Made in Germany

Etalonnage de l'appareil on utilise la solution étalon à conductivité 1278 µS/cm à 20°C qui est un produit Prolabo.

L'unité de mesure de la conductivité est le µS/cm

Calibrage de l'appareil à la valeur de conductivité 1278 µS/cm

3) Protocole du pH: [14]

On mesure directement à l'appareil pH -mètre :

- pH Meter **CG 840** (appareil à électrode)
- Schott-Gerate Gmbh
- TypCG840 Nr 294906
- 90-240V 50/60 Hz
- 2,5 VA Made in Germany

Pour l'étalonnage de l'appareil :- on utilise la solution tampon « Potassium dihydrogen

Phosphate » à pH=7 qui est un produit VWR Prolabo

-on utilise la solution tampon à pH=4 qui est un produit
VWR Prolabo

ANNEXE 3

Essai de flocculation par le floculant chimique (Sulfate d'alumine/JIRAMA/ MADAKEM/ INDONESIE)

Sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.

Mode opératoire :

a- Préparation de la solution mère :

- Prendre 10 g de sulfate d'alumine
- Dissoudre le 10g de sulfate dans l'eau distillée dans une fiole de 1000ml
- Agiter à l'aide d'un agitateur pour solubiliser l'alun dans l'eau

b- Traitement par le jar test :

- 5 récipients contiennent chacun 500 ml d'eau à traiter, eau prélevée dans un même endroit et à la même heure
- Y introduire des quantités croissantes : - récipient 1 : 0,1 ml de floculant
 - récipient 2 : 0,2 ml de floculant
 - récipient 3 : 0,3 ml de floculant
 - récipient 4 : 0,4 ml de floculant
 - récipient 5 : 0,5 ml de floculant
- Agiter avec le floculateur de 100 tours par minute pendant 2mn environ suivi d'une agitation lente de 40 tours par minute pendant 20 mn environ.
- Laisser reposer pendant 15 mn environ pour décanter les flocs
- Transvaser l'eau décantée dans un autre récipient pour pouvoir faire les mesures des différents paramètres.

ANNEXE 4

Essai de floculation par le floculant minéral (ALUN de MADAGASCAR)

Sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.

Mode opératoire :

a- Préparation de la solution mère :

- Prendre 10 g de l'alun de Madagascar
- Dissoudre le 10g de l'alun dans l'eau distillée dans une fiole de 1000ml
- Agiter à l'aide d'un agitateur pour solubiliser l'alun dans l'eau

b- Traitement par le jar test :

- 5 récipients contiennent chacun 500 ml d'eau à traiter, eau prélevée dans un même endroit et à la même heure
- Y introduire des quantités croissantes : - récipient 1 : 0,2 ml de floculant
 - récipient 2 : 0,3 ml de floculant
 - récipient 3 : 0,4 ml de floculant
 - récipient 4 : 0,5 ml de floculant
 - récipient 5 : 0,6 ml de floculant
- Agiter avec le floculateur de 100 tours par minute pendant 2mn environ suivi d'une agitation lente de 40 tours par minute pendant 20 mn environ.
- Laisser reposer pendant 15 mn environ pour décanter les flocs
- Transvaser l'eau décantée dans un autre récipient pour pouvoir faire les mesures des différents paramètres.

ANNEXE 5

Essai de flocculation par le floculant (Sulfate d'aluminium et de potassium KAl(SO₄)₂,12H₂O / Merck/ DEUTCHLAND)

Sur l'eau de surface MANDROSEZA MADAGASCAR, ANTANANARIVO de 2 MILLIONS D'HABITANTS.

Mode opératoire :

a- Préparation de la solution mère :

- Prendre 10 g de sulfate d'aluminium et de potassium
- Dissoudre le 10g de sulfate dans l'eau distillée dans une fiole de 1000ml
- Agiter à l'aide d'un agitateur pour solubiliser l'alun dans l'eau

b- Traitement par le jar test :

- 5 récipients contiennent chacun 500 ml d'eau à traiter, eau prélevée dans un même endroit et à la même heure
- Y introduire des quantités croissantes : - récipient 1 : 0,3 ml de floculant
 - récipient 2 : 0,4 ml de floculant
 - récipient 3 : 0,5 ml de floculant
 - récipient 4 : 0,6 ml de floculant
 - récipient 5 : 0,7 ml de floculant
- Agiter avec le floculateur de 100 tours par minute pendant 2mn environ suivi d'une agitation lente de 40 tours par minute pendant 20 mn environ.
- Laisser reposer pendant 15 mn environ pour décanter les flocs
- Transvaser l'eau décantée dans un autre récipient pour pouvoir faire les mesures des différents paramètres.

ANNEXE 6

Essai de floculation par le floculant chimique (Sulfate d'alumine/JIRAMA/ MADAQUEM/ INDONESIE)

Sur l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA

Mode opératoire :

a- Préparation de la solution mère :

- Prendre 10 g de sulfate d'alumine
- Dissoudre le 10g de sulfate dans l'eau distillée dans une fiole de 1000ml
- Agiter à l'aide d'un agitateur pour solubiliser l'alun dans l'eau

b- Traitement par le jar test :

- 5 récipients contiennent chacun 500 ml d'eau à traiter, eau prélevée dans un même endroit et à la même heure
- Y introduire des quantités croissantes : - récipient 1 : 0,2 ml de floculant
 - récipient 2 : 0,3 ml de floculant
 - récipient 3 : 0,4 ml de floculant
 - récipient 4 : 0,5 ml de floculant
 - récipient 5 : 0,6 ml de floculant
- Agiter avec le floculateur de 100 tours par minute pendant 2mn environ suivi d'une agitation lente de 40 tours par minute pendant 20 mn environ.
- Laisser reposer pendant 15 mn environ pour décanter les flocs
- Transvaser l'eau décantée dans un autre récipient pour pouvoir faire les mesures des différents paramètres.

ANNEXE 7

Essai de flocculation par le floculant Minéral (ALUN de MADAGASCAR)

Sur l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA

Mode opératoire :

a- Préparation de la solution mère :

- Prendre 10 g de l'alun de Madagascar
- Dissoudre le 10g de l'alun dans l'eau distillée dans une fiole de 1000ml
- Agiter à l'aide d'un agitateur pour solubiliser l'alun dans l'eau

b- Traitement par le jar test :

- 5 récipients contiennent chacun 500 ml d'eau à traiter, eau prélevée dans un même endroit et à la même heure
- Y introduire des quantités croissantes : - récipient 1 : 0,2 ml de floculant
 - récipient 2 : 0,3 ml de floculant
 - récipient 3 : 0,4 ml de floculant
 - récipient 4 : 0,5 ml de floculant
 - récipient 5 : 0,6 ml de floculant
- Agiter avec le floculateur de 100 tours par minute pendant 2mn environ suivi d'une agitation lente de 40 tours par minute pendant 20 mn environ.
- Laisser reposer pendant 15 mn environ pour décanter les flocs
- Transvaser l'eau décantée dans un autre récipient pour pouvoir faire les mesures des différents paramètres.

ANNEXE 8

Essai de floculation par le floculant chimique (Sulfate d'aluminium et de potassium KAl(SO₄)₂.12H₂O/ Merck/ DEUTCHLAND)

Sur l'eau de surface MANGORO à proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL, AMBATOVY MORAMANGA

Mode opératoire :

a- Préparation de la solution mère :

- Prendre 10 g de sulfate d'aluminium et de potassium
- Dissoudre le 10g de sulfate dans l'eau distillée dans une fiole de 1000ml
- Agiter à l'aide d'un agitateur pour solubiliser l'alun dans l'eau

b- Traitement par le jar test :

- 5 récipients contiennent chacun 500 ml d'eau à traiter, eau prélevée dans un même endroit et à la même heure
- Y introduire des quantités croissantes : - récipient 1 : 0,4 ml de floculant
 - récipient 2 : 0,5 ml de floculant
 - récipient 3 : 0,6 ml de floculant
 - récipient 4 : 0,7 ml de floculant
 - récipient 5 : 0,8 ml de floculant
- Agiter avec le floculateur de 100 tours par minute pendant 2mn environ suivi d'une agitation lente de 40 tours par minute pendant 20 mn environ.
- Laisser reposer pendant 15 mn environ pour décanter les flocs
- Transvaser l'eau décantée dans un autre récipient pour pouvoir faire les mesures des différents paramètres.

ANNEXE 9

Caractérisation des ALUNS par la spectrométrie de fluorescence X :

Analyse sur minipal :

Fabrication de la perle :

A- Mélanger dans un creuset en platine :

- 1,2 g de prise d'échantillon calciné ou l'équivalent sec
- 6 g de tetraborate de lithium

Procédé comme suit :

B- si Mode manuelle

- a- Il existe un risque de se brûler à différents endroits de la surface du four et le four est ouvert à des températures élevées.
- b- Mettre la lunette de protection contre la radiation
Introduire le creuset et son contenu (cité dans A) ans le four à environ 1200°C
- c- Utiliser la pince à manche longue pour la manipulation du creuset
Agiter le creuset 2 fois tous les environ 2 minutes, chauffer la coupelle dans le four.
- d- Préparer un support de la moule pour éviter la casse des carreaux
Après 6 minutes environ, verser rapidement le contenu dans le creuset dans la coupelle.
- e- laisser refroidir à l'air libre pendant environ 5 minutes.

C- si Mode automatique (utilisation du minifuse)

- a- Brancher l'onduleur sur la prise, enclencher le disjoncteur, appuyer sur le bouton de mise en route.
- b- Enclencher le disjoncteur du minifuse, ouvrir le robinet d'alimentation d'eau à côté du filtre .
- c- Placer le creuset et son contenu (cité dans A) dans le four, couvrir avec la Coupelle
- e- Ouvrir le robinet de refroidissement, pression environ 5 bars (ne pas dépasser 6 bars)
- f- Appuyer sur F1 et valider
- g- Régler la pression d'eau entre 1et 2 bars sur le robinet.
- h- Après le dernier signal (15ème alarme), placer la coupelle sur son support à l'aide de la pince adéquate, et y verser la matière fondante.
- i- Fermer le couvercle
- j- Refroidir la perle en appuyant sur le bouton F2 et valider.

Analyse

Position n°1 Alun

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] R. ROJOFENOSOA Misoa,, *Contribution à la valorisation du minérale alun de Madagascar par la détermination de sa concentration optimale entant que floculant*, MEMOIRE de D.E.A Chimie Minérale, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo Novembre 2007
- [2] R. Rova MENDRIKA, contribution des essais de flocculation avec l'alun de Madagascar et de la plante Moringa oléifera : application au traitement par flocculation de l'eau de surface du lac Mandroseza Antananarivo, MEMOIRE de D.E.A Chimie Minérale, Faculté des sciences, Université d'Antananarivo Mars 2007
- [3] DEGREMONT *Mémento technique de l'eau* Tome1 ; 2^e édition Paris 1952
- [4] http://www.gedo.fr/fiche/conseil/trait/eau/guide_e2.htm
- [5] Charles R.COX, Technique et contrôle du traitement des eaux, Organisation Mondiale de la Santé, Edit – Genève 1967.
- [6] P RAJAONERA, Professeur Titulaire Université d'Antananarivo, Faculté des sciences ; *Cours de Chimie Minérale Industrielle*, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo (AEA) Année 2003.
- [7] Thèse de Doctorat du 3^e cycle, L. RAHARIMALALA, *Contribution à la caractérisation des minéraux de Madagascar*, Faculté des science, Université d'Antananarivo 1997.
- [8] ECR – CNRE –BRGM, Etude des normes environnementales rapport provisoires, édition SRCI, Mai 1997
- [9] http://f.wikipedia.org/wiki/esp%C3%a8ee_%28biologie%29
- [10] [http://wikipedia.org/esp%C3%a8e/floculant_naturel/ %12](http://wikipedia.org/esp%C3%a8e/floculant_naturel/)
- [11] G.VIVIN *Mesure et régulation du pH*, Génie chimique, Masson et Cie, Edit.Paris Fev 1957.
- [12] J.RODIER *Analyse chimique et physico-chimique de l'eau, eaux naturelles, eau résiduaire*, 4^e édition, DUNOD Paris 1971.
- [13] Google_Earth_C_ZXD_Exe
- [14] Protocole de la JIRAMA
- [15] <http://www.realco.be/fr/particulier>

Auteur : ANDRIANAIVO Haja Heriniaina

Adresse : Lot IIO 183 C Anjanahary
Antananarivo 101

Téléphone: 032.44.042.00

Titre : "Contribution sur le traitement de l'eau de surface (fleuve MANGORO)
À proximité du site minier « SCHERRITT » INTERNATIONAL,
MADAGASCAR"

Nombre de page : 32

Nombre de tableau : 15

Nombre de page : 05

Mots clés : Floculants, Turbidité, Alun

RESUME

Ce mémoire nous a permis de mettre en évidence la diminution de la turbidité de l'eau de surface (fleuve MANGORO) qui est à proximité du site minier « SCHERRITT » AMBATOVY MORAMANGA et l'eau de surface de MADAGASCAR MANDROSEZA ANTANANARIVO de deux millions d'habitants par l'utilisation des floculants : Sulfate d'alumine (produit MADAKEM), l'Alun synthétique (sulfate double d'aluminium et de potassium) et l'Alun minéral de MADAGASCAR.

Nous avons permis aussi de mettre en valeur l'importance de l'Alun minéral de MADAGASCAR pour le traitement de l'eau de surface de MANGORO par rapport aux autres floculants (Sulfate d'alumine et l'Alun synthétique) avec un rapport qualité performance prix compétitif.

ABSTRACT

This memory has enabled us to highlight the reduction of turbidity of surface water (river MANGORO), which is near the mine site "SCHERRITT INTERNATIONAL" AMBATOVY MORAMANGA and water surface MADAGASCAR MANDROSEZA ANTANANARIVO two million 'Inhabitants by the use of flocculants: aluminium sulphate (MADAKEM product), the synthetic Alum (double aluminium sulphate and potassium) and Alum mineral MADAGASCAR.

We have also helped to highlight the importance of mineral Alum MADAGASCAR for the treatment of surface water MANGORO compared to other flocculants (aluminium sulphate and alum synthetic) at attractive price performance competitive.

Key boards: Flocculants, Turbidity, Alum

Encadreur : P. RAJAONERA, Professeur Titulaire à l'Université d'Antananarivo

MADAGASCAR, Membre de la Société Savante Française (Société Chimique de France)