

Année Universitaire : 2011-2012

**Master Sciences et Techniques GMP
Génie des Matériaux et des Procédés**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

Titre

**Etude critique sur la station de floculation et Optimisation des
consommations du floculant par qualité traitée du phosphate**

Présenté par:

BELKHADI Abderrahim

Encadré par:

- Mr. AMALIK Jamal (Groupe
OCP)
- Mr. EL GHADRAOUI El houssine (FSTF)

Soutenu Le 21 Juin 2012 devant le jury composé de:

- Pr. E.H. EL GHADRAOUI
- Pr. T. LAMCHARFI
- Pr. H. WAHBI
- Pr. H. ZAITAN

Stage effectué à : Office Chérifien du Phosphate de Khouribga





Master Sciences et Techniques : Génie des Matériaux et des Procédés

Nom et prénom: BELKHADI Abderrahim

Titre: Etude critique sur la station de floculation et Optimisation des consommations du flocculant par qualité traitée du phosphate.

Résumé

L'étude menée dans le présent travail a été dirigée vers la rationalisation de la consommation en flocculant. Elle vise une étude critique de la station de floculation afin d'identifier les différents paramètres qui entrent dans la procédure de préparation de la solution du flocculant.

La rationalisation vise aussi la réalisation des analyses effectuées au niveau du laboratoire afin de pouvoir déterminer la quantité optimale en flocculant et de diminuer la consommation de ce réactif.

La détermination de la consommation du réactif a été menée sur les qualités fréquemment traitées : **TBT.TS**, **TBT.SC**, **BTC3.SC**, **BT.TS**.

➤ Pour le traitement de la qualité **TBT.TS** et **BTC3.SC** il est préconisé d'après les résultats trouvés d'utiliser une quantité de **0,002g** en flocculant pour 1 litre entré.

➤ Pour le traitement des qualités **TBT.SC** et **BT.TS** il suffit d'utiliser **0,001g** en flocculant pour 1 litre traité.

Cependant, ces mesures restent théoriquement applicables si on prend en considération les différents problèmes mentionnés précédemment. Ces derniers rencontrés au niveau des décanteurs conduisent à l'augmentation de la dose utilisée en flocculant.

Mots clés: OCP, Procédés de lavage, Procédés de broyage, Procédés de flottation, Procédés de décantation, Procédés de floculation.





Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Premier Chapitre: Présentation générale du groupe OCP(SA)	
I. Historique :.....	2
II. Emplacement géographique d'OCP(SA) :	3
III. Activités du groupe OCP(SA):.....	4
IV. Organisation de la direction de production et de site Khouribga :	4
Deuxième Chapitre : Présentation de la laverie de SIDI DAOUI	
I- Historique :.....	6
II- Minerai à traité :	6
III-Les phases de traitement à la laverie :	8
III.1. Alimentation en brut.....	9
III.2. Procédé de lavage.....	10
III.3. Principales phases de lavage	11
III.3.1. Le débouillage :	11
III.3.2. Le criblage :	11
III.3.3. L'hydro cyclonage :.....	11
III.3.4. L'égouttage :.....	12
III.4. Procédé de broyage	13
III.5. Procédé de flottation.....	13
III.6. Procédé de décantation.....	14
III.6.1. Définition et but de décantation	14
III.6.2. Définition d'un décanteur :.....	14
Troisième Chapitre : Généralités sur le procédé de floculation	
I. Présentation du sujet :	16
II. Etude bibliographique :	17
II.1. Présentation générale :.....	17
II.2 Les suspensions colloïdales :	17
II.3. Stabilité des suspensions colloïdales :	18



II.4. La station de floculation :	18
A- La floculation :	18
B -Les flocculant :	18
Quatrième Chapitre : Etude critique sur le système de préparation du flocculant	
I. Présentation de l'unité de floculation :	20
II. Description de la station de floculation :	20
II.1 Principe de son fonctionnement :	21
II.2. Les mesures effectuées :	23
a) Mesure de la concentration :	23
b) Contrôle des hauteurs :	23
III. Problèmes rencontrés au niveau de l'unité de décantation et les solutions proposées :	23
IV. Calcul du volume d'eau de dilution :	24
Cinquième Chapitre : Optimisation de la consommation spécifique en flocculant	
I. Essais de sédimentation :	26
I.1. Matériel utilisées :	26
I.2. Mode Opérateur :	26
I.3. Mesure de la concentration :	26
II. Conditions et résultats expérimentaux des essais :	28
II.1. Etude de L'influence du Volume ajouté sur la vitesse moyenne de Sédimentation :	28
II.2. Etude de L'influence de la Concentration des Boues sur la vitesse de Sédimentation :	29
II.3. Effet de la dilution de Flocculant sur La vitesse moyenne de Sédimentation :	31
II.4. Effet de L'acidité des réactifs utilisés en Flottation sur la vitesse de Sédimentation :	36
III. Détermination de la quantité optimale du flocculant :	39
CONCLUSION	42
Bibliographie	43



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique des gisements et des usines chimiques des phosphates.	3
Figure 2 : Organigramme de La Direction de production et de site Khouribga.....	5
Figure 3 : Le pourcentage du BPL en fonction de diamètre des grains phosphatés.	8
Figure 4 : Les principales phases de traitement des phosphates à la laverie de Sidi DAOUI.....	9
Figure 5 : Schéma synoptique du circuit d'une chaîne de lavage.	10
Figure 6 : Principe d'un convoyeur séparateur solide-liquide.....	12
Figure 7 : Schéma de fonctionnement de la station de floculation.....	22



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les qualités sources en fonction du pourcentage en BPL.....	7
Tableau 2 : Temps de décantation des colloïdes en fonction de leurs diamètres.....	17
Tableau 3 : Problèmes rencontrés au niveau de l'unité de décantation et les solutions proposées.....	24
Tableau 4 : Volume Optimale d'eau de dilution pendant une heure	25
Tableau 5 : Variations des vitesses en fonction de dosage en flocculant.	28
Tableau 6 : Effet de la concentration des boues sur la vitesse de Sédimentation.	29
Tableau 7 : Effet de la dilution de flocculant sur la vitesse de Sédimentation.	32
Tableau 8 : Effet de la dilution de flocculant sur la vitesse de sédimentation.	34
Tableau 9 : Effet de L'acidité des réactifs utilisés en Flottation sur la vitesse de Sédimentation	36
Tableau 10 : La quantité optimale ajoutée en flocculant pour chaque qualité traitée.....	39
Tableau 11 : La consommation journalière du flocculant utilisé pour chaque qualité traitée (poste 1).....	39
Tableau 12 : La consommation journalière du flocculant utilisé pour chaque qualité traitée (poste 2).....	40
Tableau 13 : La consommation journalière du flocculant utilisé pour chaque qualité traitée (poste 3).....	40
Tableau 14 : La quantité utilisée en flocculant ainsi que celle optimale pour les débits entrés.....	41



LISTE DES GRAPHES

Graphe 1 : Variation de la Vitesse en fonction du dosage de Flocculant.	28
Graphe 2 : Effet de la Concentration des boues sur la Vitesse moyenne de Sédimentation.	30
Graphe 3 : Effet de la Concentration des boues sur la Vitesse moyenne de Sédimentation.	30
Graphe 4 : Effet de la Concentration des boues sur la Vitesse moyenne de Sédimentation.	31
Graphe 5 : Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation.	32
Graphe 6 : Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation.	33
Graphe 7 : Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation.	33
Graphe 8 : Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation.	34
Graphe 9 : Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation.	35
Graphe 10 : Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation.	35
Graphe 11 : Effet de l'acidité des réactifs utilisés en flottation sur la vitesse moyenne de sédimentation.	37
Graphe 12 : Effet de l'acidité des réactifs utilisés en flottation sur la vitesse moyenne de sédimentation.	37
Graphe 13 : Effet de l'acidité des réactifs utilisés en flottation sur la vitesse moyenne de sédimentation.	38



INTRODUCTION GENERALE

Depuis quelques années, le groupe OCP s'est rigoureusement lancé dans la récupération de la valeur économique des couches pauvres en BPL qui rejoignaient le stérile, ce qui a incité les responsables à mettre en place de nouvelles technologies de valorisation des couches de plus en plus pauvres en PBL.

Dans cette perspective, le groupe O.C.P créa l'unité de lavage Sidi Daoui en 1972 qui se situe à 25 km au nord-est de la ville de Khouribga. Cette unité constitue la plus importante usine de lavage du phosphate pauvre de l'OCP.

Les minerais de phosphate de basse teneur BT subissent un traitement physique par voie humide à la laverie Sidi Daoui d'où la nécessité de grandes quantités d'eau.

A fin de minimiser la consommation, la laverie Sidi Daoui effectue un recyclage des eaux chargées par les particules inférieures à 40 μm par une simple clarification dans deux décanteurs d'épaississement qui reçoit un mélange avec une concentration inférieure à 70g/l.

Généralement la décantation des particules de diamètres inférieures à 40 μm ne peut être obtenue en un temps suffisamment que par une simple décantation forcée en augmentant la vitesse de sédimentation de ces particules et cette opération est réalisée par l'ajout du flocculant.

C'est dans cette optique que s'inscrit l'objectif de ce stage qui s'intitule: Etude critique sur la station de floculation & Optimisation des consommations du flocculant par qualité traitée des phosphates.

Le premier chapitre est consacré à une présentation générale du groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP_{SA}).

Le deuxième chapitre concerne la description de la laverie Sidi Daoui qui a connue un grand développement depuis sa création en 1972.

Le troisième chapitre est concentré sur le procédé de floculation qui est le centre de cette démarche d'optimisation.

On va entamer le sujet par une étude critique sur le système de préparation et d'injection du réactif au niveau de l'installation de floculation et enfin on finira par l'analyse des résultats chimiques des essais réalisés pour optimiser les consommations spécifiques du flocculant par qualités traitées.



Le Maroc en termes de ressources phosphatées représente la plus grande réserve connue sur la planète, cette richesse est estimée aux environs de 51.8 milliards de tonnes, soit 75% des réserves mondiales.

Ce minerai est exploité dans le cadre d'un monopole d'État confié à l'Office Chérifien des Phosphates (OCPSA) qui présente le leader mondial sur le marché du phosphate et des produits dérivés en opérant sur les cinq continents et il est aussi la première entreprise du royaume.

En effet, sa capacité d'adaptation, de flexibilité et d'anticipation permettent de répondre aux exigences, de plus en plus fortes, des clients dans un marché fortement concurrentiel.

Le sens de la responsabilité, la rigueur dans la gestion et la loyauté forgent l'identité du groupe et animent les hommes et les femmes qui y travaillent. Pour tous ces critères L'OCPSA constitue l'entreprise la plus prestigieuse du Maroc.

I. Historique :

Créé par le dahir du statut de 7 août 1920, l'OCP détient le monopole de la recherche, de l'exploitation, de la valorisation de la commercialisation des phosphates de leurs dérivées.

C'est en février 1912 qu'on a découvert les premiers gisements dans la zone de KHOURIBGA et plus précisément dans la région d'OULED ABDOUNE. Mais l'exploitation effective n'a commencé qu'en février 1921 dans la région d'OUED ZEM. Ce n'est qu'en 30 juin 1921 que le premier train sur voie large de 1.60 m a été chargé est dirigé vers le port de CASABLANCA. Un mois après l'exploitation a commencé par voie maritime.

Depuis lors, les besoins mondiaux en phosphates ont fait de l'OCP une entreprise qui jusqu'à nos jours n'a cessé de grandir et pour se maintenir face à la concurrence des autres pays producteurs des phosphates et dérivés, il se modernise, se développe continuellement et s'affirme comme le leader du marchés mondial des phosphates.

En effet l'OCP est le premier exportateur et le troisième producteur mondial après les Etats-Unis et l'ex-URSS.

Vers l'année 1975 l'OCP s'est organisé en groupe qui comporte l'OCP et les filiales. Ce groupe est géré par plusieurs directions coiffées par une direction générale dont le siège social a
CASABLANCA.

II. Emplacement géographique d'OCP(SA) :



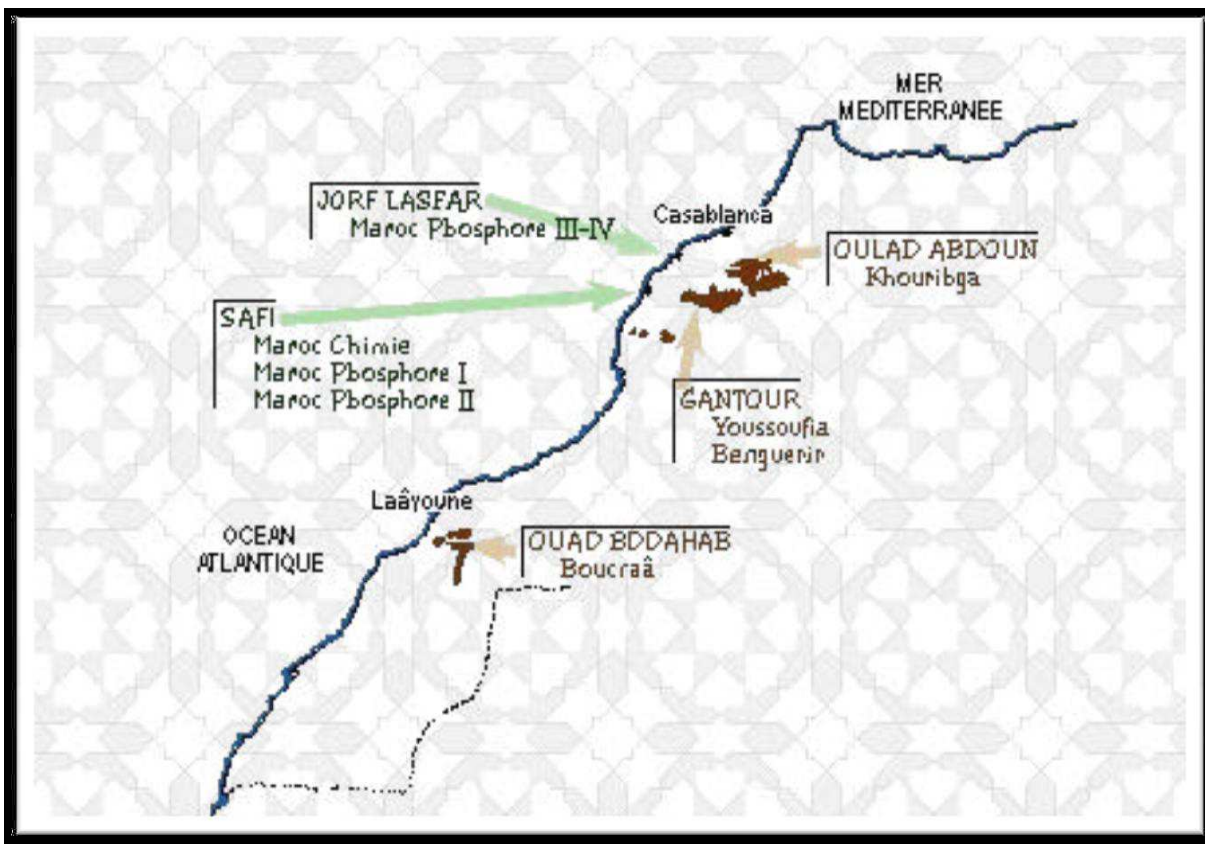
La direction générale du groupe OCP_{SA} est située à Casablanca, route d'El Jadida depuis 1979, elle était auparavant à Rabat depuis la création de l'office. Les mines actuellement en exploitation, constituées dans quatre sites (Figure 1). Leur produit marchand soit exporté, soit transformé localement aux usines des industries chimiques de Safi et de Jorf Lasfar.

Ces sites miniers sont:

- ♦ Site de Khouribga (Oulad-Abdoun) ;
- ♦ Site de Youssoufia (Gantour) ;
- ♦ Site de Benguerir ;
- ♦ Site de Boukraâ / Laâyoune.

On outre, l'OCP_{SA} dispose de quatre ports d'embarquement:

- ♦ Casablanca : pour les produits provenant de Khouribga ;
- ♦ Safi : pour les produits de Youssoufia, Benguerir et les produits transformés localement ;
- ♦ Jorf Lasfar : pour les produits locaux ;
- ♦ Laâyoune : pour les produits de Boukraâ.



▪ **Figure 1:** Situation géographique des gisements et des usines chimiques des phosphates.



III. Activités du groupe OCP(SA) :

Le Groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP_{SA}) est spécialisé dans quatre activités marquantes qui se résument dans l'extraction, le traitement, le transport et la valorisation / la commercialisation du phosphate et de ses produits dérivés :

➤ **EXTRACTION** : se fait soit en découverte (ciel ouvert) soit en galeries souterraines. Elle consiste à enlever le phosphate de la terre suivant les quatre étapes d'extraction : Foration, Sautage, Décapage et Défruitage.

➤ **TRAITEMENT** : ces opérations sont nécessaires en vue de purifier le phosphate de tout résidu et d'améliorer sa qualité.

➤ **TRANSPORT** : une fois le phosphate traité, il est transporté vers les ports de Casablanca, Safi, El Jadida pour l'exportation vers les différents pays du monde.

➤ **VALORISATION** et **COMMERCIALISATION** : le phosphate extrait est traité en grande partie dans des usines chimiques pour être transformé en produits dérivés commercialisables: acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides, avant d'être exporté avec le reste qui est en état brut vers de nombreux clients.

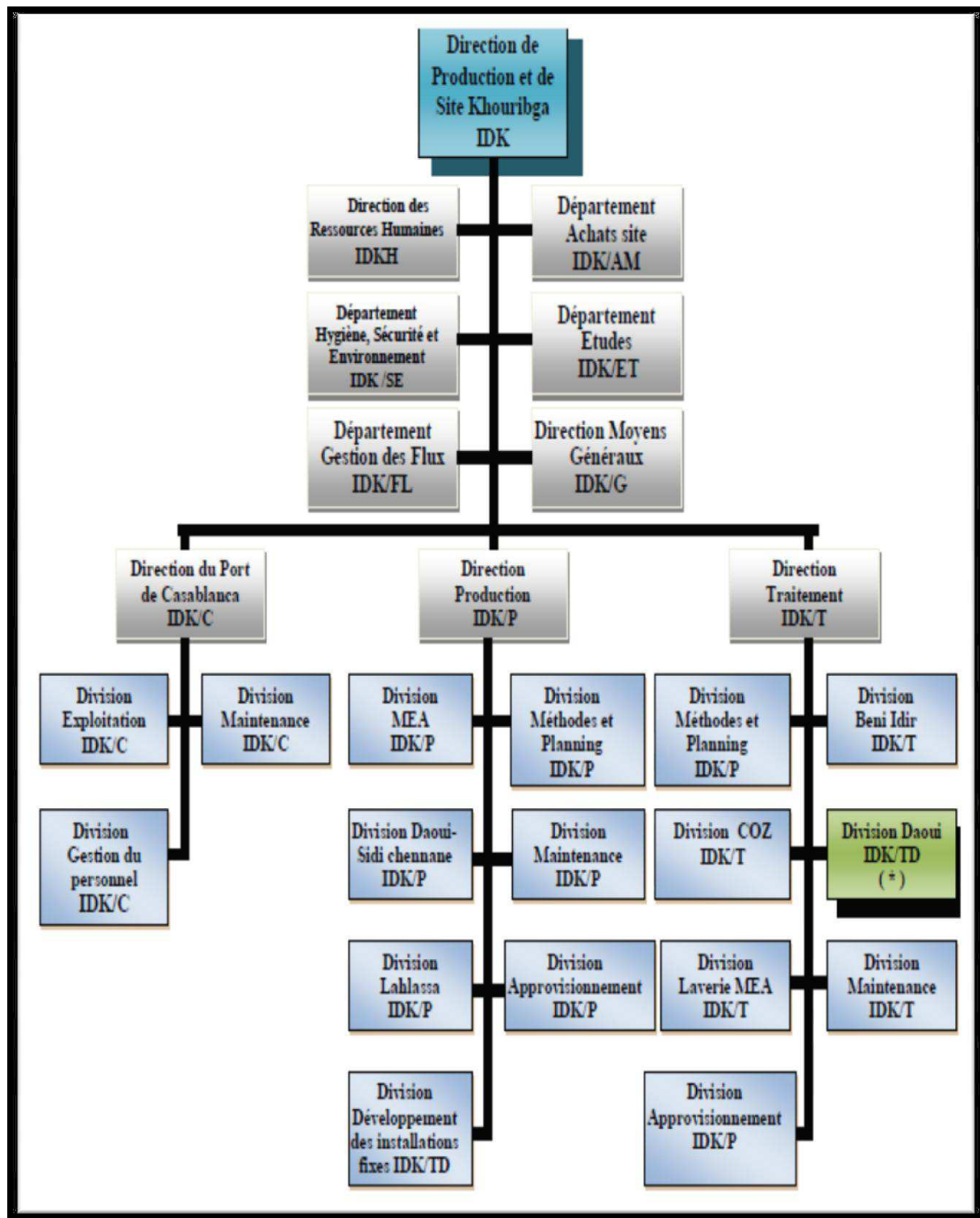
Le Groupe OCP_{SA} est le premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes avec 30,7% de parts de marché en 2010. Il est par ailleurs le premier exportateur mondial de phosphate brut et d'acide phosphorique avec, respectivement 43,5% et 47,2% de parts de marché en 2010. Le Groupe OCP_{SA} est également le troisième exportateur mondial d'engrais solides avec une part de 9,5% du marché en 2010.

IV. Organisation de la direction de production et de site Khouribga :

Pendant longtemps, OCP_{SA} disposait de deux pôles, pôle chimie et pôle mines. Depuis 2010, les deux pôles ont été intégrés en un seul : pôle industriel, pour permettre plus de contact et plus de fluidité, ainsi qu'une vision globale sur la transformation des phosphates.

La direction de production et de site Khouribga est structurée selon l'organigramme

suyant (Figure 2) :



▪ **Figure 2: Organigramme de La Direction de production et de site Khouribga**

(*) C'est la division où j'ai passé mon stage de fin d'études.



La laverie de Sidi DAOUI a entamé ses activités, dans le but d'enrichir les qualités des phosphates pauvres en provenance des sites d'exploitations minières de la zone de Khouribga et de fabriquer des qualités marchandes destinées à l'export et à la valorisation nationale. Depuis son démarrage, la laverie a connu plusieurs modifications et améliorations visant à l'augmentation de sa capacité et à l'adaptation de ces installations au traitement de nouvelles qualités afin de perfectionner et optimiser ces rendements.

I- Historique :

L'unité de lavage de Sidi Daoui, située à 25 Km au NORD-EST de ville de Khouribga, constitue le plus important usine de lavage des phosphates pauvres de l'O.C.P. Cette unité a été démarrée en 1972, avec 5 chaînes de lavage de capacité globale 440T/H, soit environ 3 MT/an.

Le démarrage d'une 6ème chaîne en 1983, équipée notamment d'un filtre Philippe à toile.

Substitution desessoreuses (KRAUSS-MAFFEI) par des convoyeurs séparateurs en 1989 et la simplification du flowsheet de lavage, ont permis d'augmenter la capacité de production à environ 5 MT/an.

La construction d'une nouvelle unité de flottation a augmenté la capacité d'alimentation à 300t/h en 2010.

II- Minerai à traité :

Le minerai de phosphate est caractérisé par sa teneur en BPL (Bone Phosphate of Line) qui signifie : phosphate des os (chaux) à base du calcium. Donc en fonction de sa teneur en BPL, le phosphate est classé en différentes qualités sources (Tableau 1) :



Qualités Sources	% BPL
<i>Super Haute Teneur : SHT</i>	<i>BPL > 75</i>
<i>Très Haute Teneur : THT</i>	<i>73 < BPL < 75</i>
<i>Haute Teneur Normale : HTN</i>	<i>71,5 < BPL < 73</i>
<i>Haute Teneur Moyenne : HTM</i>	<i>69,5 < BPL < 71,5</i>
<i>Moyenne Teneur : MT</i>	<i>68 < BPL < 69,5</i>
<i>Basse Teneur Riche : BTR</i>	<i>65 < BPL < 68</i>
<i>Basse Teneur Normale : BTN</i>	<i>63 < BPL < 65</i>
<i>Basse Teneur Pauvre : BTP</i>	<i>61 < BPL < 63</i>
<i>Très Basse Teneur : TBT</i>	<i>56 < BPL < 61</i>
<i>Podzolisé : PDZ</i>	<i>BPL < 56</i>

▪ **Tableau n°1: Les qualités sources en fonction du pourcentage en BPL.**

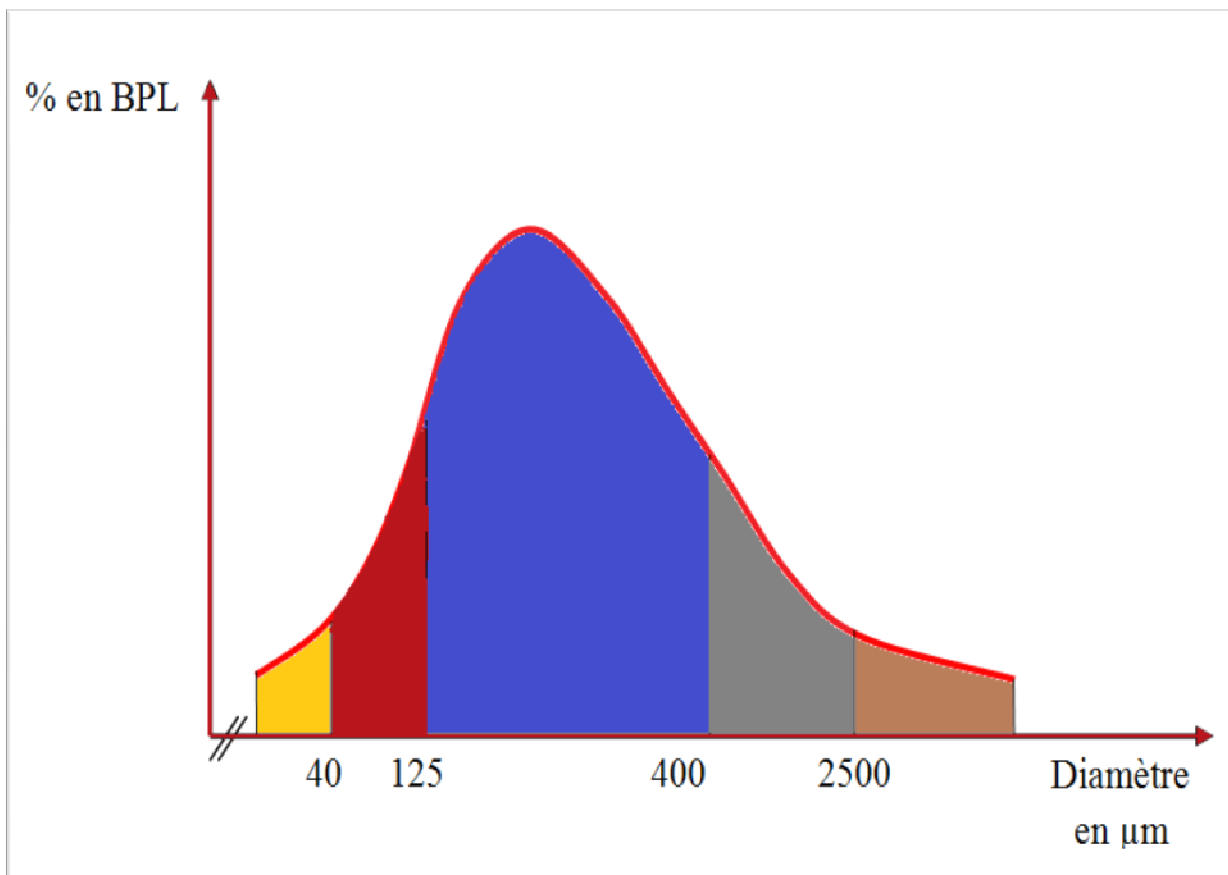
Les qualités sources : SHT, THT, HTN, HTM et MT sont considérées comme des qualités marchandes sans enrichissement. Par contre, les qualités sources : BT, TBT et PDZ doivent subir un enrichissement avant leur utilisation dans la fabrication des qualités marchandes.

En plus, d'après les analyses granulo-chimiques de GAUSS (Figure 3), le phosphate provenant à la laverie de Sidi DAOUI est généralement constitué de trois tranches :

▪ La tranche à particules grossières « supérieure à 2.5mm pauvre en BPL » : c'est un mélange d'agglomérat à ciment calcaire et de gros grains de silice souvent libre. La teneur de cette tranche est de l'ordre de 50% en BPL.

▪ La tranche à fines particules « inférieure à $40\mu\text{m}$ et très pauvre en BPL » : relativement riche en CO_2 et SiO_2 , ne renferme pratiquement que d'argiles. La teneur de cette tranche en BPL est de l'ordre de 45%.

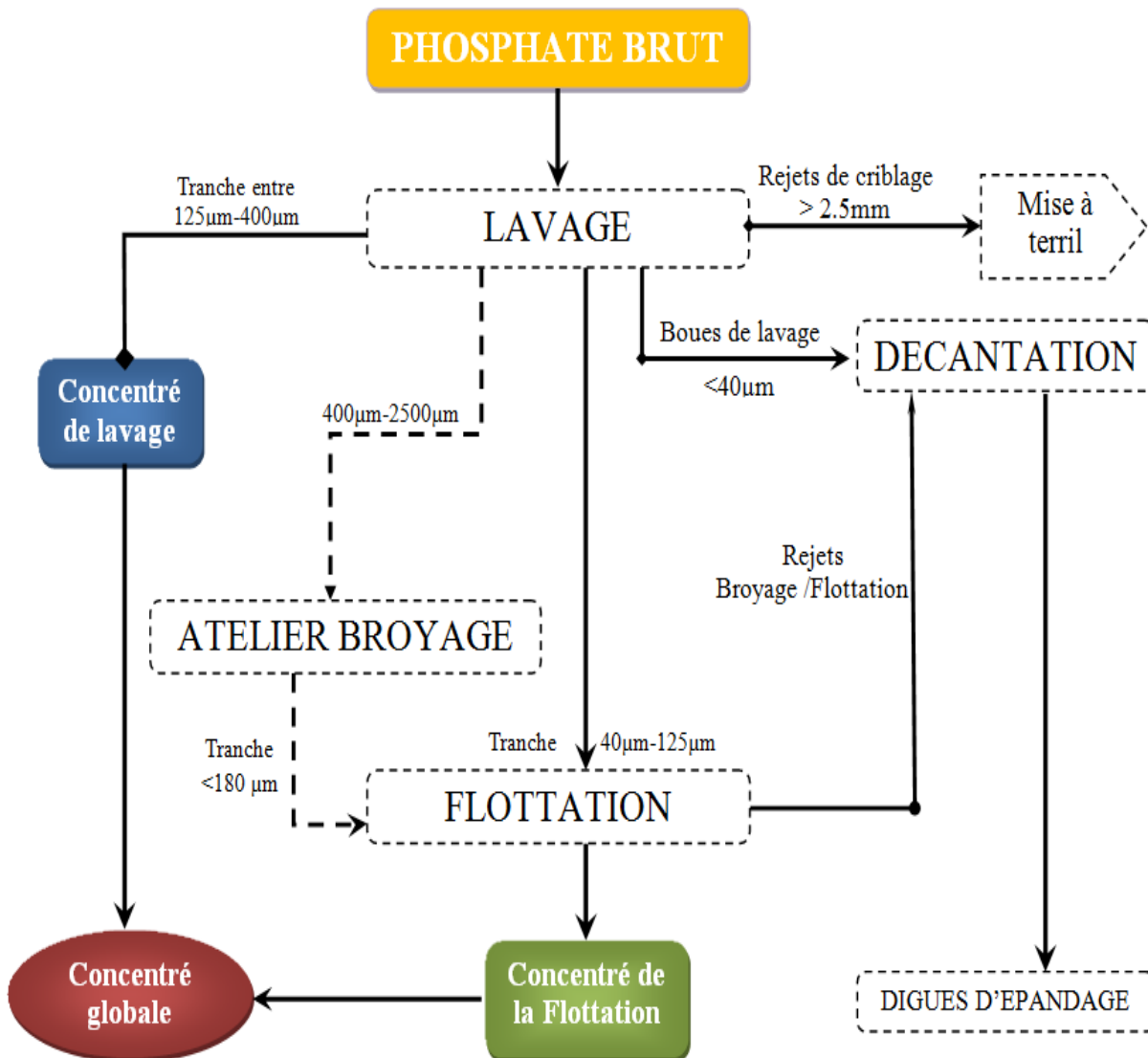
▪ La tranche intermédiaire « comprise entre 125 et $400\mu\text{m}$ » est plus riche en BPL.



▪ **Figure 3:** Le pourcentage du BPL en fonction de diamètre des grains phosphatés.

III- Les phases de traitement à la laverie :

L'enchaînement des phases de traitement des phosphates à la laverie Sidi DAOUI est indiqué dans le schéma ci-dessous : (Figure 4)



▪ **Figure 4:** Les principales phases de traitement des phosphates à la laverie de Sidi DAOUI.

III.1. Alimentation en brut :

La laverie de Sidi DAOUI est alimentée en phosphate brut par deux sources :

- Le stock de Parc El Wafi qui provient de la zone de Sidi Chennane, située à 27 km de Khouribga, le phosphate qui provient de cette zone est déjà criblé sur place en vu de diminuer le coût de transport et d'augmenter le débit d'alimentation.

• Le stock du carreau T.S (Trémie Sud), environ 2 km de l'usine SIDI DAOUI, qui alimente d'abord l'unité de criblage pour éliminer les pierres « l'épierrage » puis la trémie principale.

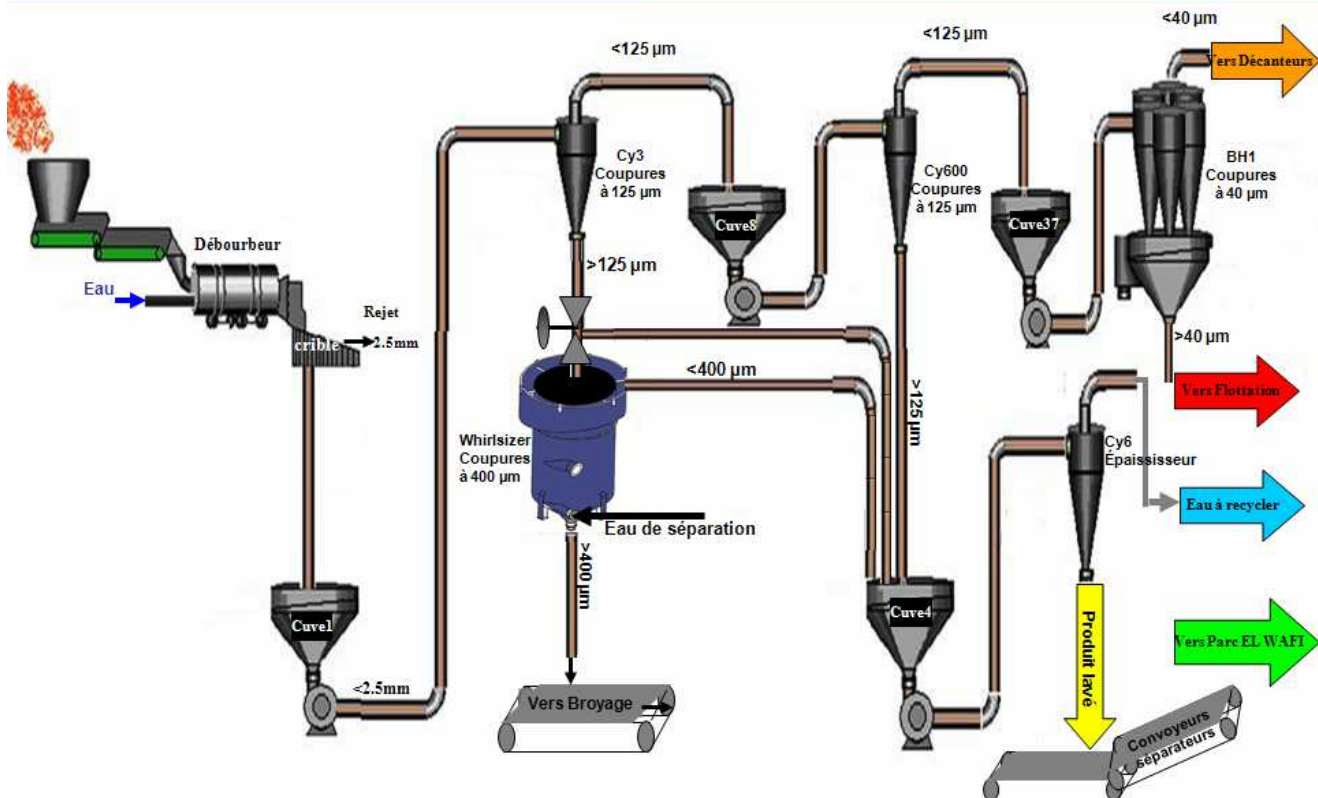
Le produit arrivant de l'un de ces deux stocks déverse dans la trémie T₁₈ qui alimente le convoyeur FE au moyen de ces extracteurs T₁₉C et T₁₉D. Ensuite, le convoyeur FE alimente les trémies des chaînes de lavage par un système de convoyeur en cascade. Chaque convoyeur déverse dans une goulotte à deux compartiments l'un alimente la trémie et l'autre déverse dans le convoyeur de la trémie suivante. Ces trémies à leur tour alimentent au moyen des bandes transporteuses les débourbeurs.

III.2. Procédé de lavage :

Le lavage est un traitement physique par voie humide qui consiste à éliminer les tranches granulométriques pauvres en BPL qui sont :

- ☞ La tranche haute supérieure à 2.5mm par criblage humide.
- ☞ La tranche basse inférieure à 40 µm par classification hydraulique.

Et ceci dans le but d'enrichir le minerai de phosphate, en tenant compte du rendement poids de l'opération de lavage.





- **Figure 5:** Schéma synoptique du circuit d'une chaîne de lavage.

III.3. Principales phases de lavage :

III.3.1. Le débourbage :

C'est une opération qui consiste à malaxer le minerai de phosphate mis en pulpe dans un appareil cylindrique appelé débourbeur tournant, afin de libérer par attrition les grains phosphatés de leurs gangues argilo-calcaires.

Le paramètre essentiel dans la phase de débourbage est la dilution (le rapport entre la masse du liquide et celle du solide sec) qui permet la destruction des agrégats attachés sur le minerai de phosphate. (Annexe 1)

III.3.2. Le criblage :

La pulpe ainsi traitée au niveau du débourbeur, passe au crible par débordement pour subir un traitement physique ; il s'agit de la première coupure qui consiste à éliminer les particules de dimensions supérieures à 2.5 mm.

L'opération de criblage est réalisée au moyen d'une machine vibrante à débit continu équipé d'une ou deux grilles comportant des ouvertures de dimensions bien calibrées qui permettent de séparer les minerais des stériles volumineux qui risquent de perturber les traitements ultérieurs du phosphate.

Les particules solides de dimensions inférieures à la maille passent à travers la grille, constituant le passé, tandis que les grosses particules restent au dessus de la grille, constituant le refus du crible : c'est la tranche qui sera évacuée vers la mise à terril.

Le criblage est facilité à l'aide d'un système d'arrosage par l'eau sous pression, pulvérisée par les buses, afin de libérer les grains phosphatés adhérents à la surface du crible. (Annexe 2)



III.3.3. L'hydro cyclonage :

L'hydro cyclone est un classificateur centrifuge statique de forme cylindro-conique, alimenté tangentiellement sous pression dans sa partie cylindrique, avec une sortie tubulaire de surverse dans l'axe de la partie cylindrique et une ouverture de sousverse à la pointe du cône.

Pour la laverie Sidi Daoui, les différentes coupures réalisées sont les suivantes :

- Une coupure intermédiaire à 125 μm par deux cyclones en série (CY3 et CY600) ;
- Une coupure basse à 40 μm . au niveau de la batterie d'hydro cyclones(CY280).

Le cyclone ou hydro cyclone, appelé aussi hydro séparateur ou hydro classificateur est un appareil cylindro-conique à axe verticale, composé essentiellement de trois parties :

- La marmite cylindrique ;
- Le corps conique ;
- la buse de sortie.

Tout hydro cyclone est alimenté en pulpe par une cuve qui assure la continuité d'alimentation des hydro cyclones moyennant des pompes. (Annexe 3)

↳ Les cuves

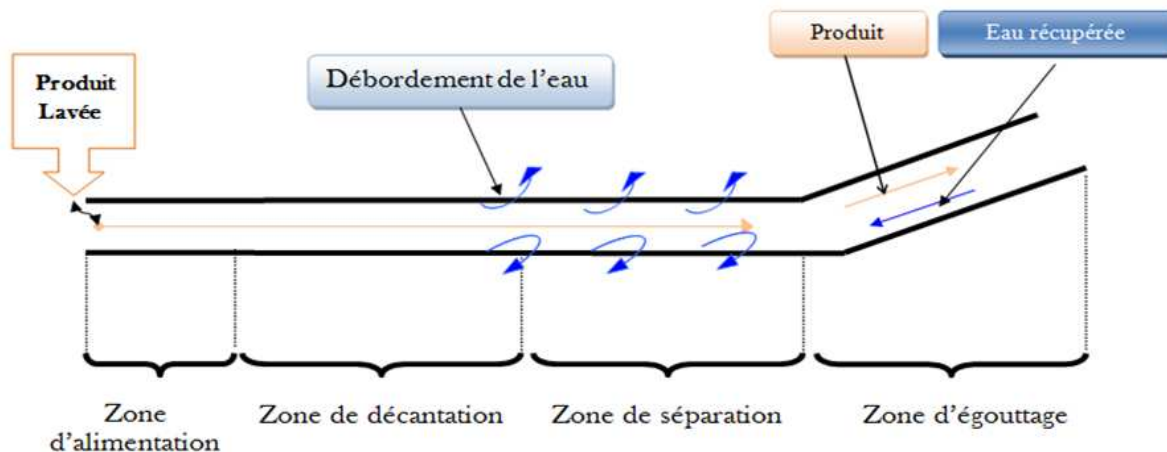
Les cuves ont deux rôles :

♦Rôle primaire : la circulation de la pulpe le long de la chaîne est assurée par l'action des pompes, chaque pompe est précédée d'une cuve pour qu'elle soit tous les temps en charge.

♦Rôle secondaire : elles séparent les particules fines et grosses par décantation sous l'effet des forces de gravité.

III.3.4. L'égouttage :

Après l'hydro classification, la tranche du phosphate lavé sortant doit être drainée pour récupérer le maximum d'eau avant son stockage, pour se faire on utilise des convoyeurs séparateurs FL à bande de 1400 mm, composées d'une partie horizontale et d'une autre inclinée par 15°. Le produit noble est envoyé sous forme d'un gâteau égoutté ayant une humidité de 23% à 25% au niveau de la partie inclinée du convoyeur. L'eau est éliminée par débordement dans la zone de séparation. (Figure6)



▪ **Figure 6: Principe d'un convoyeur séparateur solide-liquide.**

III.4. Procédé de broyage :

Le broyage est une opération qui consiste à réduire les dimensions des grains pour libérer les constituants minéralogiques. Elle déduit le minerai jusqu'à la maille de libération.

Comme le traitement par flottation nécessite une granulométrie inférieure à 180 μ m, l'installation d'une unité de broyage s'avère nécessaire lorsqu'il s'agit des cas de traitement des qualités de faible teneur TBT. En effet une classification de 400 μ m se fait au niveau de l'hydro-ciser. La souverse de tranche comprise entre 400 μ m et 2500 μ m constitue l'alimentation de l'unité de broyage. Cette dernière subit tout d'abord un épaissement au niveau de l'hydrocyclone BH3 afin d'augmenter sa densité puis elle passe à alimenter deux chaînes identiques à partir d'un Bac à pulpe dans lequel on règle sa dilution par l'ajout de l'eau.

Le produit dilué alimente l'hydrocyclone TKF qui réalise une classification d'une coupure de 180 μ m. Sa surverse est envoyée vers unité de flottation et sa sousverse est recyclée pour alimenter le broyeur en formant un circuit fermé et le broyeur de son tour alimente le bac à pulpe. Cette méthode améliore la broyabilité en évitant le surbroyage gênant aussi la flottation et en économisant de l'énergie.

III.5. Procédé de flottation :



La flottation est un procédé de séparation de solides relativement récent basé sur Les différences de propriétés des interfaces entre les solides, une solution aqueuse et les gaz (air). L'implantation de l'unité industrielle de flottation à la laverie de Sidi Daoui a pour but d'enrichir les tranches fines de phosphates (40-125 μ m) provenant de la laverie.

Elle consiste à flotter les carbonates (calcite: CaCO_3) et les silicates (SiO_2) et récupérer les phosphates avec les non flottants.

Le phosphate est déprimé par l'ajout de l'acide phosphorique. Les carbonates et les silicates sont collectés par l'ajout de l'ester et de l'amine.

❖ Préparation de la pulpe :

La pulpe à traiter est constituée de la tranche (40-125 μ m) issue de lavage qui va subir une préparation mécanique :

- Premier Deschlammage: Elimination de la tranche inférieure à 40 μ m par hydro cyclonage qui est envoyé vers le décanteur;
- Attrition: Libération des exo gangues argilo-calcaire par friction en pulpe épaisse;
- Deuxième Deschlammage: Elimination par hydro cyclonages de la gangue libérée lors de l'attrition.

❖ Conditionnement :

Le conditionnement de la pulpe, ainsi préparée consiste à :

- Déprimer l'apatite par l'ajout d'acide phosphorique H_3PO_4 ;
- Collecter les carbonates par l'ajout d'ester ;
- Collecter les silicates par l'ajout d'amine.

De ce fait, les carbonates et les silicates devenus hydrophobes, présentent ainsi une grande affinité pour l'air que pour l'eau.

❖ Flottation inverse :

La pulpe conditionnée précédemment est introduite dans des cellules de flottation alimentées par le réactif (amine), les carbonates et les silicates vont se fixer sur ces bulles d'air et l'ensemble est flotté à la surface de la cellule. La mousse (bulles d'air, silicates, carbonates) qui est le flotté est suffisamment arrosée pour permettre un abattage efficace avant d'être évacuée vers le décanteur. Par contre, le concentré de flottation (non flotté) sera le produit noble qui est épaissi avant de rejoindre les convoyeurs séparateurs, et par suite le stock lavé.



Remarque : les réactifs qui s'ajoutent doivent tout d'abord subir une préparation pour ramener leurs concentrations massiques à la valeur voulue pour chaque réactif.

III.6. Procédé de décantation :

III.6.1. Définition et but de décantation :

La décantation est une opération unitaire, parmi les techniques de séparation liquide-solide basées sur le phénomène de sédimentation, qui consiste à séparer d'un liquide les particules en suspension en utilisant les forces gravitaires. Elle a pour but principal la récupération d'une quantité d'eau claire à partir d'une suspension diluée. Il est à signaler que la décantation est précédée par un procédé de floculation.

III.6.2. Définition d'un décanteur :

Le décanteur est un appareil principalement utilisé dans l'industrie chimique et dans le traitement des minerais, son action principale consiste à épaissir les rejets des opérations d'enrichissement, c'est à dire la tranche inférieure à 40 μm qui provient soit du lavage soit de la flottation, pour récupérer des eaux clarifiées dans un bassin avant leur recyclage vers les chaînes de lavage, et pour épaissir les boues afin d'assurer leur épandage dans les digues situées à environ 1 km de la laverie. Le décanteur comporte les éléments suivants :

- ♦ Une cuve cylindrique à fond conique avec une goulotte périphérique pour recueillir la surverse qui est évacuée par débordement et un dôme central ménagé à sa base pour évacuer les sédiments.
- ♦ Une chambre d'alimentation consistant en un cylindre recevant la pulpe à traiter. Elle peut être pourvue de dispositifs pluriels servant à la floculation.
- ♦ Un mécanisme de raclage dont le rôle est d'entraîner les boues décantées, par un mouvement de rotation lente des râeaux, vers le centre du décanteur pour qu'elles soient aspirées par les pompes de soutirages vers les digues d'épandage. Le débordement des décanteurs va vers le bassin 51 «bassin de récupération des eaux claires ». (Annexe 5)



I. Présentation du sujet :

La décantation est une opération de séparation mécanique, par différence de gravité de phase non miscibles dont l'une au moins est liquide. On peut séparer deux phases liquides ou une phase solide en suspension dans une phase liquide.

Autrement dit, la décantation est une opération unitaire, parmi les techniques de séparations liquides solides basées sur le phénomène de sédimentation, qui consiste à séparer d'un liquide les particules en suspension en utilisant les forces gravitaires. Les procédés mis en œuvre diffèrent selon que l'on cherche seulement à augmenter la concentration des solides (épaississement) ou que l'on vise à obtenir un liquide clair à partir d'une suspension diluée (clarification).



Dans le cadre du traitement de déchet, elle est utile afin de séparer les divers phases en vue d'un traitement spécifique, par exemple, des boues humides ainsi traitées donneront une phase liquide et des boues sèches qui iront chacune sur une chaîne de traitement particulières (épuration pour la phase aqueuse et valorisation des boues).

A la laverie Sidi Daoui, le traitement du minerai du phosphate par lavage et flottation consomme une grande quantité en eau pour pallier ce problème et éviter une consommation abusive, l'importance est de plus en plus donnée au recyclage des eaux comme ressources intéressante. L'installation donc d'un grand bassin appelé décanteur revêt une grande importance pour la clarification des rejets fins en utilisant un flocculant qui se prépare dans une station de floculation.

Et pour avoir un fonctionnement nominal du décanteur on cherche à l'évaluation de la dose optimale en flocculant utilisé après une étude critique sur la station de floculation.

II. Etude bibliographique :

II.1. Présentation générale :

Lorsque la décantation naturelle des matières en suspension dans l'eau est trop lente pour obtenir une décantation efficace, on utilise les processus de coagulation et de la floculation. Une partie importante de ces solides non décantables peut être colloïdale. La surface des particules est chargée négativement, ce qui leur permet de se repousser les unes des autres et les empêche de former des masses plus larges, appelées des floccs. Elles ne peuvent donc pas décanter. La coagulation est la déstabilisation de ces colloïdes par la neutralisation des forces qui les tiennent séparées par addition d'un réactif chimique, le coagulant. Elle s'accomplit en général par



l'adjonction de coagulants chimiques et par un apport d'énergie nécessaire. La floculation est l'agglomération de ces particules " déchargées " en micro flocs, puis en flocons volumineux et décantables, le floc. Cette floculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif : le floculant ou adjuvant de floculation.

II.2 Les suspensions colloïdales :

Les espèces colloïdales qu'on rencontre dans une eau brute ou une eau résiduaire comprennent de l'argile, de la silice, du fer et autres métaux lourds et des solides organiques tels que des débris d'organismes morts. Elles ont une taille inférieure à 1 micron, donc leur vitesse de décantation est très faible. (Tableau 2)

Diamètre du colloïde en mm	Temps de décantation pour 1 m d'eau à 20°C
10^{-4}	2 ans
10^{-5}	20 ans
10^{-6}	200 ans

▪ **Tableau n° 2 : Temps de décantation des colloïdes en fonction de leurs diamètres.**

Les colloïdes sont donc des particules impossibles à décanter naturellement. On peut utiliser une coagulation pour former des masses plus grosses qui décante plus rapidement. En effet, lorsqu'une installation de traitement dispose d'un temps insuffisant de clarification pour éliminer les matières en suspension, la coagulation et la floculation permettent de dépasser les capacités de l'installation prévue au projet.

II.3. Stabilité des suspensions colloïdales :

Les colloïdes sont soumis à deux grands types de forces :

- Force d'attraction de Van der Waals liée à la structure et à la forme des colloïdes ainsi qu'à la nature du milieu (énergie correspondante : E_A)
- Force de répulsion électrostatique liée aux charges superficielles des colloïdes (énergie correspondante : E_B).

L'énergie totale des colloïdes: $E = E_A + E_B$



Pour déstabiliser la suspension, il faut franchir la barrière énergétique E_s , c'est-à-dire diminuer les forces de répulsion électrostatique. C'est le rôle de la floculation.

II.4. La station de floculation :

A- La floculation :

La floculation est une étape importante dans le processus de clarification de l'eau, qui consiste en deux phénomènes de transport successifs :

- La floculation pério cinétique qui n'intervient que sur les particules colloïdales, elle favorise la formation des micros floes.
- La floculation ortho cinétique qui permet d'obtenir le floc volumineux séparable.

La vitesse d'agitation agit sur la probabilité de rencontre des particules. Mais, il n'est pas possible de l'augmenter exagérément. En effet, si elle est trop élevée, les floes formés subissent un cisaillement mécanique entraînant leur destruction et ils se reforment rarement eux-mêmes. La floculation est donc favorisée par une vitesse d'agitation assez faible qui amène doucement les floes à se réunir.

B -Les floeulants :

Le floc qui se forme par l'agglomération de plusieurs colloïdes peut ne pas être suffisamment large pour décanter ou pour se déshydrater à la vitesse souhaitée. L'utilisation d'un floeulant est alors nécessaire. Il rassemble toutes les particules de floc dans un filet, construisant un pont d'une surface à l'autre et liant chaque particule pour former de vastes agglomérats.

On peut classer les floeulants, en trois familles :

- ❖ Les électrolytes : qui agissent par neutralisation des charges de répulsion qui existent entre les particules.
- ❖ Les coagulants : qui précipitent dans la suspension à un pH déterminé qui emprisonnent les particules fines.
- ❖ Les polymères : qui possèdent un grand nombre de sites actifs anioniques ou cationiques le long de la chaîne afin de constituer des liaisons entre plusieurs particules.

On utilise, en général, dans l'industrie :

- Des polymères minéraux tels que la silice (SiO_2), généralement associée au sulfate d'aluminium en eau froide,



- Des polymères naturels extraits de substances animales ou végétales : amidons, alginates (obtenus à partir d'algues marines),
- Des polymères de synthèse apparus plus récemment qui ont fait évoluer considérablement les performances de la floculation. Ils conduisent souvent à un volume de boue très inférieur.

Remarque :

Dans la station de floculation de la Laverie Sidi Daoui on utilise des polymères.

I. Présentation de l'unité de floculation :

La station de floculation joue un rôle très important dans le recyclage des eaux usées, il a pour but d'augmenter la vitesse de décantation des boues argileuses et donc de clarifier l'eau recyclée.

Cet agglomérat de particules appelé floc dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanter. Le floculant ajouté est généralement un polymère, qu'il soit organique ou naturel, qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes. La consommation en floculant se base sur le respect de cinq étapes :

- Bon dosage et une bonne dissolution ;
- Un temps de conditionnement ou maturation d'environ 60 mn ;
- Une préparation et un stockage d'une solution mère (floculant) très concentrée ;
- Une bonne injection.



II. Description de la station de floculation :

Cette station permet de préparer le polymère en continu d'une manière automatique des solutions liquide à partir de polymère en poudre.

Elle est constituée de :

- ❖ une cuve à trois compartiments de :
 - Préparation
 - Maturation
 - Stockage
- ❖ Une rampe d'arrivée d'eau
- ❖ Un système de mouillage de la poudre par rideau d'eau
- ❖ Une armoire électrique de commande qui pilote :
 - Un doseur de poudre avec trémie
 - Une électrovanne d'arrivée d'eau et délivre des alarmes (voyants) entre sorties par contacts secs.
 - Des détecteurs de niveau
 - Piquage de soutirage
 - Trois agitateurs
- ❖ Deux pompes ;
- ❖ Un débitmètre.

II.1 Principe de son fonctionnement :

Les floculants sont des polymères organiques synthétiques macromoléculaires, solubles dans l'eau ; ils se présentent généralement sous forme de poudre. Ils se différencient les uns des autres par leur masse molaire.

Le floculant est préparé à froid dans une station de floculation qui comporte 3 bassins dont deux équipés d'un agitateur comme illustré dans la figure 7.

❖ Bassin 1 : Où se fait la préparation de la solution diluée à 5 g/l. Le floculant s'ajoute à l'aide d'un extracteur doseur à vis d'Archimède pour la nouvelle installation, tandis qu'il s'ajoute pour l'ancienne installation à l'aide d'un extracteur où on fixe le nombre de tours par seconde à l'aide du potentiomètre extracteur (max : 20s) selon le besoin en floculant.



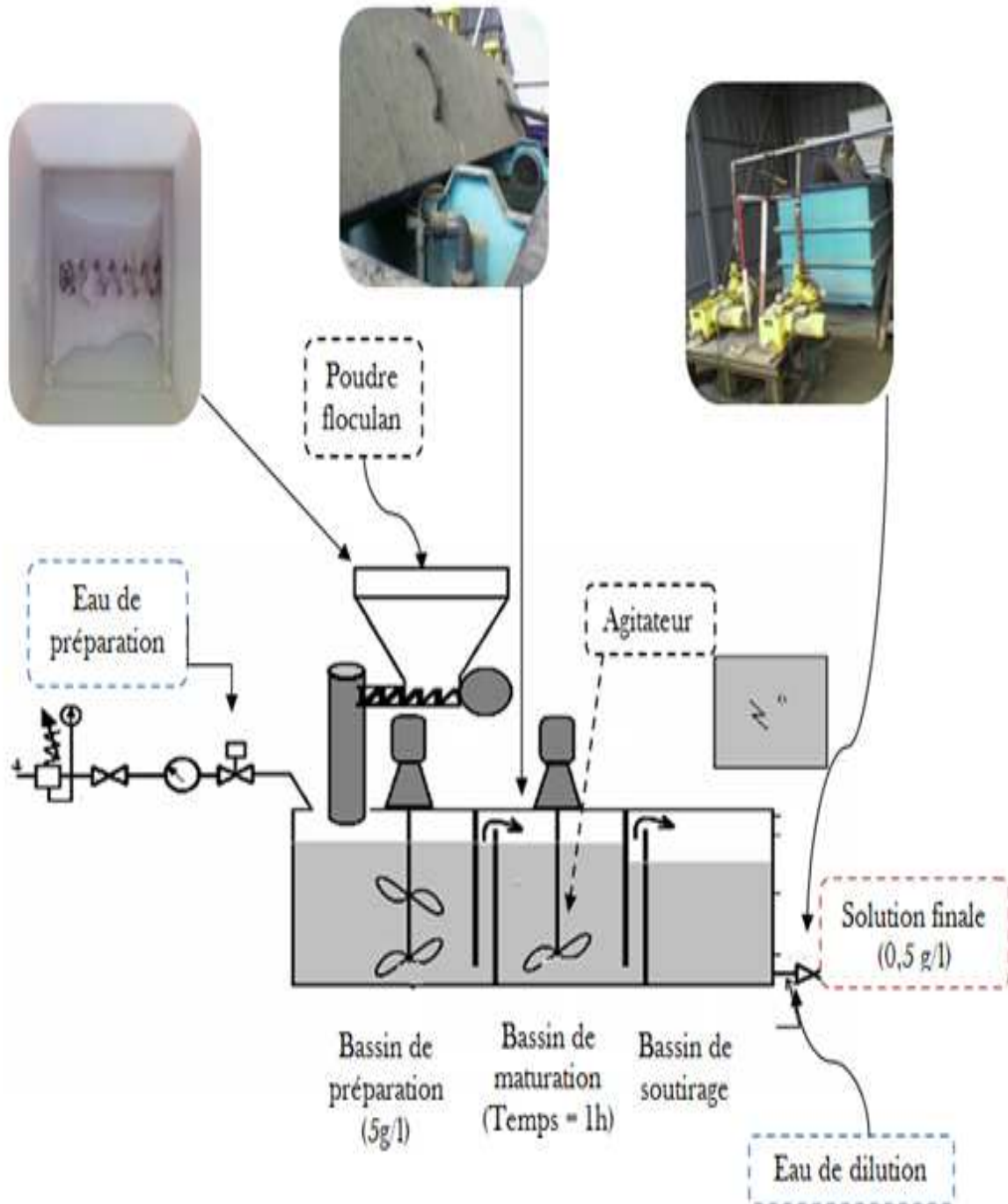
L'ajout de l'eau s'effectue à l'aide d'une électrovanne ou une vanne pneumatique. La proportion du mélange eau/poudre peut être réglée parfaitement; ensuite la solution est versée dans le 2^{ème} bassin.

❖ Bassin 2 : Assure la maturation, avec un temps de séjour d'une heure qui rend la solution sous l'effet de l'agitation plus homogène on veille à régler cette durée à l'aide d'un potentiomètre (max : 300s). Cette phase préalable à la décantation consiste à favoriser l'agglomération des matières déstabilisées ou précipitées sous l'influence d'une agitation lente. On cherche à favoriser le contact entre les particules pour permettre leur agglomération, sans non plus briser les agglomérats que l'on appelle : floc. Ce floc est assez fragile puisque les interactions qui le maintiennent sont des interactions de Van Der Waals, ensuite la solution passe au troisième bassin.

❖ Bassin 3 : assure le dosage du polymère préparé vers le décanteur, c'est la phase du stockage, il assure un débit constant et protège la pompe. Il est équipé de capteurs de niveau qui lorsque la solution atteint le niveau haut, l'électrovanne s'arrête et lorsqu'elle atteint le niveau bas, l'électrovanne s'ouvre et un nouveau cycle commence.

Lorsque la solution atteint le niveau haut, le cycle s'arrête. On obtient une solution mère de qualité constante grâce à :

- Un nouveau système de mouillage de poudre ;
- Un agitateur à double hélice réglable dans le compartiment de préparation et simple hélice dans celui de maturation ;
- Des temps de maturation optimisés ;
- Une solution mère très concentrée de 5g/l qui peut être diluée à une solution de 0.5g/l à l'aide d'une conduite d'eau qui mène vers le décanteur.



▪ **Figure 7 : Schéma de fonctionnement de la station de floculation**

II.2. Les mesures effectuées :

a) Mesure de la concentration :

- ✓ Effectuée par : l'opérateur de décanteur.



- ✓ lieu de prélèvement : les entrées et les sorties.
- ✓ période : chaque heure.
- ✓ mode opératoire :
 - Prendre un échantillon par un petit seau.
 - Remplir une fiole jaugée avec l'eau et peser sa masse M_1 par la balance de précision (fiole + eau).
 - Mélanger la pulpe et remplir la fiole jusqu'au trait de jauge.
 - Peser la masse M_2 (fiole + pulpe).
 - Appliquer la formule: $C_v = (M_2 - M_1).K$ (démontrée dans la partie suivante)

Avec K : coefficient de correction de la boue.

b) Contrôle des hauteurs :

L'opérateur de décanteur effectue cette mesure chaque heure par un manchon en bois (de 0 à 2.5 m) graduée, il doit mesurer exactement la hauteur d'eau claire sans toucher le fond (le lit de la boue).

La boue décante au fond du décanteur est raclée par des bras tournant autour de décanteur équipé des palettes orientées qui dirige cette boue vers le centre du bassin puis l'évacue par la purge vers le canal des bous qui verse dans les digues.

L'injection de la pulpe (boues + eau) et du floculant s'effectue au dôme ; les grosses grains se décantent rapidement vers le fond par contre les fines restent en suspension ; elles sont agglomérées par le floculant formant par la suite des floccs qui se décantent rapidement.

III. Problèmes rencontrés au niveau de l'unité de décantation et les solutions proposées :

Les problèmes détectés au niveau de l'unité de décantation et les solutions proposées sont

cités dans le tableau 3:

LES PROBLEMES	LES SOLUTIONS
---------------	---------------



+problèmes de débouchage dus à la concentration élevée de la sortie	-démarrage de la pompe de soutirage -rinçage
+perturbation du lit due au mauvais soutirage et ou un arrêt une longue durée du décanteur	-alimentation -diminution de l'ouverture de la vanne de purge -augmentation du débit de flocculant
+dégradation des hauteurs de l'eau claire	-vérifier la préparation du flocculant (augmenter la concentration du flocculant ou augmenter le débit du flocculant) -vérifier les sorties du décanteur (purge étranglée ouverture complète de la purge et démarrage de la pompe de soutirage)

- **Tableau n°3: Problèmes rencontrés au niveau de l'unité de décantation et les solutions proposées.**

IV. Calcul du volume d'eau de dilution :

Après l'étude détaillée qu'on a entamée concernant la floculation ; ils nous ont été demandé de faire une étude concernant la consommation nécessaire d'eau pour la dilution de la solution du flocculant.

Les paramètres utilisés dans la démonstration sont :

- C_i : concentration initiale de préparation (5 g/l).
- V_i : volume d'eau de préparation.
- Q_i : débit d'eau de préparation.
- C_f : concentration de dilution.
- V_f : Volume d'eau de sortie.
- Q_f : Débit d'eau de sortie.
- Q' : Débit d'eau de dilution.



Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté se conserve, donc on applique la formule:

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

On divise sur le temps, on obtient : $C_i \times Q_i = C_f \times Q_f$

Avec : $Q_f = Q_i + Q'$

D'où : $C_i \times Q_i = C_f \times (Q_i + Q')$

Donc : $Q' = (C_i - C_f) \times Q_i / C_f$

Application Numérique:

On a : $C_i = 5 \text{ g/l}$ et $C_f = 0.5 \text{ g/l}$

Le tableau 4 indique la quantité d'eau théorique nécessaire pour diluer la solution du floculant selon la quantité d'eau de préparation pendant une heure :

Qi (l/h)	1200	1400	1500	1600	1800	2000
Q' (l/h)	10800	12600	13500	14400	16200	18000

▪ **Tableau n°4 : Volume Optimale d'eau de dilution pendant une heure.**

Interprétation des résultats :

D'après le tableau ci-dessus, on constate dans le cas réel avec un débit d'eau de préparation du floculant de 1500 l/h (c'est une valeur normale qui dépend du dosage du floculant.) ; on consomme de 20 jusqu'au 30 m³/h .Alors que, théoriquement avec le même débit d'eau de préparation « 1500 l/h » on va consommer seulement 13 ,5 m³/h.

L'objectif de ce chapitre est de faire un certain nombre d'essais de sédimentation dans le laboratoire de contrôle du secteur décanteurs afin de cerner tous les facteurs influant sur la vitesse de décantation pour enfin minimiser la consommation du floculant destiné à faire ce rôle.

I. Essais de sédimentation :

I.1. Matériel utilisées :

- ✓ 3 éprouvettes graduées dont la capacité est d'un litre pour mesurer la hauteur de sédimentation des boues ;



- ✓ Chronomètre ;
- ✓ Une solution aqueuse de flocculant de concentration 0,2 et 0,4 g/l ;
- ✓ Un Balance de précision ;
- ✓ Une Fiole jaugée de 0,5 l pour mesurer la concentration des échantillons de boues ;
- ✓ 2 seaux de 15 litres pour préparer les échantillons des boues.

I.2. Mode Opérateur :

Pour réaliser un essai de sédimentation il suffit de suivre les étapes suivantes :

- Prendre un échantillon représentatif ;
- Mettre un litre de cet échantillon dans une éprouvette d'un litre ;
- Remplir la pipette de flocculant préalablement préparer pour l'injecter dans l'éprouvette ;
- Faire un bouchon avec la pomme de sa main au niveau de l'ouverture de l'éprouvette et agiter au moins cinq agitations ;
- Poser l'éprouvette sur une surface horizontale et chronométrer la sédimentation de la suspension existons dans l'échantillon.

I.3. Mesure de la concentration :

On prend une fiole jaugée remplie de l'eau claire ; on pèse cette fiole et on obtient une masse :

$$M_1 = \text{masse d'eau} + \text{tare}$$

On prend la même fiole remplie de pulpe qu'on pèse et on note la masse :

$$M_2 = \text{masse pulpe} + \text{tare}$$

La concentration volumique s'obtient en appliquant la relation suivante :

$$C_v = (M_2 - M_1) \cdot k$$

Avec :

k : coefficient de correction de la boue qui dépend de la masse volumique du solide, de la masse volumique du liquide et de volume de la pulpe utilisée.

$$M_2 - M_1 = (M_s + M_{\text{eau}}) - (M'_{\text{eau}} + M_{\text{eau}})$$

$$M_2 - M_1 = M_s - M'_{\text{eau}}$$

$$M_2 - M_1 = M_s - \rho_{\text{eau}} V'_{\text{eau}}$$

$$M_2 - M_1 = M_s - \rho_{\text{eau}} V_s$$

$$M_2 - M_1 = M_s - \rho_{\text{eau}} \frac{M_s}{\rho_s}$$



$$M_2 - M_1 = M_s \left(1 - \frac{\rho_{\text{eau}}}{\rho_s}\right)$$

$$M_s = (M_2 - M_1) \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_{\text{eau}}}\right)$$

Avec :

$$C_v = \frac{M_s}{V_p}$$

Donc

$$C_v = (M_2 - M_1) \cdot \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho_{\text{eau}}) \cdot V_p}$$

Application numérique :

$$k = \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho_{\text{eau}}) \cdot V_p} = \frac{2,8}{(2,8 - 1) \cdot 0,5} = 3,1$$

La masse de la fiole jaugée remplie de l'eau claire sera fixée à une valeur égale à 547g.

Donc :

$$C_v = (M_2 - 547) * 3.1$$

☞ Echantillonnage :

Les essais sont faits en discontinu sur des échantillons prélevés à l'entrée de l'unité de
décantation.

Avant d'entamer ces essais, on commence par la détermination de la concentration de l'échantillon prélevé. Pour ce faire, on procède comme suit :

On pèse l'échantillon prélevé dans une fiole jaugée de 500ml, puis on calcule la concentration à l'aide de la formule trouvée précédemment :

$$C_v = (M_2 - 547) * 3.1$$

II. Conditions et résultats expérimentaux des essais :

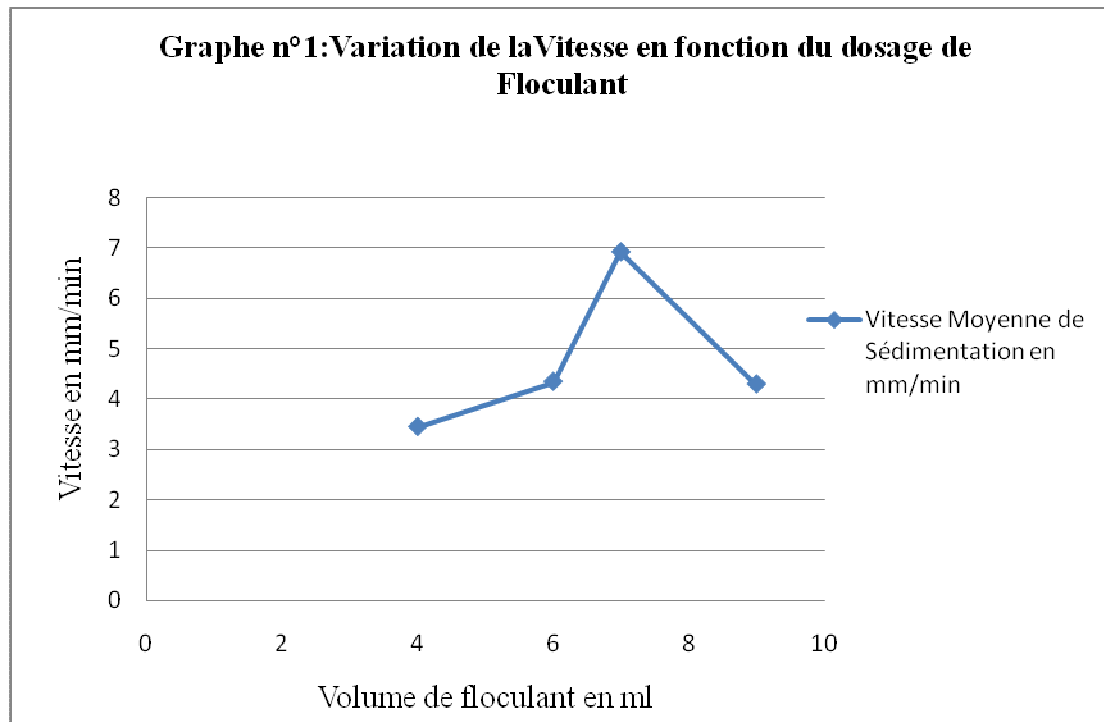
II.1. Etude de L'influence du Volume ajouté sur la vitesse moyenne de Sédimentation :

- Qualité : TBT*C3/SC
- Concentration des Boues=70g/l



La Sédimentation des boues par une Solution de Flocculant de Concentration 0,2g/l				
Volume de flocculant ajouté en Cm ³	4	6	7	9
Vitesse Moyenne de Sédimentation en mm/min	3,45	4,35	6,93	4,30

■ **Tableau n°5 : Variations des vitesses en fonction de dosage en flocculant**



Interprétation :

D'après la courbe ci-dessus, on constate que plus on augmente le volume de flocculant plus la vitesse de sédimentation augmente jusqu'à une certaine valeur ou elle commence à stabiliser avant de chuter. Ce qui nous renseigne qu'il y a un point optimum correspondant à un volume optimum pour avoir une vitesse maximale de sédimentation. Donc il faut toujours ajuster ce point de telle sorte d'avoir un bon fonctionnement qui obéit aux exigences de l'opérateur.



II.2. Etude de L'influence de la Concentration des Boues sur la vitesse de Sédimentation :

- Qualité : BT*C3/SC
- Concentration des Boues=70g/l et 40g/l

On prépare deux échantillons de concentration volumique 70g/l et 40 g/l de boues de la qualité BTC3/SC et on comparant les vitesses moyennes de chaque concentration on utilisant des volumes différentes de flocculant de concentration 0,2g/l.

Résultat de la manipulation :

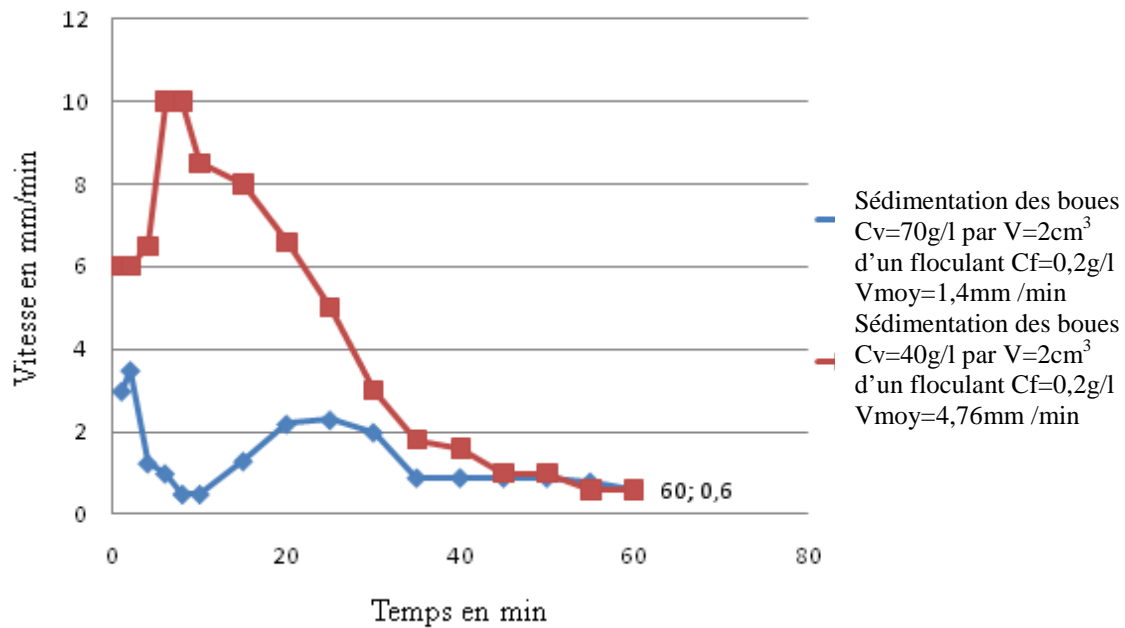
Les résultats de la sédimentation de différentes concentrations sont reportés sur le tableau 6 :

- **Tableau n°6 : Effet de la concentration des boues sur la vitesse de Sédimentation**

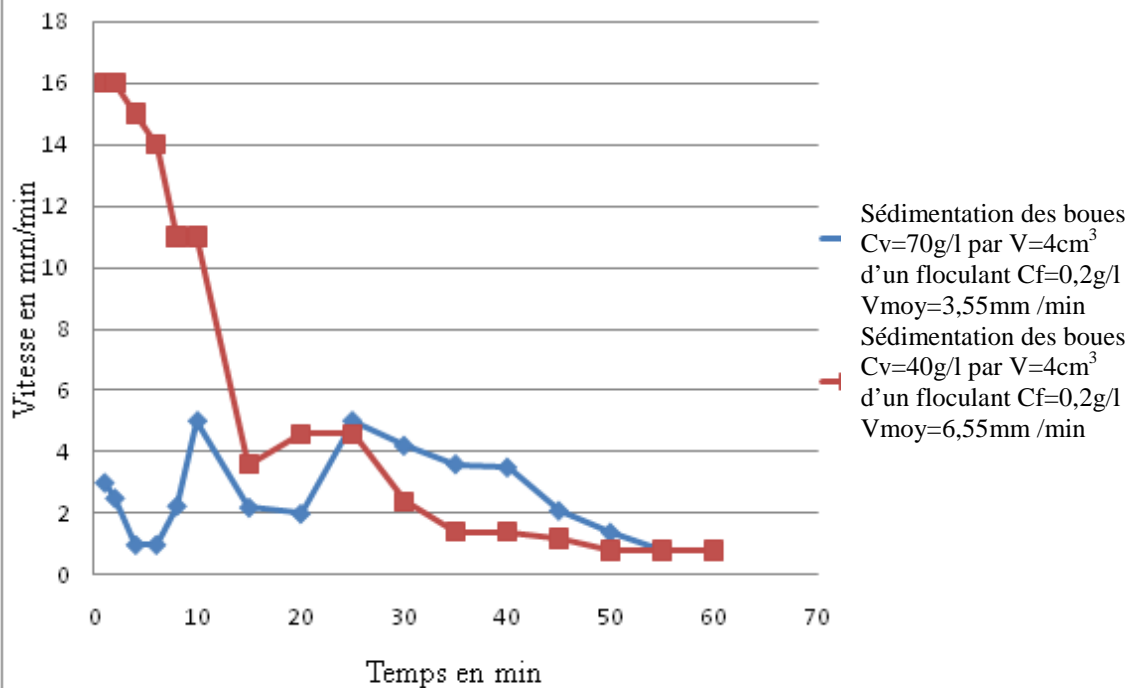
	La Sédimentation des boues de Concentration $C_v=70g/l$ par un Solution de Flocculant de Concentration 0,2g/l			La Sédimentation des boues de Concentration $C_v=40g/l$ par un Solution de Flocculant de Concentration 0,2g/l		
Volume de flocculant ajouté en Cm^3	2	4	6	2	4	6
Vitesse Moyenne de Sédimentation en mm/min	1,4	3,55	3,96	4,76	6,55	6,94

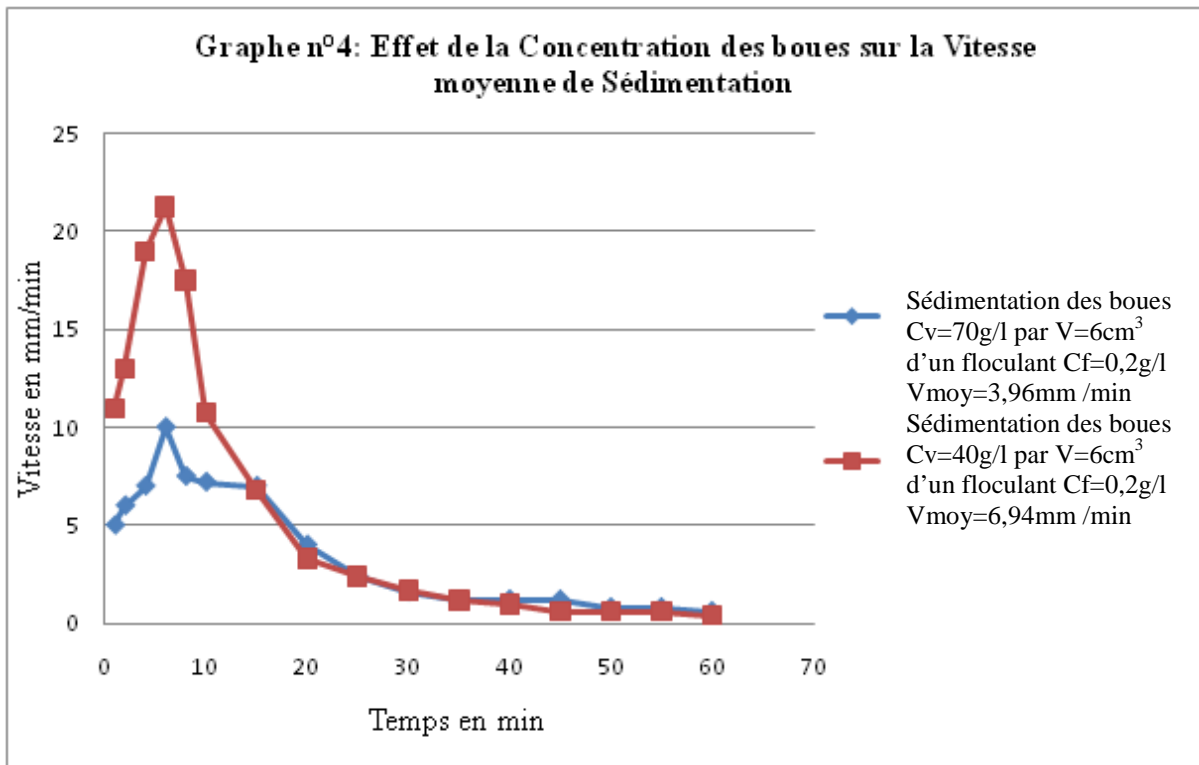


Graphe n°2: Effet de la Concentration des boues sur la Vitesse moyenne de Sédimentation



Graphe n°3: Effet de la Concentration des boues sur la Vitesse moyenne de Sédimentation





Interprétation :

On remarque à partir du graphique précédent (2,3 et 4) que plus la concentration des boues augmente plus la consommation en flocculant augmente aussi

Ceci peut être traduit par l'augmentation du nombre de particules destinées à se décanter dans un même surface de sédimentation qui génère plus de collision entre les particules, d'où le changement de la vitesse de sédimentation.

II.3. Effet de la dilution de Flocculant sur La vitesse moyenne de Sédimentation :

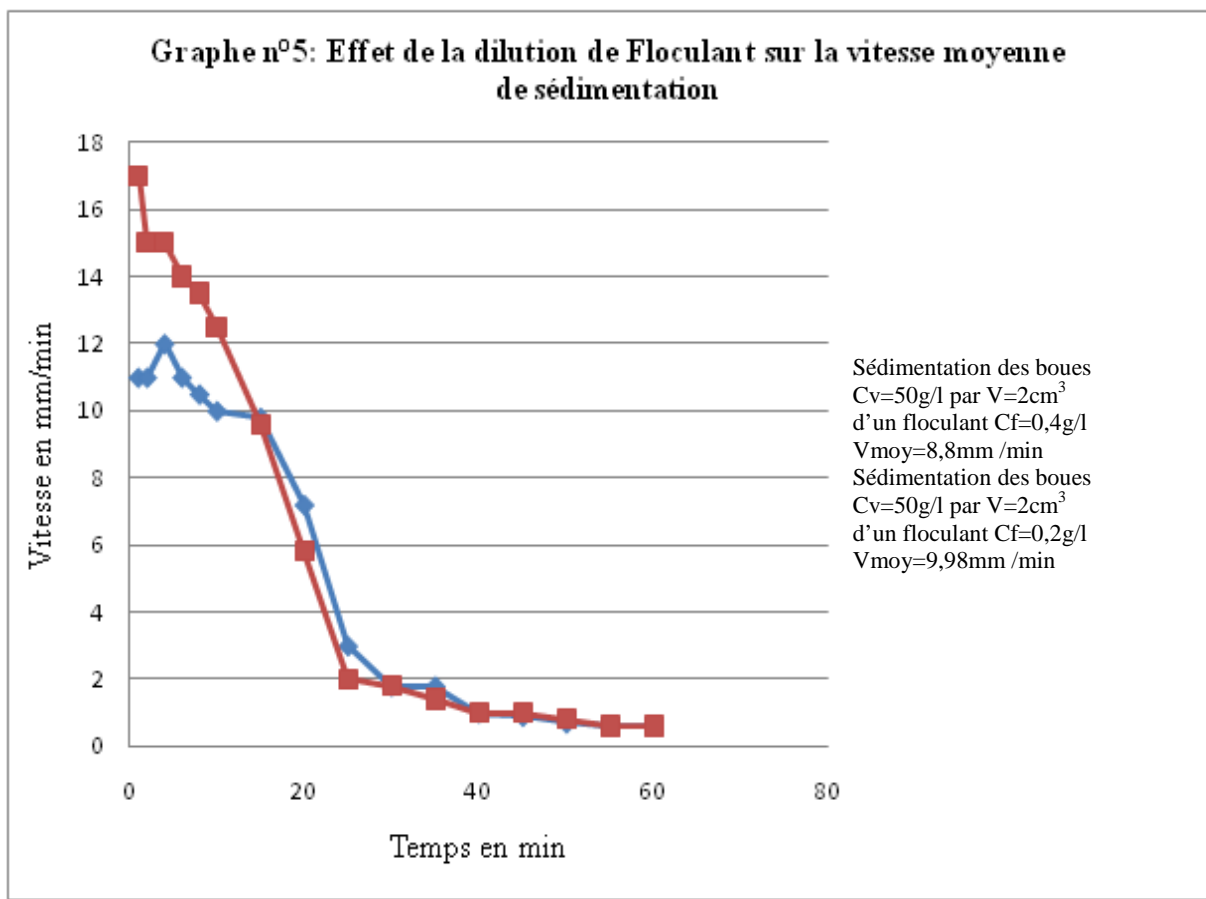
- Qualité : BT*C2A /TS
- concentration des boues : Cv=50g/l
- Concentration en flocculant : 0,2 et 0,4 g/l

Les résultats de la sédimentation de différentes concentrations de Flocculant sont reportés sur le tableau 7 :



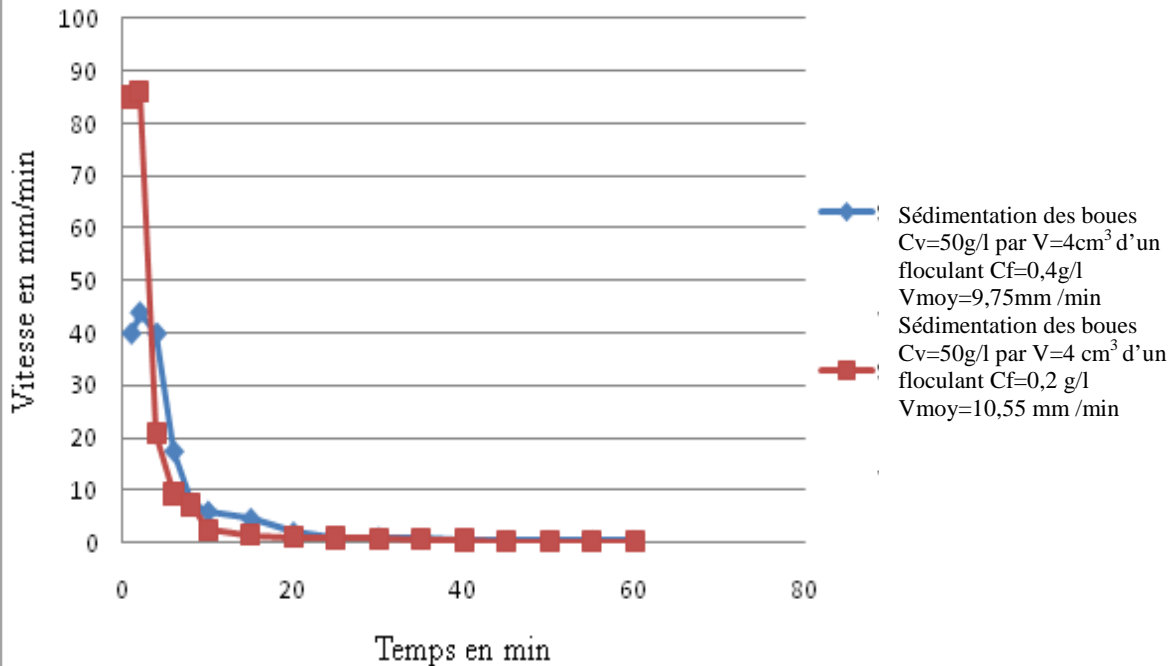
Concentration des boues en (g/l) $C_v=50\text{g/l}$						
Volume du floculant en Cm^3	concentration de floculant $C_f=0,4\text{g/l}$			concentration de floculant $C_f=0,2\text{g/l}$		
	Vitesse Moyenne de Sédimentation en mm/min	2	4	6	2	4
	8,8	9,75	10	9,98	10,55	10,95

▪ **Tableau n°7 :** Effet de la dilution de floculant sur la vitesse de Sédimentation.

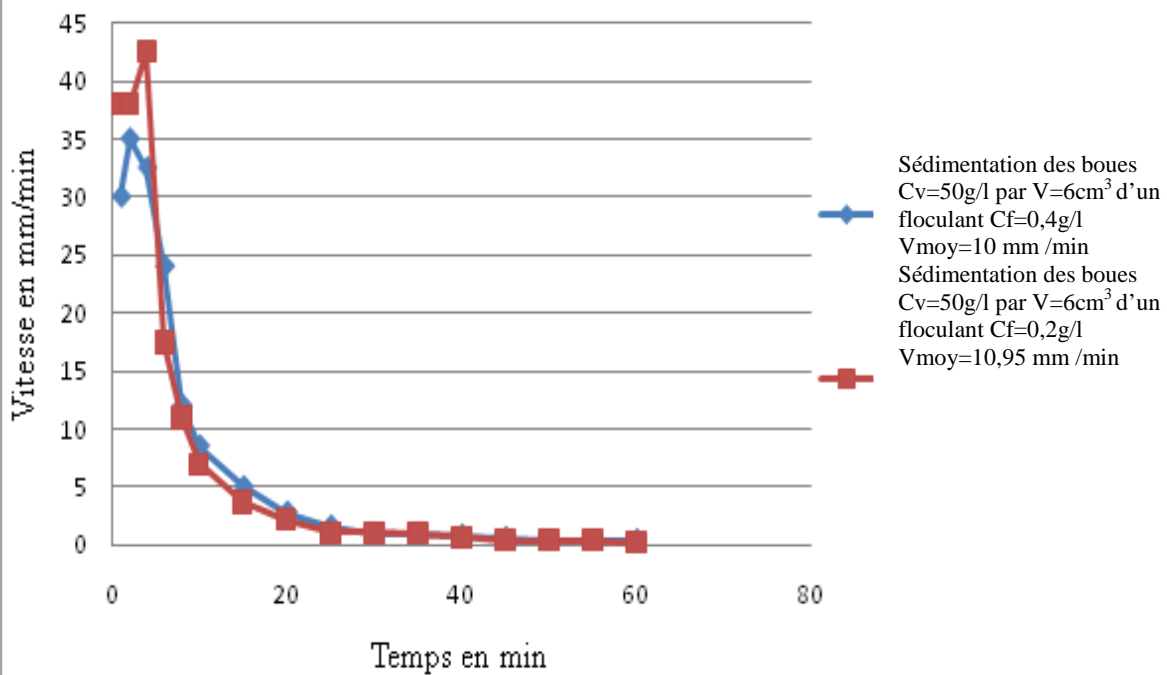




Graph n°6: Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation



Graph n°7: Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation





On confirme les résultats avec une autre qualité :

- Qualité : TBT/TS
- Concentration des boues $C_v=65$ g/l
- Concentration en flocculant 0,4 et 0,2 g/l

Pour cela nous avons suivi les mêmes démarches que la qualité précédente.

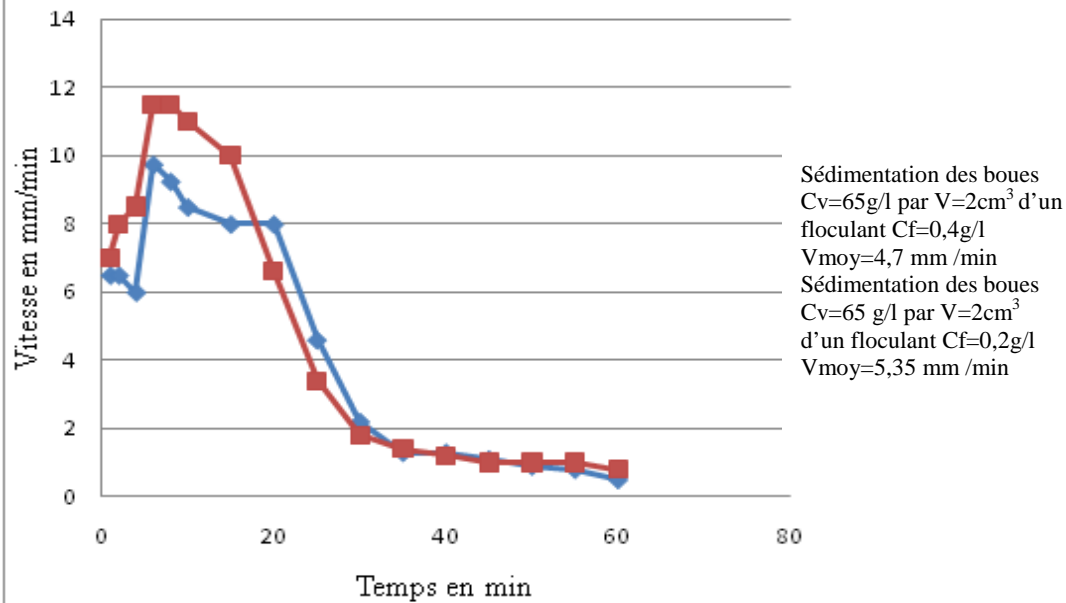
Les résultats de la sédimentation des différentes concentrations sont reportés sur le tableau 8 :

	Concentration des boues en (g/l) $C_v=65$ g/l					
	concentration de flocculant $C_f=0,4$ g/l			concentration de flocculant $C_f=0,2$ g/l		
Volume du flocculant en Cm^3	2	4	6	2	4	6
Vitesse Moyenne de Sédimentation en mm/min	4,7	7,4	8,2	5,35	8,21	8,48

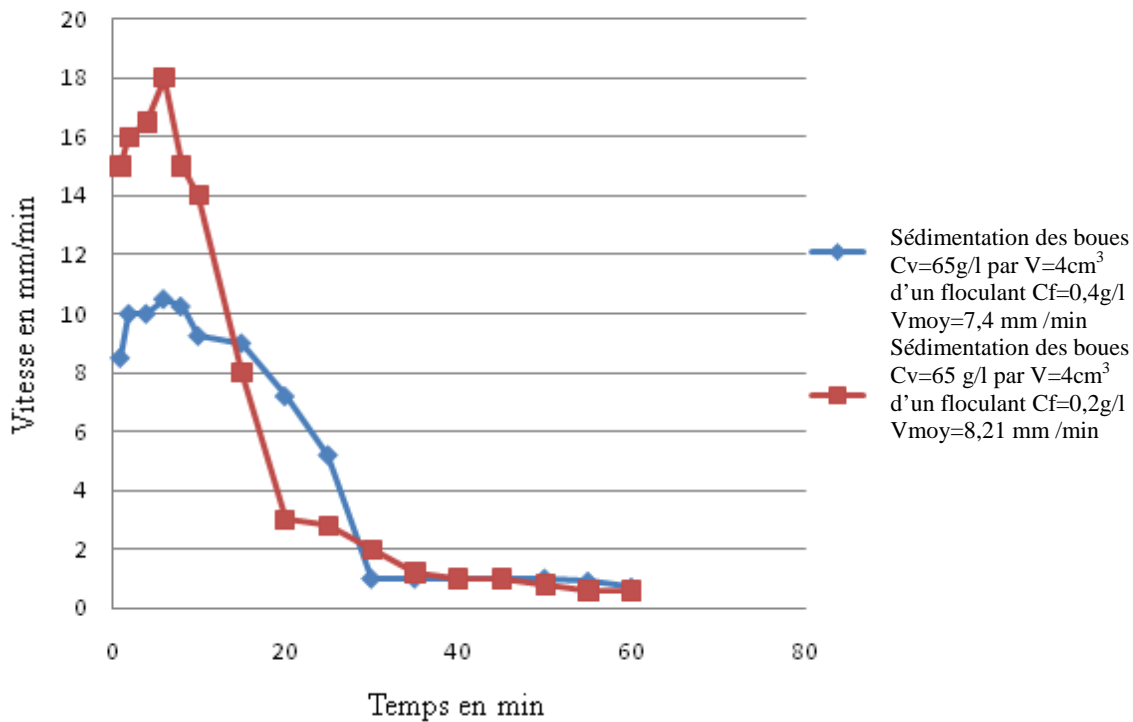
▪ **Tableau n°8** : Effet de la dilution de flocculant sur la vitesse de Sédimentation

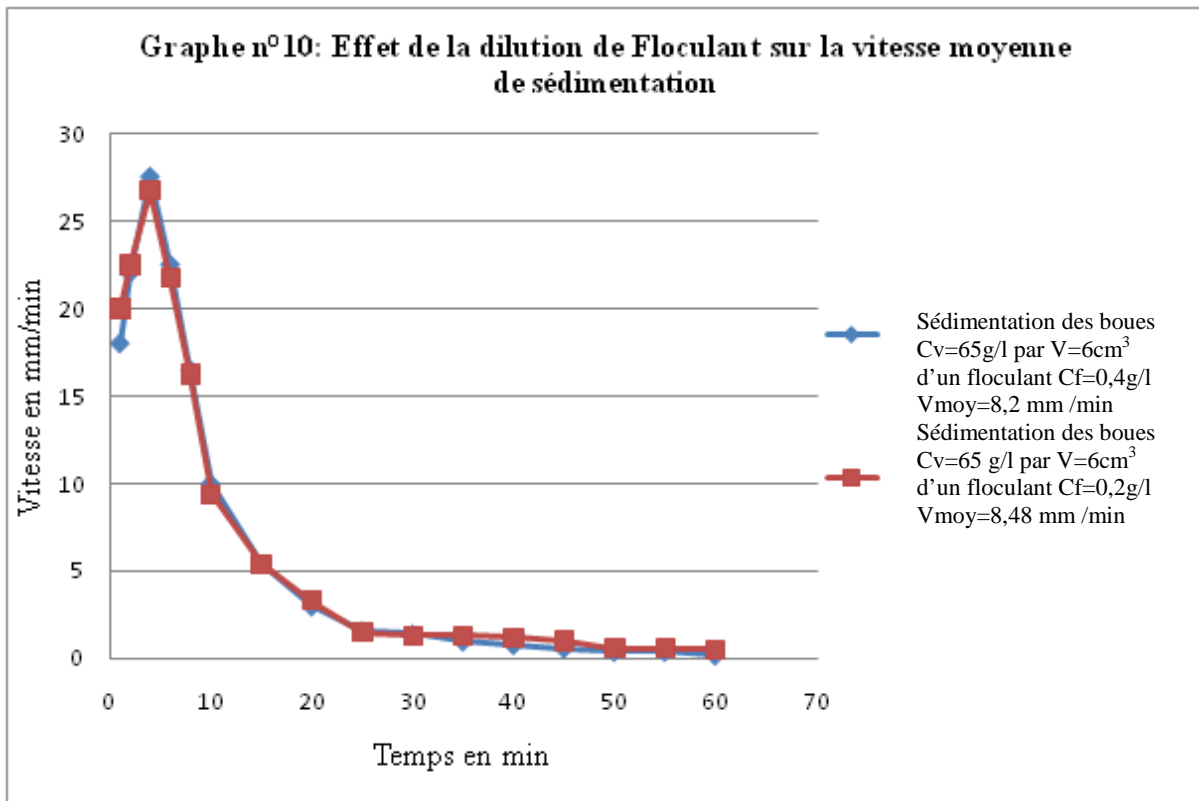


Graphe n°8: Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation



Graphe n°9: Effet de la dilution de Flocculant sur la vitesse moyenne de sédimentation





Interprétation :

On observe que plus on dilue la solution de Flocculant plus ses performances sont plus convaincantes. Ce qui nous pousse à diluer la solution au maximum possible sachant que la station de floculation ne peut atteindre une concentration de flocculant plus basse que 0,2 g/l

Ce phénomène peut être expliqué par le fait d'une meilleur répartition de la solution sur la boue puisqu'on a permis à la même qualité de flocculant de s'étaler sur une population plus large de particules.

II.4. Effet de L'acidité des réactifs utilisés en Flottation sur la vitesse de Sédimentation :

- Qualité : BTN/TS
- Concentration des Boues=55g/l



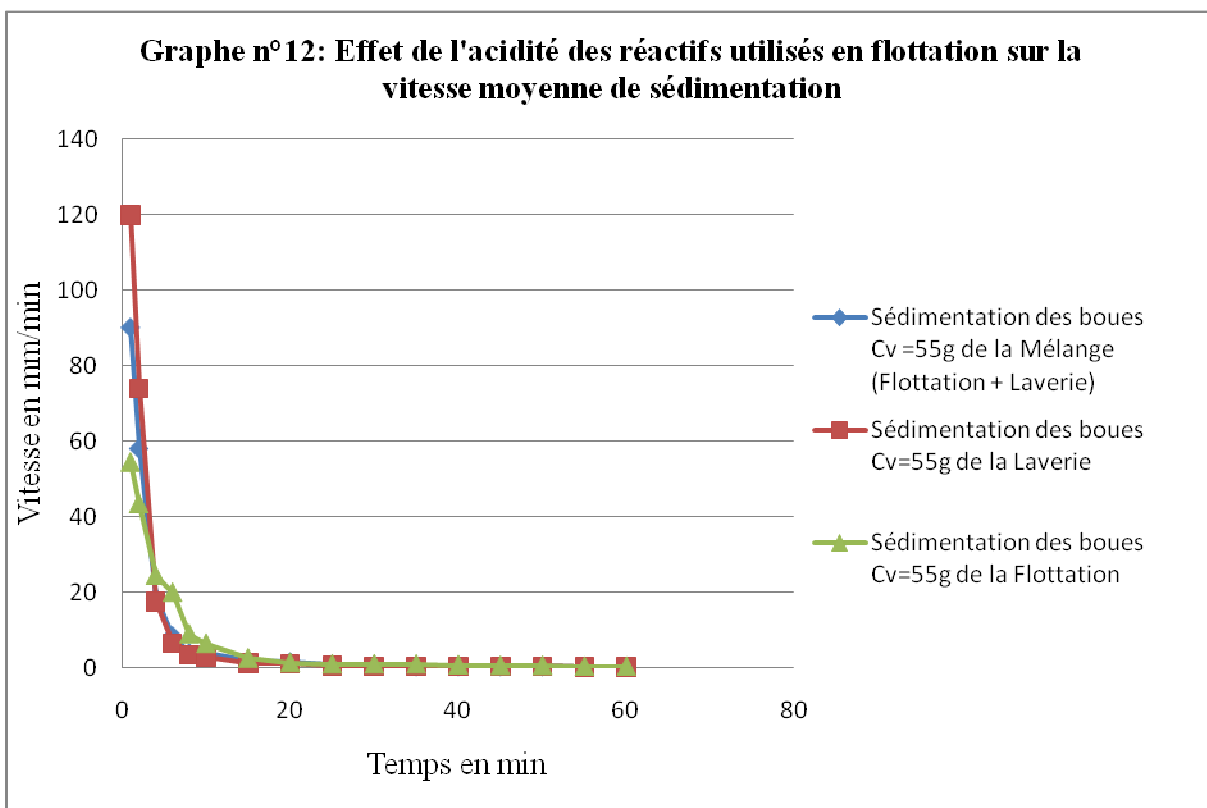
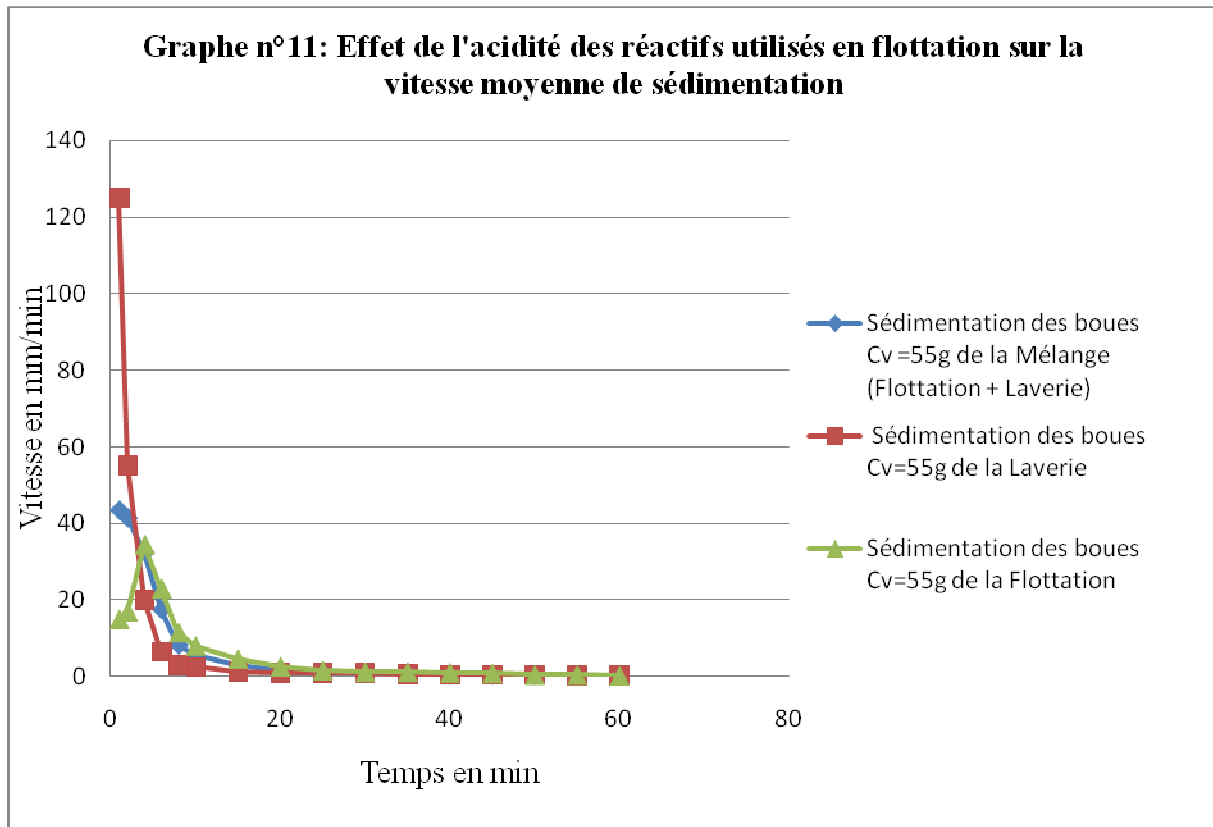
• En séparant les rejets des unités de lavage et de flottation et en comparant les vitesses moyennes du mélange avec celui de chaque unités a part, on pourra savoir s'il y'a une influence de l'acidité des réactifs sur la vitesse de sédimentation, et justement l'objet de ce paragraphe

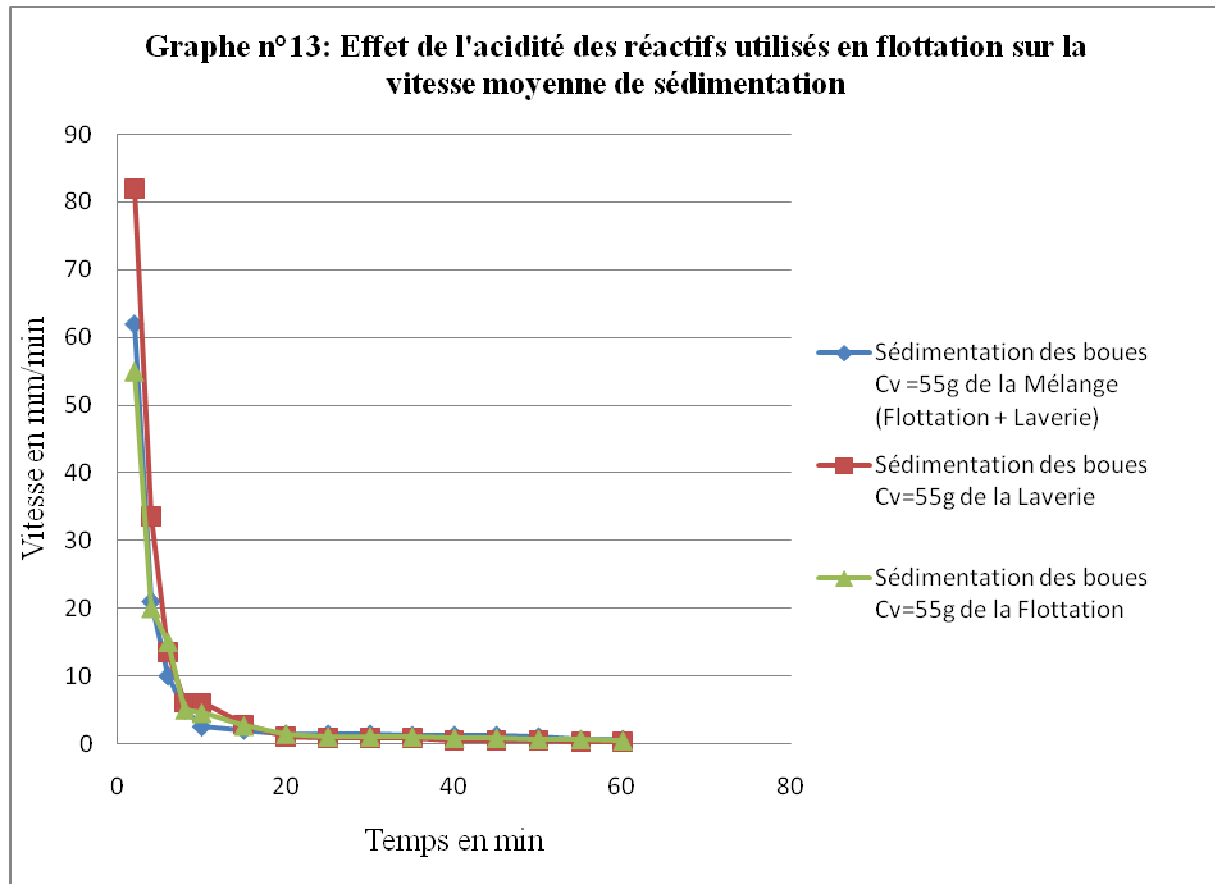
Les résultats de la sédimentation de différentes origines des boues sont reportés dans le

tableau 9 :

- **Tableau n°9 : Effet de L'acidité des réactifs utilisés en Flottation sur la vitesse de Sédimentation :**

La Sédimentation des boues de Concentration $C_v=55g/l$ par une Solution de Flocculant de Concentration $0,2g/l$			
	Entrée décanteur (Laverie+flottation)	La Laverie	flottation
Volume du flocculant en Cm^3	2	2	2
Vitesse en mm/min	9,89	13,65	7,68
Volume du flocculant en Cm^3	4	4	4
Vitesse en mm/min	10,56	14,54	8,25
Volume du flocculant en Cm^3	6	6	6
Vitesse en mm/min	10,56	14,53	8,25





Interprétation et explication :

A partir du graphique (11,12 et 13) on remarque facilement que la vitesse moyenne de sédimentation des rejets neutres de la laverie est largement supérieure celle du mélange qui à son tour dépasse largement la vitesse des rejets de la flottation qui sont les plus acides.

Ceci peut être expliquée par le fait que le plus le pH de la pulpe des boues s'éloigne de la neutralité vers l'acidité plus les performances de sédimentation des grains contenus dans la pulpe diminuent.

III. Détermination de la quantité optimale du flocculant :

La quantité du flocculant à utiliser dans chaque essai est calculée en tenant compte de la concentration volumique du réactif et de la dose optimale injectée en utilisant la relation suivante :

$$Ms = Cv * Vr$$



Avec:

V_r : Le volume de réactif à ajouter dans chaque essai [ml];

M_s : La masse du solide [g];

C_v : La concentration volumique [g/l] ;

D'après les essais effectués au niveau du laboratoire, on a aboutit à déterminer la quantité optimale ajoutée en floculant pour chaque qualité traitée. Les résultats sont résumés dans le tableau 10 :

Qualité	V _r (ml)	M _s (g pour 1 litre)
TBT.SC/BT.TS	2	0,001
BTC3.SC/TBT.TS	4	0,002

▪ **Tableau n°10** : La quantité optimale ajoutée en floculant pour chaque qualité traitée

L'étude des prélèvements du moi de Avril au niveau des décanteurs nous a permis de déterminer la consommation journalière du floculant utilisé pour chaque qualité traitée. Les données sont présentées dans les tableaux 11,12 et 13 :

Poste1 :

Qualité	TBT.TS	TBT.SC	BTC3.SC	BT.TS
Volume entrée (m ³ /poste)	21240	29980	25770	μ31660
C _v (g/l)	100	73	84	64
Total des boues sèches entrées (g/poste)	2124	2188,54	216468	2026,24
Quantité totale du floculant	43	52	62	25
Q _v entrée (m ³ /h)	2655	3747,5	3221,25	3957,5

▪ **Tableau n°11** : La consommation journalière du floculant utilisé pour chaque qualité traitée (poste 1)



Poste2 :

Qualité	TBT.TS	TBT.SC	BTC3.SC	BT.TS
Volume entrée (m ³ /poste)	26460	37670	29620	21860
Cv (g/l)	118	96	68	57
Total des boues sèches entrées (g/poste)	3122,28	3616,32	2014,16	1246,02
Quantité totale du floculant	56	43	58	52
Qv entrée (m ³ /h)	3307,5	4708,75	3702,5	2732,5

- **Tableau n°12 :** La consommation journalière du floculant utilisé pour chaque qualité traitée (poste 2)

Poste3 :

Qualité	TBT.TS	TBT.SC	BTC3.SC	BT.TS
Volume entrée (m ³ /poste)	27965	31500	36400	34300
Cv (g/l)	94,5	86	92	94,5
Total des boues sèches entrées (g/poste)	2642,6925	2709	3348,8	2642,6925
Quantité totale du floculant	55	47	64	29
Qv entrée (m ³ /h)	3495,625	3937,5	4550	4287,5

- **Tableau n°13 :** La consommation journalière du floculant utilisé pour chaque qualité traitée (poste 3)



Après la détermination de la quantité optimale en floculant pour chaque qualité, le tableau 14 rassemble les résultats des calculs effectués de la quantité utilisée en floculant ainsi que celle optimale pour les débits entrés.

Qualité	TBT.TS	TBT.SC	BTC3.SC	BT.TS
Volume traité/jour (m ³)	75665	99150	91790	87820
Quantité utilisée de floculant /jour (Kg)	154	142	184	106
Quantité optimale de floculant/jour (Kg)	151,33	99,15	183,58	87,82

- **Tableau n°14** : La quantité utilisée en floculant ainsi que celle optimale pour les débits entrés

Interprétation des résultats :

Les calculs effectués montrent clairement que la consommation du floculant demeure excessive, à titre d'exemple : pour le traitement d'un débit de 99150 m³/jour de la qualité **TBT.SC**, on utilise actuellement **142kg** du floculant en une journée, tandis qu'on a besoin seulement de **99,15 kg/jour** du floculant pour le traitement de la même charge si on travaille avec la quantité optimale trouvée précédemment qui est de **0,001g** pour un volume d'un litre traité. Donc, la quantité du floculant économisé sera d'une valeur de **42,85kg/jour**.



CONCLUSION

Dans le but d'établir une complémentarité entre les connaissances de base théoriques et la pratique acquis durant nos études supérieures, la faculté des sciences et techniques de Fès organise des stages de formation au profit des stagiaires dans des différents secteurs de travail.

Mon stage de fin d'études est effectué au groupe chérifien du phosphate (OCP) à Khouribga, m'a permis d'approfondir mes connaissances théoriques acquises en master génie des procédés et des matériaux. Durant cette période j'ai pu enrichir mes idées sur les phosphates et leur exploitation et aussi avoir une idée sur le traitement des problèmes que l'on peut rencontrer le long de la chaîne production.

Ainsi, l'utilisation des flocculants est alors nécessaire pour augmenter la vitesse de sédimentation des boues et afin de récupérer un maximum de l'eau claire pendant un intervalle de temps plus court. Le choix du flocculant et la détermination de la quantité à utiliser dans une station de floculation est très difficile. En effet, plusieurs facteurs influencent sur la vitesse de sédimentation des boues donc sur la quantité du flocculant à utiliser. A savoir la concentration des boues, la concentration du flocculant utilisé, la qualité du phosphate, et le débit alimentant le décanteur.

Bibliographie



-
- Document interne de la laverie Sidi Daoui.
 - Cahier des procédés « Groupe OCP ».
 - Eaux de distribution clarification par Hugues GODART « Ingénieur civil des Mines, Ingénieur en chef à la Générale des Eaux ».
 - www.technique-d'ingenieur
 - www.ocpgroupe.ma