

# UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES Département de chimie



**Licence Sciences et Techniques (LST)** 



# PROJET DE FIN D'ETUDES

# Résolution du problème de décantation des particules de phosphate au niveau des conditionneurs

# Présenté par :

**♦ MCHACHI Chaimae** 

# Encadré par :

- ◆ Pr M.CHAOUQI (FST-Fès)
- ♦ Mr A. ABDNBAOUI (OCP)

Soutenu Le 12 Juin 2013 devant le jury composé de:

- Pr M .CHAOUQI Président (FST-Fès)

- Pr H. CHTIOUI Examinateur (FST-Fès)

- Pr J.ASSOUIK Examinateur (FST-Fès)

Stage effectué à L'OCP

Année Universitaire 2012 / 2013



# **Dédicaces**



Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont très chères, et avec lesquelles j'ai tout partagé :

# A mes très chers parents :

Je leur présente mon travail si modeste, mais qui sera certes un premier pas pour leur rendre

hommage et les remercier pour leurs grands efforts accomplis à mon égard.

Que Dieu les récompense et leur prête bonne santé et longue vie.

#### A mes chers frères:

Vous, qui êtes à mes côtés, pour partager mes joies. Je vous souhaite une vie comblée et toute la réussite

# A mes collègues :

A toute la promotion Génie Chimie LST techniques 2012/2013, je vous souhaite une bonne continuation dans votre vie personnelle ainsi que professionnelle.

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier **Pr M.CHAOUQI** pour sa disponibilité, l'encadrement et les orientations précieuses qu'il m'a données.

Mes vifs remerciements à **Mr ABDENBAOUI** pour ses conseils, sa disponibilité et ses valeureuses explications.

Aussi, je tiens à remercier **Mr OTMANI** et **Mr CHAIBI** pour le grand effort qu'ils ont déployé pour faire de ce stage une réussite.

Je saisi aussi l'occasion de remercier **Pr H.CHTOUI** et **Pr J .ASSOUIK**, les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger mon travail.

Enfin, Je salue vivement tous les personnels : hors-cadres, ouvriers, employés et Techniciens du Services IDK/TE, pour la sympathie qu'ils m'ont adressée au cours de cette période de stage, ainsi que pour leurs précieuses explications et aides.

Mes profonds remerciements vont aussi à tous le personnel de l'OCP pour leur disponibilité, leurs remarques très encourageantes, leurs soutiens et leurs aides.

Je voue ce travail à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à le réaliser.

Et à tous ceux qui ont contribués soit de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.



#### LISTE DES ABREVIATIONS

- **MEA ou MERA**: Merah Lahrach
- **OCP**: office chérifien des phosphates
- **UF**: Under flow (sousverse)
- **OF**:overflow:(surverse)
- **BH**: Batterie hydro-cyclone
- Fr: Fosse
- **BPL**: bon phosphate of lime
- **TS**: Taux de solide
- **CS**: Convoyeurs séparateurs
- **CR**: crible
- **CO**: Conditionneur
- **HT**: Haute Teneur
- **MT**: Moyenne Teneur
- **BT**: Basse Teneur
- **TBT**: Très Basse Teneur
- **HD**: Hydrosizer
- **D**: Décanteur
- **BP**: Bac à Pulpe
- **PP**: Pompe à Pulpe

- **ACP**: Acide phosphorique

# **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Diagramme de Gauss	9
Figure 2: Les différentes unités de la laverie	9
Figure 3 : Débourbeur	10
Figure 4: Crible	11
Figure 5: Batterie d'hydro-cyclones et représentation d'un cyclone	12
Figure 6 : un hydro-cyclone classificateur	13
Figure 7: Hydro-cyclone type épaississeur	13
Figure 8 : Les différents composants d'un hydrocyclone	14
Figure 9: Cuve	14
Figure 10 : Principe d'une convoyeur séparateur solide-liquide	15
Figure 11: Principe de la flottation	19
Figure 12: présentation du schéma des conditionneurs	24

Figure 13: Hélice A2,5	29
Figure 14:Le pourcentage des particules supérieur à125μm	37
Figure 15: La localisation des batteries hydrocyclones de l'amont de flottation	40
Figure 16: l'allure d'écoulement avec et sans chicanes	45

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques techniques du Débourbeur	11
Tableau 2: Caractéristiques techniques du crible	11
Tableau 3: La nomenclature de différents composants du cyclone	14
Tableau 4: Méthode QQQCP	23
Tableau 5: Caractéristiques des conditionneurs:	25
Tableau 6: Liste des composants d'un conditionneur	26
Tableau 7: Les causes racines de décantation des particules de phosphate	28
Tableau 8: Caractéristiques d'un conditionneur	29
Tableau 9: Paramètres géométrique selon Rushton	30
Tableau10 : Caractéristiques mécaniques des aciers non alliés	32
Tableau 11 : Profil granulométrique et calcul de la vitesse de sédimentation	35
Tableau 12 : Calcul de la puissance et vérification de la condition de puissance	36
Tableau 13 :Calcul du moment quadratique et polaire	36
Tableau 14: Calcul du moment de torsion et de flexion et choix du diamètre de l'arb	re
	36
Tableau 15 : Calcul de la vitesse critique et vérification de la condition de vitesse	36
Tableau 16 : Profil granulométrique	37
Tableau 17: vérification de l'état mécanique du cyclone	41
Tableau 18 : Vérification du taux de solide du BH2	42
Tableau 19 : Vérification de la pression du BH2 :	43

# TABLE DE MATIERE

Remerciements	
Dédicace	
TABLE DE MATIERE	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
Introduction	1
Chapitre01 présentation de l'organisme d'accueil	3
I.Groupe OCP du Maroc:	4
II.Activités du Groupe OCP	4
III.Historique :	4
IV.Organisation du Groupe OCP	5
V.Pôle Industries de Khouribga	5
Chapitre02 :Phases de traitement à la laverie	7
I.Description du procédé de lavage :	10
II.Description du procédé de broyage :	16
III.Description du processus de flottation	16
IV.Description du procédé de décantation :	20
Chapitre 03: Etude critique des conditionneurs	21
I.Problématique :	22
Il Méthode du résolution de problème :	22

11.1 Définition :
I I.2 Identification Du Phénomène :
I I.3 Comprendre le fonctionnement normal du système24
I I.4 Fixer les objectifs
I I.5 Analyser les causes racines
I I.5.1Méthode des 5 pourquoi
I I.5.2 Etudes du dimensionnement d'agitation
I I.5.3 Etudes granulométriques
Chapitre04 :Vérification des causes racines
I.Vérification des paramétres de marche des hydrocylones :
I I.Vérification de la granulométrie de la fosse :
III.Mise en œuvre des contres mesures pour traiter les causesqui sont à l'origine du probléme :. 44
conclusion46
Les annexes
Références bibliographiques et web-graphiques

Références bibliographiques et web-graphiques

[1]: Traitement des phosphates par lavage; Principe et conduite, Réalisé par :

M. OTMANI

[2]: technique de l'ingenieu, agitation

[3] : vitesse de remonté, VMI Raynery : Détérmination d'un melangeur

[4]: calcul de sédimentation, <a href="http://www.mecaflux.com/sedimentation.htm">http://www.mecaflux.com/sedimentation.htm</a>

#### **Introduction générale:**

Au groupe OCP, connu par son excellence en matière de politique de gestion et de maintenance, et de sa vision stratégique d'amélioration, on ne cesse de fournir les efforts pour mieux contrôler les pertes, et mettre en évidence sa place de « leader » mondiale dans le domaine d'extraction et exploitation du phosphate.

Dans le cadre de sa politique d'amélioration continue et compte tenu de ses engagements, l'OCP entreprend une démarche qui vise à améliorer de manière soutenue le niveau de production et les qualités des produits finis dans l'ensemble de ses unités de production. Le traitement des phosphates de basse teneur en  $P_2O_5$ , par le procédé de lavage-flottation, s'inscrit dans cette optique. Il permet ainsi d'assurer :

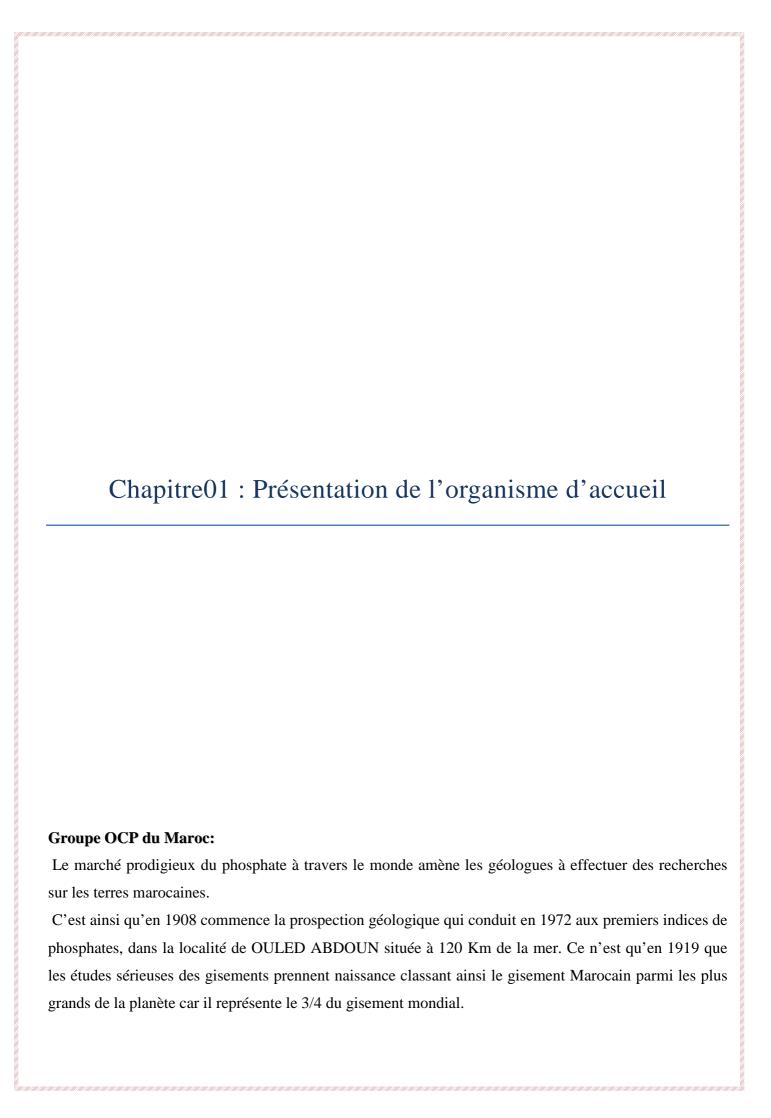
- La sauvegarde et la pérennité de l'activité minière suite à l'épuisement de la qualité haute teneur;
- La valorisation des phosphates de basses teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:
- L'amélioration de la qualité du produit livré aux industries chimiques;

L'objectif de ce travail est de relever le dysfonctionnement que revêt le conditionnement de la pulpe dans les unités de flottation, notre sujet de stage s'articule comme suit :

- Se baser sur la méthode de résolution du problème pour bien articuler le mode de disfonctionnement.
- Vérification du dimensionnement des conditionneurs.
- Analyser le volet granulométrique des particules.
- Faire un suivi du secteur lavage pour déterminer les sources du problème.
- ➤ Discuter la situation actuelle pour en sortir avec une solution admirable.

Par conséquent, le rapport est structuré comme suit :

- > CHAPIRTE 01 : Présentation de l'organisme d'accueil .
- > CHAPITRE 02 : Phases de traitement à la laverie.
- > CHAPITRE 03 : Etude critique du conditionneur.
- > CHAPITRE 04 : Vérification des causes racines et mise en œuvre des contres mesures.



Le phosphate ainsi découvert demande une compagnie d'exploitation d'où la naissance de L'OCP qui se fait par un dahir du 7 août 1920 réservant ainsi au Maroc tout droit d'exploitation ainsi que le monopole des ventes.

#### Activités du Groupe OCP

Le Groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP) est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de ses produits dérivés. Chaque année, plus de 23 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain qui recèle les trois-quarts des réserves mondiales.

Utilisé dans la fabrication des engrais, les phosphates proviennent des gisements de Khouribga, Ben guérir, Youssoufia et Boukra. Selon les cas, le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (lavage/flottation, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec...etc.). Une fois traité, il est exporté ou livré aux industries chimiques du Groupe, à JorfLasfar ou à Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

Premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, le Groupe OCP écoule 95% de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète et réalise un chiffre d'affaires annuel de 1,5 milliard de dollars.

Moteur de l'économie nationale, le Groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprises.

#### **Historique**: (Voir annexe 1)

Les phosphates marocains sont exploités dans le cadre d'un monopole d'État confié dès 1920 à l'Office Chérifien des Phosphates, devenu Groupe OCP en 1975 et Société Anonyme le 22 janvier 2008. Mais c'est le 1er mars 1921 que l'activité d'extraction et de traitement démarre à Boujniba, dans la région de Khouribga.

En 1965, avec la mise en service de Maroc Chimie à Safi, le Groupe devient également exportateur de produits dérivés. En 1998, il franchit une nouvelle étape en lançant la fabrication et l'exportation d'acide phosphorique purifié.

#### Pôle Industries de Khouribga

A120 Km au sud-est de Casablanca, Khouribga constitue la plus importante zone de production de phosphate du groupe OCP. Elle a permis la création de quatre agglomérations regroupant plus de 200.000 habitants : Khouribga, Boudnib, Boulanouar et Hattane.

Le site minier comporte trois zones d'extraction. Le gisement est de type sédimentaire et les réserves estimées à plus de 35 milliards de m³

Les premiers coups de pioche ont été donnés en 1921 par la méthode souterraine. L'introduction de l'exploitation en « découverte » a débuté en 1951. Elle concerne actuellement 7 niveaux phosphatés. La capacité de production s'élève à 19 millions de tonnes par an.

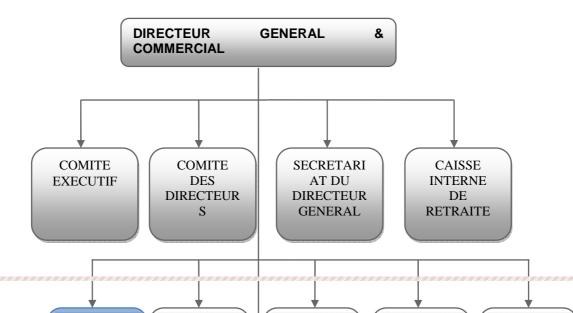
Après son extraction, le phosphate épierré est stocké avant d'être repris pour alimenter les usines de traitement. En fonction de sa teneur en BPL (Bon Phosphate of Lime), le minerai est classé en quatre catégories :

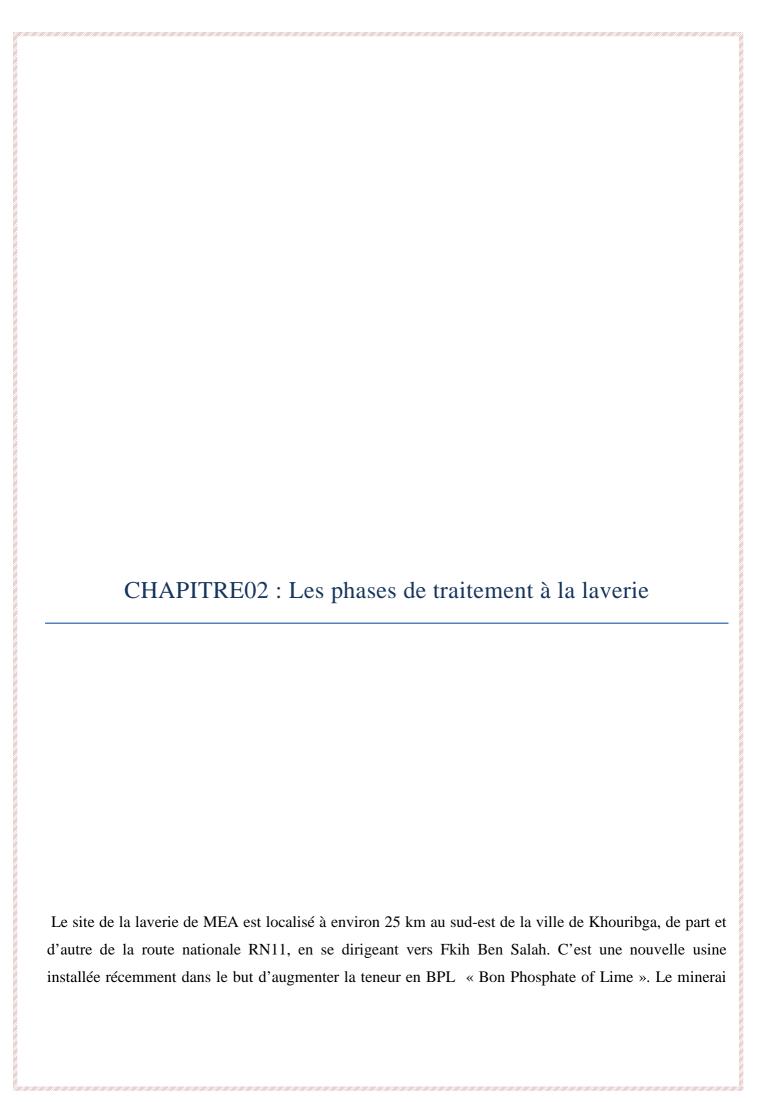
- Le phosphate haut teneur (HT).
- Le phosphate moyenne teneur (MT).
- Le phosphate bas teneur (BT)
- Le phosphate très bas teneur (TBT)

Les phosphates HT et MT ont des teneurs en BPL = 68% et sont considérés comme des produits marchands sans enrichissement. Par contre, les phosphates BT et TBT, doivent subir un enrichissement avant leur utilisation dans la fabrication des qualités marchandes. Soit en subissant un lavage ou un enrichissement à sec.

#### **Organisation du Groupe OCP:**

#### L'organigramme du groupe OCP se présente comme suit :





est valorisé par différentes unités avant d'être acheminé par voie ferroviaire pour la transformation en engrais et acides phosphoriques aux usines chimiques.

La laverie est constituée d'une usine de lavage et de flottation principalement composée de six lignes de lavage et trois lignes de flottation :

D'après les variations des analyses granulo-chimiques du phosphate clair de la région Khouribga, il apparaît que ce type de minerai représente une teneur faible en BPL, et une teneur élevée en silicates et carbonates d'où la nécessité de les traiter par lavage pour éliminer les stériles et les boues et les compléter d'une flottation afin d'éliminer les silicates et les carbonates.

Les boues produites par le lavage et la flottation, alimente un décanteur qui permet de décanter les particules non décantables naturellement par floculation et recycler l'eau traitée par débordement. Les boues soutirées du décanteur sont collectées dans des grands bassins appelés les digues de décantation des fines restées dans les boues et l'eau sera recyclée de nouveau.

Les opérations (lavage, et flottation) consistent essentiellement à isoler, par coupures granulométriques :

- La fraction de grande dimension « stérile » pauvres en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (supérieur à2,5mm)
- La fraction médiane, riche en  $P_2O_5$  et ayant les spécifications requises d'un phosphate marchand (à  $40\mu m < d < 2,5mm$ )
- La fraction fine « **boues** ».( inférieure à 40μm)

Cette répartition est illustrée par le diagramme de Gauss qui représente le% de la teneur en BPL en fonction du diamètre des particules de phosphate.

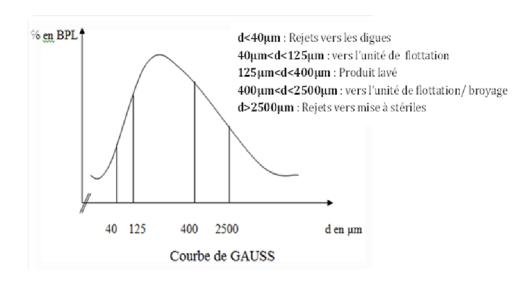


Figure1: Diagramme de Gauss

Ce schéma suivant représente les opérations principales que suit le phosphate brut lors du traitement par lavage et flottation :

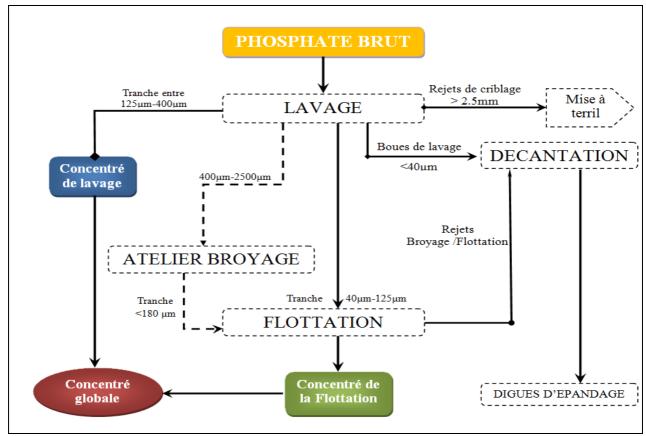


Figure 2: Les différentes unités de la laverie

#### Description du procédé de lavage :

Le lavage est une technique d'enrichissement du minerai de phosphate par un traitement physique par voie humide qui consiste à la réalisation des coupures granulométriques sur le produit débourbé :

- une coupure supérieure par criblage à la maille de 2.5 mm par voie humide.
- une coupure inférieure à 40µm par hydrocylonage constituant les boues de lavage qui seront épaissies par décantation.
- un système d'hydro classification assurant une coupure de 125  $\mu$ m suivant le minerai à traiter. Après nous allons distinguer :
- ✓ Une tranche entre 40µm et 125 µm qui sera enrichie par flottation.
- ✓ Une tranche qui possède naturellement les teneurs les plus élevées en BPL du spectre granulométrique, elle sera donc épaissie, puis égoutté sur convoyeurs séparateurs.

L'alimentation en eau des lignes de traitement sera effectuée à partir d'un bassin de capacité 6000m³, en béton armé destiné à recevoir :

- ✓ Les eaux d'appoints.
- ✓ les eaux recyclées à partir du décanteur et des systèmes d'épandage prévus pour le stockage des boues appelées : digues.

#### Les principaux éléments constituant le secteur lavage :

#### Le débourbeur :

C'est un appareil cylindrique qui assure le malaxage du minéral de phosphate mis en pulpe 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 minéral de phosphate.



<u> Figure 3: débourbeur</u>

Puissance du moteur	37 KW
Longueur de la virole	9 m
Diamètre de la viole	3 m
Vitesse de rotation	9 tr/min

Tableau1 : Caractéristiques techniques du débourbeur

#### Le crible:

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 passant, 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 stérile.

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 adhérés à la surface du crible.



Figure4 : crible

Puissance du moteur	15 KW
Maille de la grille	2.5mm
Longueur de la grille	1000 mm
Largeur de la grille	596 mm
Surface Criblante	28,6 m²
Efficacité du crible	96 %

Tableau2 : Caractéristiques techniques du crible

#### L'hydro cyclonage:

C'est un procédé qui nécessite un système de classification granulométrique en humide de minéral de phosphate afin d'éliminer les stériles et les boues qui sont pauvre en BPL.

# ♣ Principe de fonctionnement :

La pompe refoule le fluide à nettoyer dans l'hydrocyclone. Le fluide est introduit dans l'hydrocyclone par le tuyau d'entrée et, sous la pression, se transforme en tourbillon, formant ainsi le vortex primaire descendant. Le rétrécissement du diamètre au niveau du cône inférieur et l'effet d'étranglement qui en résulte entraîne la formation d'un vortex secondaire qui tourne dans le même sens que le premier mais qui se dirige vers le haut en empruntant le centre de l'hydrocyclone.

Grâce à la force centrifuge, les particules les plus lourdes sont projetées contre les parois de l'hydrocyclone. Elles quittent ensuite le filtre transportées par une faible quantité de fluide en empruntant le tuyau de décharge inférieur.

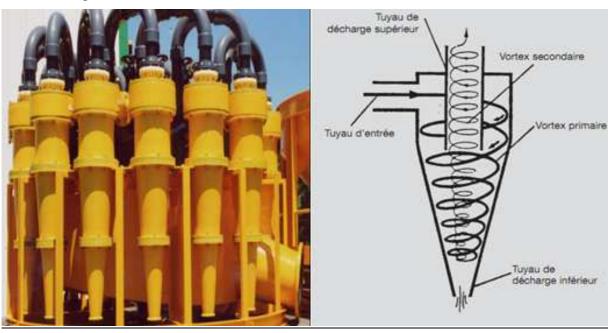


Figure5: Batterie d'hydrocyclones et représentation d'un cyclone

Il existe deux décharges caractéristiques du cyclone :

• une décharge en parapluie due à la présence d'une colonne d'air qui traverse le cyclone de la buse de décharge au diaphragme, le cyclone est dit classificateur

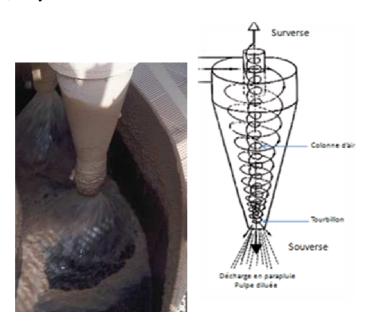


Figure 6: un hydrocyclone classificateur

• Une décharge en boudin due à la colonne d'air qui se trouve au centre du vortex qui n'existe qu'au niveau du diaphragme, le cyclone est dit épaississeur

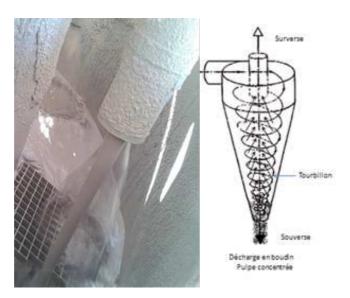


Figure 7 : Hydrocyclone type épaississeur

Le concentré de lavage est égoutté sur des convoyeurs séparateurs conçus à cet effet, pour en récupérer le maximum d'eau, ce concentré de lavage est mélangé dans le même stock avec le concentré de flottation.

les composants d'un hydrocyclone:

Un hydrocylone se compose de deux parties principales :

- Une partie cylindrique appelée « marmite » où se fait une alimentation tangentielle en pulpe et muni d'une cheminée au centre par laquelle se fait l'évacuation des fines particules vers la surverse.
- Une partie conique « corps conique » terminée par une buse de sortie où se fait l'évacuation des grosses particules (sousverse).

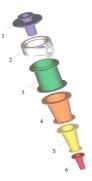


Figure8: les differents composants d'un hydrocyclone

<u>1</u>	<u>Cheminée</u>
<u>2</u>	<u>Tête d'alimentation</u>
<u>3</u>	Partie cylindrique « marmite
	<u>Ou rehausse</u>
<u>4</u>	Partie conique supérieure
<u>5</u>	Partie conique inférieure
<u>6</u>	Porte buse(buse)

Tableau 3: la nomenclature de différents composants du cyclone

#### Les cuves :

Les cuves ont deux rôles :

- Rôle primaire : la circulation de la pulpe le long de la chaine 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. Les débordements vont à la fosse.



Figure9 : cuve

#### 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 à bande de 1400 mm, composées d'une partie horizontale et d'une autre inclinée par 15°.

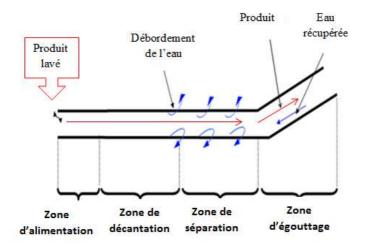
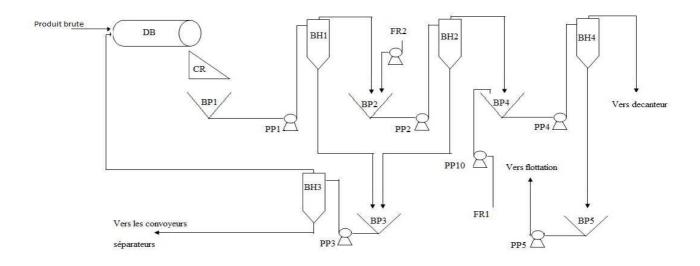


Figure 10: Principe d'une convoyeur séparateur solide-liquide.

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. Le principe de fonctionnement de ce système de sortie est basé sur l'hydrodynamique des particules solides dans un milieu aqueux.

#### FLOW SHEET Lavage



# Description du procédé de broyage : (Voir annexe 2)

Comme le traitement par flottation nécessite une granulométrie inférieure à 125µm. L'installation d'une unité de broyage s'avère nécessaire

# ♣ Description de procédé :

Le broyage est un procédé qui consiste à réduire en de très petites particules (<180 µm) la tranche [400, 2500] µm en provenance du lavage pour faciliter par la suite le procédé de flottation. Il provoque un ensemble de force pour engendrer des fissurations sur la surface et par la suite la séparation entre les grains, afin d'aboutir à des particules ayant une dimension plus petite.

#### Description du processus de flottation

L'analyse granulo-chimique du produit d'alimentation de la laverie montre qu'il contient une quantité importante en grains de dimensions 40-125µm, et qui sont marqués par un accroissement de la teneur en carbonates et silicates. Cette tranche à une teneur faible en BPL, d'où le recours à une technique spécifique de valorisation de cette tranche de phosphate, il s'agit de la Flottation inverse.

# **♣** *Définition de flottation :*

La flottation est un procédé de séparation des solides, par voie humide, qui se base sur les différences de propriétés d'interfaces entre un solide, une solution aqueuse et une phase gazeuse (air) dont le but est de récupérer en majeur partie le minéral utile.

Elle consiste à déprimer le minéral de valeur (apatite) et faire flotter les éléments indésirables (silicates et carbonates) par l'addition des réactifs : c'est la flottation inverse.

L'hydrophobicité donc des minéraux sera obtenue par la fixation d'une ou plusieurs substances à la surface d'un minéral.

# **♣** *Principe de la flottation :*

Le principe de la flottation est basé sur les propriétés d'hydrophobe et hydrophile des surfaces des solides. Ces propriétés sont généralement stimulées par des réactifs. En effet, à la fin de la phase conditionnement, la surface des particules solides que l'on désire séparer est seule devenue hydrophobe à l'aide des réactifs appropriés (Ester et Amine) ajoutés à la pulpe. Lorsque l'air est introduit sous forme des petites bulles dans le milieu, il se produit un transfert sélectif des particules hydrophobes.

Le principe de la flottation peut être décrit de la manière suivante:

- Mise en suspension des particules à séparer dans l'eau pour former une pulpe et libération des grains de l'apatite de leur gangue.
- Traitement de cette pulpe par certains réactifs chimiques dont le rôle est de rendre hydrophobe la surface du minéral à flotter, afin de lui conférer une plus grande affinité pour la phase gazeuse que pour la phase liquide.

- L'élément clé pour une concentration réussie par flottation est l'utilisation d'une grande variété de réactifs pour permettre la séparation sélective d'une espèce ou plusieurs espèces de la pulpe par adhésion aux bulles d'air.
- La pulpe ainsi conditionnée est introduite dans des cellules de flottation générant des bulles d'air. Les particules rendues hydrophobes se fixent à la surface des bulles qui constituent un vecteur de transport grâce à leur mouvement ascensionnel vers la surface libre de la pulpe. On obtient ainsi une mousse surnageant chargée en solide. Par contre, les particules qui présentent des surfaces hydrophiles ne se lient pas aux bulles d'air et restent en suspension dans la pulpe.
- Evacuation et abattage de la mousse chargée et récupération du non flotté.

**★** *Les différentes phases de flottation :* 

#### Phases de préparation :

La fraction granulométrique, comprise entre 40 et 125microns, à flotter prise en dérivation de la laverie subira une préparation mécanique avant flottation, le circuit de la flottation comprend les phases suivantes:

#### Premier déschelammage:

La pulpe à traiter provenant de la souverse des batteries des hydrocylones BH5, constituée d'une granulométrie inférieure à 40 microns alimente le bac BP9. Le rôle du bac de pulpe est d'assurer une alimentation régulière et stable. Cette opération élimine les schlamms inférieures à 40 µm. La surverse est acheminée vers le décanteur tandis que la souverse rejoint la batterie BH7.

#### **Attrition:**

L'attrition est réalisée par les particules solides frottant les unes contre les autres. Cette opération a pour but principal d'éliminer les impuretés de surface et par conséquence libérer les grains phosphatés de leurs exoguangue silicatés et carbonatés. L'action est en générale répétée dans des cellules d'attrition chacune munie d'un rotor actionné par un moteur.

Chaque agitateur des cellules a trois étages de lames inclinées format des hélices de pas contrariés. Cela renverse la pulpe violemment et produit une turbulence contrôlée qui est nécessaire à une attrition efficace.

#### Deuxième deschlammage:

La quantité des fines résiduelle dans le produit allant vers la flottation revêt une importance particulière pour la consommation des réactifs et pour la qualité de la séparation par flottation. Un deschlammage

(coupure à 40 microns) en deux étapes a été prévu après attrition pour limiter au maximum la quantité de grains inférieurs à 40 µm dans le produit à flotter.

#### **Conditionnement:**

La pulpe est ensuite traitée avec certains réactifs (Acide, Ester et Amine) dont le rôle est de rendre hydrophobe (qui a horreur de l'eau) la surface de solides (ce qui constitue la phase de conditionnement).

A la fin de la phase de conditionnement, la surface des particules constituées de la phase solide que l'on désir séparer (carbonates et silicates) est seule devenue hydrophobe, quant au minéral de valeur, il se trouve déprimé sous l'effet de l'acide.

La pulpe ainsi conditionnée est alors introduite dans des cellules de flottation

#### Flottation inverse:

A la fin de la phase de conditionnement, la surface des particules que l'on désire séparer est devenue hydrophobe. La pulpe ainsi conditionnée est alors introduite dans des cellules de flottation munies d'agitateurs, ce qui permet de réaliser une flottation différentielle.

Les bulles d'air dont le débit est contrôlé, et en présence de l'agitation et d'un agent moussant, vont se fixer sur les particules dont la surface est hydrophobe. Sous l'action de la poussée d'Archimède résultante, l'ensemble particules et bulles flottent à la surface des cellules. Suivant la quantité et le type de collecteur, elle se forme une écume dynamiquement stable à la partie supérieure des cellules de flottation, dans lesquelles vont se rassembler les particules flottées.

L'écume doit être soumise à des turbulences assez faibles, de manière à ne pas remettre en suspension des particules qui ont déjà été collectées par les bulles d'air. L'extraction des mousses se fait par débordement.

La cuve circulaire comprend deux goulottes de mousse internes et des connexions intercellulaires ces goulottes déchargent la mousse sur un seul côté de la cellule.

La figure suivante regroupe des différentes étapes constituant le secteur de flottation :

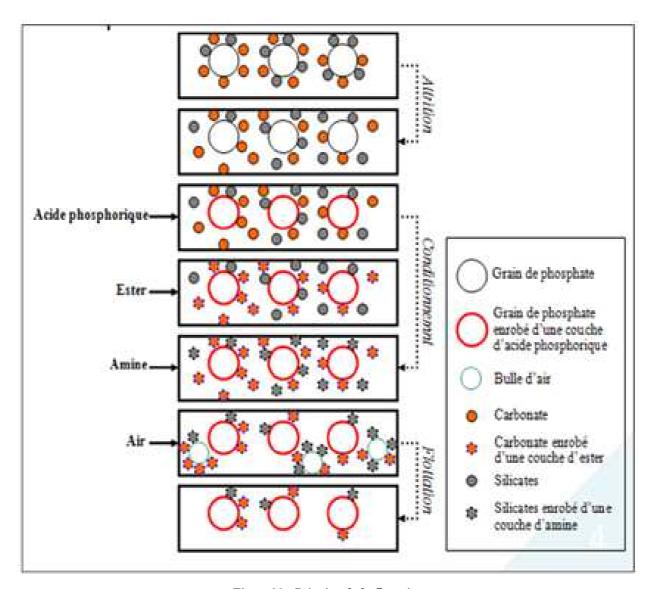
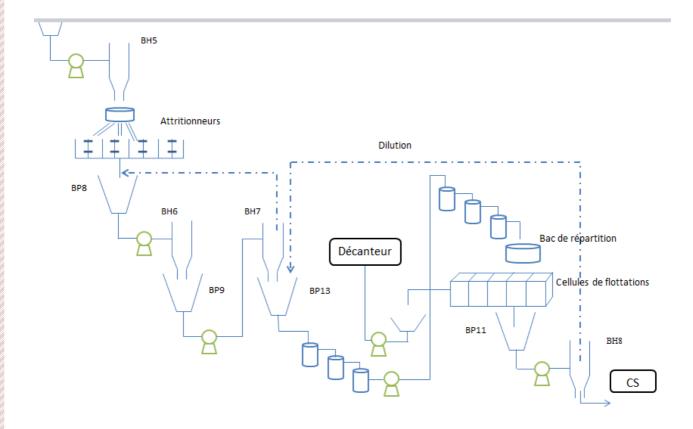


Figure 11: Principe de la flottation

#### FLOW SHEET Flottation:



# **Description du procédé de décantation :** (Voir annexe 3)

Le traitement du minerai du phosphate par lavage, flottation et broyage consomme une grande quantité en eau. Pour pallier à ce problème et éviter une consommation abusive, l'importance est de plus en plus donnée au recyclage des eaux par le procédé de décantation.

#### 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 profitant des forces gravitaires. Il est à signaler que la décantation est précédée par un procédé de floculation.

#### **Floculation**

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, mais surtout par le signe et le degré de leur iconicité en solution aqueuse.

# Chapitre 03 : Etude critique du conditionneur :

# I. Problématique:

Tenant compte de l'importance primordial que possède le conditionnement dans le procédé de flottation .Aujourd'hui ce mécanisme connaît un dysfonctionnement au niveau des conditionneurs ce qui perturbe le cycle de production de l'unité de flottation dans sa totalité.

# II. Méthode de la résolution de problème :

#### II.1 Définition:

Dans tous les projets de nombreux problèmes imprévus apparaissent. Un nombre d'entre eux sont des problèmes répétitifs. Ainsi, dans un souci d'amélioration continue des méthodes de travail, l'application d'une méthodologie de résolution de problème devient une nécessité.

Ces méthodes représentent un ensemble de techniques structurées pour éliminer définitivement nos problèmes en supprimant les causes racines (pas les symptômes).

Ce modèle s'articule autour de 7 étapes et permet de ne pas passer directement de la perception du problème à la solution à normaliser.

Dans un premier temps on doit sélectionner un problème, Identifier le phénomène (1) puis Comprendre le fonctionnement normal du système(2). Ensuite Fixer des objectifs(3). Analyser les causes racines(4) . Une fois les causes racines listées, la phase de définition des solutions débute par

l'établissement des Actions et contre-mesures (5). Vérification des résultats (6) puis Verrouiller et Généraliser (exemple : leçon ponctuelle) (7).

#### II.2 Identification du phénomène :

L'identification du phénomène constitue un préalable à toute démarche de Résolution De Problème.

Cette étape comprend essentiellement l'établissement des premiers contacts avec l'entreprise et la discussion du problème.

Le dysfonctionnement au niveau des conditionneurs se produit suite à la décantation des particules solides de phosphate au fond de la cuve ainsi la décantation de certaines particules solides au niveau de l'hélice ce qui provoque le blocage de celle-ci lors de la mise en marche des conditionneurs à nouveau risquant la destruction du matériel et provoquant une perte de temps et de produit ainsi que l'arrêt de travail au sein de l'unité.

Pour cela, on utilise la méthode QQOQCP qui permet d'avoir toutes les dimensions du problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels.

Il s'agit de poser les questions de façon systématique afin de n'oublier aucune information connue et aussi de faire systématiquement le tour d'une situation en se posant des questions élémentaires.

#### Qui? Quoi? Où? Quand? Comment? Par quel?

Le *tableau ci-dessous résume* chaque réponse à chacune de ces questions peut être soumise à l'interrogation :

Quoi	Volume très important du produit décanté	<u>Illustration du problème</u>
Quand	Arrêt du système d'agitation	
	Taux de solide>20%	
	Existence des tranches > 125µm	
Ou	Au niveau de l'ensemble des conditionneurs	
Qui	Lié à des connaissances spécifiques de	
	l'ensemble des opérateurs	
Par Quel	l'étude du fonctionnement du système	
	d'agitation, et les analyses granulométriques	
Comment	Le passage des particules de phosphate qui	
	dépasse 125 μm en présence	

d'un % plus élevé que les normes et un taux de dilution non maitrisé ainsi que les caractéristiques techniques des conditionneurs provoquent la décantation du produit



Tableau 4: Méthode QQOQCP

#### II.3 Comprendre le fonctionnement normal du système:

Afin de découvrir le VRAI problème nous devons comprendre comment fonctionne notre système (machine, procédé, processus) et faire une analyse complète des données de fonctionnement

L'objectif de cette étape est de décrire le conditionneur et les paramètres qui assurent sor fonctionnement correct, son mode de détérioration.

#### • Définition :

Le conditionneur est un appareil conçu pour conditionner la pulpe de phosphate, dont la concentration en solide ne doit pas dépasser 20 % du poids du mélange.

Chaque chaîne de flottation comprend six condition conditionnement suivi du deuxième cycle de condi

Un <u>CONDITIONNEUR</u> est constitué essentiellement par :

- -Une cuve cylindrique à fond plat équipée de pale anti-rotation
- -Un mobile d'agitation (arbre +hélice)
- -Un tube interne de recirculation de la pulpe (ave pales anti-rotation)
- -Un mécanisme d'entraînement avec moteur /réducteur
- -Un support de l'ensemble d'entraînement
- -Un registre de débordement

•••

AVANTAGES: Assurer un mélange efficace entre la pulpe et les réactifs de flottation

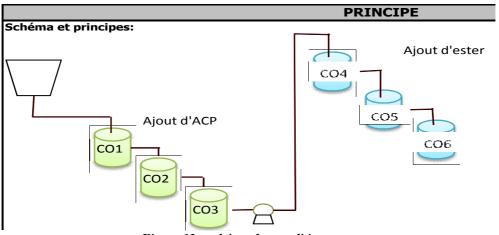


Figure 12 : schéma des conditionneurs

	rigure 12 . schema des conditionneurs	
Nature produit	Pulpe à phosphate constituée de la sousverse des hydrocyclones en amant	Pulpe de phosphate provenant de CO1, CO2, CO3
Débit d'alimentation(T/H)	320	320
Densité solide	2.8-3.0	2.8-3.0
Concentration solide à l'alimentation%	14-20	14-20
Temps de conditionnement (mn)	3	3
Débit pulpe (m3/h)	1240	1240
Volume (m3)	32	32
Hauteur (m)	3.6	3,6
Diamètre (m)	3.6	3,6
Puissance par cellule (kW)	18,5	18,5
vitesse de rotation d'hélice tr/min	150	150

Tableau 5: les caractéristiques des conditionneurs

Le tableau ci-dessous résume les données tirées de l'étude de ces paramètres :

LISTE DES COMPOSANTS				
N°	Désignation	Fonction	Mode de détérioration	Conséquences sur le mécanisme
1	Systéme d'agitation	Homogenisation du produit	Déformation d'Hélice	Arrét
		Maintenir en suspension	Cisaillement ou Torsion	Sédimentation
			de l'arbre	
2	Moteur	Dipositif effectuant	Encrassement moteur	Arrét
		un travail mécanique	perte de puissance	
3	Vanne de dilution	Regulation du débit	Panne de vanne	Sédimentation
		d'arrivée d'eau	Perforation	
4	Système de Transmission	Assure la transmission d'un	Glissement de la courroie	Arrét
		mouvement de rotation	sur les poulies	
			Diminution du nombre	Arrêt
			du courroies	
5	Cuve	Circulation homogène	Déterioration de systèmes	Arrêt
		de la suspension	de revêtement	
		à traiter		

Tableau 6: Liste des composants d'un conditionneur

# II.4 Fixer les objectifs:

Se fixer des objectifs est un élément extrêmement important du travail. Pour pouvoir réduire le problème de décantation.

En principe il faut que les objectifs soient : Mesurables, Spécifiques, Atteignables, Réalistes et Planifiés

Nos principaux objectifs sont les suivants:

- Minimiser le volume sédimenté du phosphate dans le conditionneur CO1.
- Généraliser cet objectif sur le reste des conditionneurs.
- Plan d'action pour maintenir a cet objectif.

#### II.5 Analyse des causes racines :

#### II.5 .1 Les cinq pourquoi :

Le 5 Pourquoi est une méthode d'analyse qui va permettre de trouver les causes racines d'un problème.

Ce type d'analyse repose sur un questionnaire approfondi. Si le problème est traité en surface, les actions mises en œuvre ne permettront pas d'éliminer le problème durablement.

en	Cette méthode d'analyse consiste donc à se poser 5 fois la question pourquoi. Ainsi – on va aller de plus plus loin dans l'analyse d'un problème et chaque réponse faite va devenir le nouveau problème à soudre.
rec	'application de la méthode des 5 pourquoi dans notre cas a un but précis et unique : l'analyse, la cherche et la compréhension des causes racines du dysfonctionnement observé au niveau des nditionneurs
Le	tableau ci-dessous permet de constater la présence de plusieurs causes racines:

Description du problème	Mar Salar	1. Pourquoi	N. R. J. J. A.	2. Pourquoi	N. R. J. J. S. C.	3. Pourquoi	4. Pourquoi	ior	5. Pourquoi
Taille du problème	Î	Dimensionnement → des conditionneurs	1	Agitateur mal dimensionné	<u> </u>	→ Type d'hélice installé			
Perte en produit de % par semaine									
Un arrét subit pouvant durer une semaine					្ន	Longueur d'arbre			
			1	Dimension de la cuve → non adéquate	<u>}</u>	→ non aoequate			
Phénomène									
							Présence des particules	rricules	Pression élevé (BH2)
Décantation des particules			1	Taux de solide élevé			sup à 125 μm BH2	BH2	supérieur à 1.4
au niveau des conditionneures			\						
						_	(OF)(mauvaise coupure)	coupure).	
	1	→ Produit non conforme	7	Granulométrie non	<u>ā</u> 5	Présence des particules	L'appoint d'eau		
Mécanisme									
					BH	BH4 (Prevenant de			→ Cyclone dégradé
décantation des particules solides au fond	/	manque de rincage		Débit de solide élevé	ľa!	l'alimentation des BP4)	dysfonctionnement		Présense des particules
de la cuve provoque un blockage de l'hêlice	1	des conditionneurs					de PP10		sup à 125 µm dans la FR2
lors dela mise en marche des condidonneurs									
								_	→ Variation de débit instable

Tableau7 : Les causes racines de décantation des particules de phosphate

Le premier pourquoi est important de parler des mécanismes, des principes, de grandeurs physiques, des écarts entre la réalité et la théorie des conditionneurs et ceci par une vérification du dimensionnement mécanique du système d'agitation (conditionneur) et par une étude granulométrique.

#### II.5.2 Etude du dimensionnement du conditionneur :

L'approche scientifique nous impose de vérifier le dimensionnement du conditionneur sur deux volets : la première repose sur une vérification du dimensionnement mécanique du système d'agitation (conditionneur) et l'autre repose sur le volet procédé du mécanisme (mélange) afin de remettre en question le choix de ce type de conditionnement.

# Vérification de la géométrie du système d'agitation :

Le type d'hélice installée et avec laquelle nous allons mener ce travail de vérification de dimensionnement est :  $\underline{A \ 2,5}$ 

Figure 13: Hélice A2,5



#### Caractéristiques du conditionneur:

Diamètre de l'hélice(d <sub>h</sub> )	920 mm
Diamètre de l'arbre (d <sub>a</sub> )	100mm
Diamètre de la cuve(D)	3600mm
Hauteur de la cuve (H)	3600mm
Vitesse de l'hélice(N)	150 tr/min
Puissance(P)	18,5KW
Largeur des pales (w)	120 mm
Viscosité cinématique du fluide(v)	10 <sup>-6</sup> stockes
Masse volumique(ρ)	1098kg/m <sup>3</sup>
Nombre de puissance en régime turbulent (N <sub>p0</sub> )	1,14
Nombre de pompage(N <sub>Qp)</sub>	0,62
Longueur de l'arbre(L <sub>a</sub> )	4115m
Masse du système d'agitation (arbre+hélice) m	308Kg

Tableau 8 : Caractéristiques d'un conditionneur

NB : la viscosité dynamique  $\eta=v^*\rho$ 

Rushton a défini une cuve de dimensions dites standards en tenant compte du type du mobile d'agitation ; le tableau ci-après présente les critères à vérifier :

Paramètres	Critères à vérifier	Situation actuelle
w/d <sub>h</sub>	1,14	1,14
$d_h/D$	Inférieur à 0,6	0,25
Y/d <sub>h</sub>	Inférieur à 1	0,74

Tableau 9 : Paramètres géométriques d'agitation

Nous remarquons que les paramètres géométriques du système d'agitation sont vérifiés et validés.

# **Calcul de la puissance consommée :**

La puissance est calculée à partir de la formule :

$$P = Np * \rho * N^3 * d_h^5$$

Avec Np est le nombre de puissance

D'abord il faut calculer le nombre de Reynolds pour établir le type de régime :

$$Re = \frac{\rho N d^2}{\eta} = \frac{N d^2}{\nu}$$

$$Re = \frac{\frac{150}{60} * (0.92)^2}{10^{-6}} = 2116000$$

⇒ le régime établi est le régime turbulent

$$\Rightarrow$$
  $N_p=N_{po}=1,14$ 

$$\Rightarrow$$
 P=1,14\*1098\*(150/60)<sup>3</sup>\*(0,92)<sup>5</sup>= 12890W\(\text{\text{\text{\$\geq}}}\) 13KW

⇒ La puissance installée est : 18,5 KW

# > Calcul du moment de torsion Mt :

$$Mt = \frac{P}{2\pi N}$$

$$Mt = \frac{18500}{2\pi \left(\frac{150}{60}\right)} = 1177 \text{ N.m}$$

# **Calcul du moment de flexion Mf :**

$$Mf = FrLa$$

$$Fr = \frac{Mt}{\frac{dh}{2}}$$
 Force radiale

Mf = 
$$\left(\frac{1177*2}{0,92}\right)$$
\*4,155=10631 N.m

# **Calcul de l'arbre en torsion :**

Nous allons travailler avec les caractéristiques des aciers <u>XC 38</u> étant donné que l'arbre appartient à cette catégorie.

Nuance		R <sub>e</sub>	R <sub>m</sub> (MPa)	A%	Dureté	
EN 10027	NF A 35- 573/4	SAE/AISI	(MPa)			
C10 (1.0301)	XC10	1010		410		
C22 (1.1151)	XC18	1020	330	440	21	recuit: HB 103-250
C25 (1.1158)	XC25	1025	365	490		
C30 (1.1178)	XC32	1030	430	570	18	
C35 (1.1181)	XC38	1035	490	630	17	
C40 (1.1186)	XC42	1040	520	670	16	
C45 (1.1201)	XC48	1045	550	710	15	
C55 (1.1203)	XC55	1055	585	750	14	HRC ≥ 54

Tableau 10: Caractéristiques mécaniques des aciers non-alliés

Contrainte admissible de torsion  $\tau a$  est donné par :

$$\tau a = \frac{Mt}{\frac{Io}{v}}$$

$$\frac{lo}{v} = \frac{\pi d^3}{16}$$
 Moment quadratique polaire

Condition de résistance à la torsion :

$$d \ge \left(\frac{Mt}{\frac{\pi}{16} * \tau a}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d \ge \left(\frac{1177}{\frac{\pi}{16} *5,99 * 10^6}\right)^{\frac{1}{3}} = 100 \text{mm}$$

### **Calcul de l'arbre en flexion :**

Contrainte admissible de flexion est donné par :

$$\eta a = \frac{Mf}{\frac{l}{v}}$$

$$\frac{I}{v} = \frac{\pi d^3}{32}$$
 Moment quadratique diamétral

Condition de résistance à la flexion :

$$d \ge \left(\frac{Mf}{\frac{\pi}{22}*\eta a}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d \ge \left(\frac{10631}{\frac{\pi}{32} * 1600 * 10^6}\right)^{\frac{1}{3}} = 40,7 \text{mm}$$

En tenant compte des deux conditions de résistance (flexion et torsion) le choix de diamètre adéquat est de 100mm.

Le diamètre de l'arbre installé est : 100 mm

### $\triangleright$ Vitesse critique (N< N<sub>c</sub>) agitateur :

La vitesse critique est donnée par la relation :

$$2\pi N_{c} = \left(3 * E * \frac{I}{La^{3} * m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$N_c = \left(\frac{1}{2\pi}\right) * \left(\frac{3*205*10^9*10^{-5}}{4.115^3*308}\right)^{\frac{1}{2}} = 160 \text{ Tr/min}$$

E: limite d'élasticité = 205GPa

I: moment quadratique polaire =  $10^{-5}$  mm<sup>4</sup>

La vitesse de l'hélice installée est de : 150tr/min

Alors la condition (N<Nc) est vérifiée

### vitesse de périphérique du mobile d'agitation (vitesse linéaire de l'extrémité de la turbine) Vp :

$$V_p = \pi^* N^* d$$

$$V_p = \pi * \left(\frac{150}{60}\right) * 0.92 = 7.2 \text{m/s}$$

# $\hline \begin{tabular}{ll} \underline{vitesse \ de \ remont\'ee} \ (vitesse \ lin\'eaire \ ascendante \ du \\ \underline{liquide \ le \ long \ de \ la \ paroi \ de \ la \ cuve) \ V_r } \\ \hline \end{tabular}$

$$V_r = (4*Q)/\pi(D^2 - d_h^2)$$

Q: debit fluid = 1184m<sup>3</sup>/h

$$V_r = 0.034 \text{m/s} = 34 \text{mm/s}$$

### > vitesse de sédimentation V :

$$V = \left(\frac{4dg}{3Cd}.((\rho_p - \rho_f)./\rho_f\right)^{1/2}$$
  $\rho = la\ masse\ volumique(p = particule\ et\ f = fluide)$ 

g = l'accélération due à la gravité

r =rayon de la particule

 $\eta$  = viscosité dynamique du fluide

C<sub>D</sub> (coefficient de traînée) au régime turbulent est égal à 1,21

Le tableau suivant présente un exemple de calcul de la vitesse de sédimentation du profil granulométrique de solides relevés de la cuve d'agitation:

Granulométrie	Poids	Poids	Vitesse de sédimentation
(microns)	(g)	(%)	(m/s)
250	6	2	0,065
200	18	6	0,059
125	158	50	0,047
100	39	12	0,042
80	80	25	0,037
40	17	5	0,027
Total	318	100	

Tableau 11: profil granulométrique et calcul de la vitesse de sédimentation

Temps de séjour

$$Ts = \frac{V}{Qv}$$

 $Vu = \pi x r^2 x h$  Vu : volume utile

AN: 
$$Vu=\pi * 1.8^2 * 3.14 = 31m^3$$

Sachant que le volume utile est de 0.85 du volume total on aura :

$$V = 0.85 \times Vu = 25.5 m^3$$

$$Ts = \frac{(25,5*60)}{1184} = 1,3min$$

Le temps de séjour actuel : 3min

Les tableaux suivants sont des récapitulatifs des résultats obtenus au calcul :

Puissance nécéssaire			
la masse volumique	ρ	1098	Kg/m³
la vitesse du mobile d'agita	N	150	tr/min
la viscosité cinématique	ν	0,000001	stockes
la viscosité dynamique	η	0,001098	Pa
La puissance installée	Pi	18500	W
le débit fluide	Q	1184	m³/h
Nombre de Reynolds	Re	2116000	sans dimension
Régime d'écoulement		turbulent	
La puissance consommée	Pc	12890,39882	W
verification du condition puissance	Pc <pi< th=""><th>validé</th><th></th></pi<>	validé	

NB : Dans notre cas (Régime turbulent ) le nombre (Np = Npo =1,14) avec Npo est le nombre de puissance en régime turbulent, sinon il faut chercher Np dans les abaques

Tableau12: Calcul de la puissance et vérification de la condition puissance

Arbre et mobile d'agitation				
Diamètre de l'helice	p	0,92	m	
Diamètre de l'arbre	D	0,10	m	
diamètre de la cuve	Dc	3,6	m	
Nombre de puissance	Np	1,14	sans dimension	
longueur de l'arbre	L	4,115	m	
Limite d'élasticité	E	2,05E+11	Pa	
masse totale du mobile d'a	m	308	Kg	
Moment quadratique	lz	4908738,52	mm <sup>4</sup>	
Moment polaire	lo	9817477,04	mm <sup>4</sup>	

Tableau13 : Calcul du moment quadratique et polaire

Diamètre de l'arbre nécéssaire				
contrainte admissible à la torsion		5990000	N.m	
contrainte admissible à la flexion		1600000000	N.m	
Moment de torsion	Mt	1177,746579	N.m	
moment de flexion	Mf	10535,71124	N.m	
Résistence à la torsion	dt	0,100045689	m	
Résistence à la flexion	df	0,04063011	m	
Choix de diamètre	d	0,100045689	m	

Tableau14: Calcul du moment de torsion et flexion et choix du diamètre de l'arbre

Vitesse d'agitation			
vitesse critique	Nc	160,1691126	tr/min
vitesse de remontée	Vr	0,034568942	m/s
Vérification condition vitesses	N <nc< td=""><td>validé</td><td></td></nc<>	validé	

Tableau15 : Calcul de la vitesse critique et vérification de la condition de vitesse

Le travail de vérification du dimensionnement de ces conditionneurs met clairement la lumière sur l'un des principales facteurs qui causent le dysfonctionnement du système : d'abord l'analyse du dimensionnement du conditionneur montre que celui-ci est bien dimensionné puisqu'elle prouve que la vitesse critique est bien respectée (150tr/min<161tr/min), la puissance consommée (13Kw<18,5Kw) aussi, ainsi que le diamètre de l'arbre(le choix de 100mm), or la comparaison de la vitesse de sédimentation des particules solides relevés comme échantillon de la cuve et la vitesse de remontée de l'hélice montre que la marge de granulométrie supérieure à 80 microns va effectivement se décanter au fond de la cuve puisque sa vitesse de sédimentation est supérieur à la vitesse de remontée du mobile d'agitation .

On peut dire que le problème vient de dimensionnement du conditionneur qui n'est pas tout a fait adéquat pour faire monter les particules inférieur a 125 microns au régime turbulent , ce qui nous ramène au deuxième volet de l'étude analyse de procédé, ce côté de vérification relève d'une grande importance puisqu'il s'intéresse au contenu de la cuve cela veut dire le mélange

#### II.5 3 Etudes granulométrique :

Le tableau ci-après représente le profil granulométrique du minerai qui doit alimenter les conditionneurs

Fractions en microns	Poids en %
Sup à 125	3.97
-125;+100	15.57
-100;+80	41.67
-80;+63	20.56
-63;+50	16.76
-50;+40	1.05
Inf. à 40	0.42
Reconstitué	100

Tableau16: profil granulométrique

Etant donné que le conditionneur doit traiter la marge (40-125microns) et l'analyse granulométrique à l'entrée de celui-ci montre que le Sup 125 microns est de 27.08 %

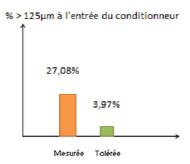
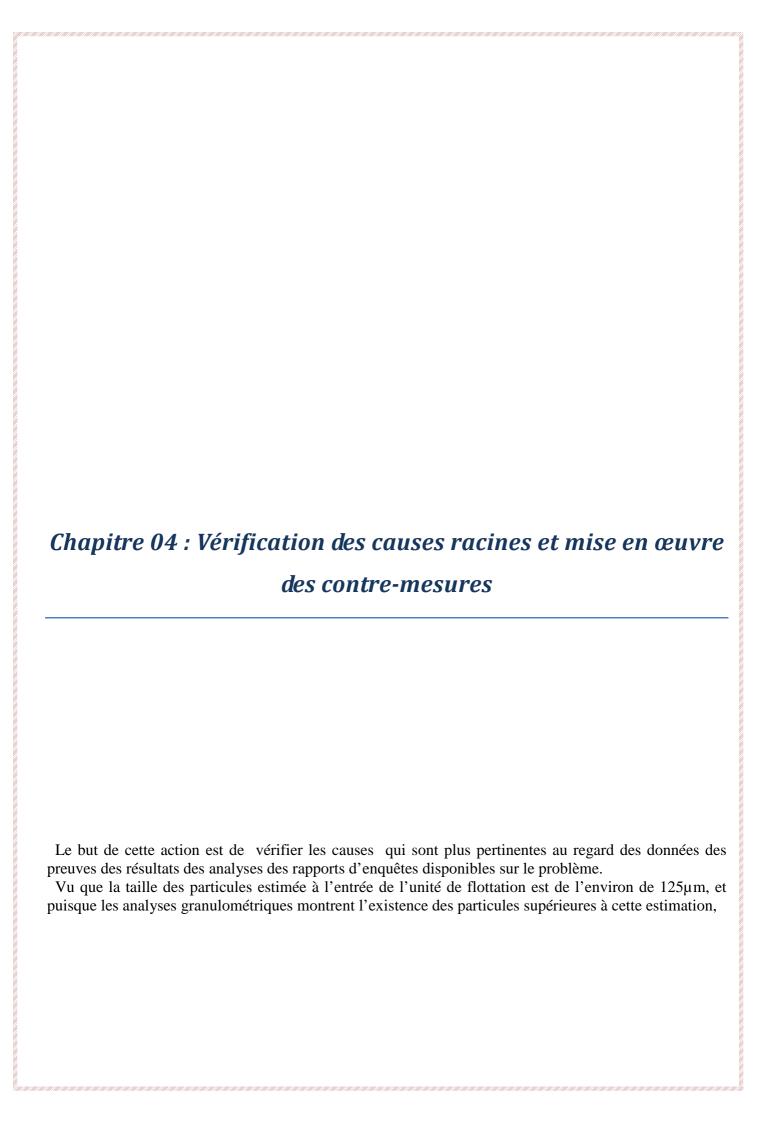


Figure 14 : le pourcentage des particules supérieure à 125µm

La comparaison montre effectivement un problème au niveau de l'alimentation actuelle des conditionneurs puisqu'on remarque que la marge des grains de diamètre supérieur à 125 microns ne doit pas dépasser 3.97% en alimentation alors qu'en réalité cette marge est dépassé de 23% de différence et que 12.04% Sup à 200 microns ce qui renforce l'hypothèse qui assure que la classification de l'alimentation des conditionneurs n'est pas bonne ;

On peut dire que le problème vienne de l'amont (les 6 chaines de lavage), Donc on est sensé de suivre le procédé de classification qui réside dans l'étape d'hydro cyclonage.



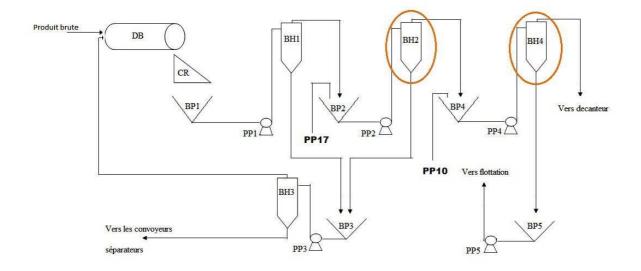


Figure 15: la localisation des batteries hydrocyclones de l'amont de flottation

## I. hydro cyclones :

### Vérification des paramètres de marches des

Processus de vérification	Exemple	
Phénomène	L'usure de l'hydro-cyclone BH2	
Pourquoi	<ul> <li>Le bouchage des buses</li> <li>Le bouchage de la cheminée</li> <li>L'usure et revêtement interne de l'hydro-cyclone</li> </ul>	
Vérification	Vérification de l'état mécanique de cyclone :  - Le diamètre de la buse doit être 70 mm  - Le bruit lors du fonctionnement de cyclone indique dégradation de la cheminée ou le revêtement	

	L'état mécanique de cyclone est bon puisque l'installation est encore nouvelle - Illustration d'un cyclone bien démonté
Découverte	

Tableau17 : vérification de l'état mécanique du cyclone

Processus de vérification	EXEMPLE
Phénomène	Taux de solide de l'alimentation de BH2 (BP2)
Pourquoi	La sur verse de la batterie d'hydro cyclone (BH1) est déversée dans le Bac à pulpe (BP2) ainsi que le produit récupéré dans la fosse FR2 des débordements de convoyeurs séparateurs.  ⇒ La surcharge de Bac (BP2) augmentation de taux de solide  ⇒ Taux de dilution insuffisant
Vérification	- Calcul du taux de solide TS des prélèvements des échantillons à la sortie du bac à pulpe (BP2) c'est-àdire à l'entrée du BH2

$$T_{s} = \frac{P_{m} - (T + V_{P})}{P_{m} - T}$$

$$2.1 \text{ EC}$$

$$2.2 \text{ L'échantillonnage montre que le taux de solide est d'environ 30% supérieur a les normes qui doit être à l'environ de 22% (20à30%).}$$

$$2.2 \text{ Echantillonage1}:$$

$$2.3 \text{ Echantillonage1}:$$

$$2.4 \text{ Taux de solide important Echantillonnage 2}:$$

$$2.3 \text{ Taux de solide important Echantillonnage 2}:$$

$$2.3 \text{ Taux de solide important Echantillonnage 2}:$$

Tableau 18: Vérification du taux de solide du BH2

On prenant plusieurs échantillons, on remarque que le taux de solide est instable, et cela apparait normal puisque les fausses FR2 suite au débordement des convoyeurs séparateurs présentent une charge sur le BH2 .donc les deux causes principales provoquant l'augmentation du TS sont :

- La pompe PP16 est non disponible
- ⇒ Manque de dilution au niveau du bac à pulpe BP2
- Surcharge du BH2 par les pompes PP17 venant de la fausse FR2

Processus de vérification	EXEMPLE		
Phénomène	Pression des hydro-cyclones non conforme		
Pourquoi	<ul> <li>Le nombre des hydro-cyclones de la batterie insuffisant pour assurer son bon fonctionnement (3 cyclones)</li> <li>Manomètre défectueux</li> <li>La variation de pression doit être entre 0.6 et 1.5 bar</li> </ul>		
Vérification	Vérification de l'aspect de décharge des hydro-cyclones  - La sous verse doit être en parapluie concentré  - Vérification de la pression dans la salle de control		

Découverte	- La variation de pression 0.4- 5 bar (d'après la sale de control) dépasse les normes (0.6/1.5)  ⇒ Alimentation non continue des BH2  - Le nombre des hydro cyclones de la batterie correspond à ceux qui sont nécessaires au bon fonctionnement de l'installation. (puisque c'est un correcteur du BH1)  Une Photo montre l'aspect de décharge d'un hydro cyclone (BH2)

Tableau 19: Vérification de pression du BH2

## II. Vérification de la granulométrie de l'alimentation de la Fosse de récupération FR1:

L'hydro-cyclone BH4 est désigné pour faire la coupure à 40  $\mu$ m, on peut juste dire que le problème existe et non forcement au niveau du BH4.d'une part, d'un autre part , il y existe une pompe PP10 qui refoule dans le bac à pulpe BP4, cette dernière assure l'alimentation continue du BH4. PP10 aspire la pulpe venant de la fausse FR1 et la refoule directement dans le BP4 sans classification ce qui peut causer l'entrainement des particules de dimensions non désirées avec la pulpe d'où la nécessité de vérifier la granulométrie de la fosse FR1

Processus de vérification	EXEMPLE
Phénomène	Refoulement des particules Sup à 125 microns en provenance de la fosse FR1 vers le BP4
Pourquoi	La Fosses FR1 récupère le produit qui provient essentiellement des débordements des Bac (BP1), de différentes pertes au niveau de l'unité de lavage.
Vérification	La vérification de la plage de variation des profils granulométriques du phosphate dans

	la Fosse FR1 qui alimente le Bac (BP4) à l'aide de la pompe PP10 (dans le laboratoire)
Découverte	Les résultats de l'analyse granulométrique dévoilent la présence de plus de 11,45% Sup à 125 microns qui tombe dans le Bac (BP4)

Tableau 20 : Vérification de la granulométrie de l'alimentation de la Fosse de récupération FR1 Résumé des résultats obtenus :

- L'indisponibilité de la pompe PP16 qui représente en quelque sorte une dilution au niveau du bac à pulpe BP2 conduit à une augmentation du taux de solide à l'entrée du BH2.
- 2) L'alimentation du BP2 par le produit émis de la fosse FR2 représente une surcharge pour le BP2, par la suite pour le BH2.
- 3) L'indisponibilité de la pompe PP16 impose le refoulement du contenu de la fosse FR1, surtout chargée de grandes particules, dans le bac à pulpe BP4

### III. Mise en œuvre des contre-mesures pour traiter les causes qui sont à l'origine :

Pour remédier au problème de décantation du produit il est nécessaire de mettre en œuvre des contremesures temporaires et permanentes :

- Actions et contre-mesures temporaires :
- Formation des opérateurs et élaboration des standards pour le control du taux solide
- Actions et contres mesures permanentes :
- Mise en service de la pompe PP16 qui refoule le produit, débordé, de la Fosse FR1 vers le Bac à pulpe 2
- Dimensionner un nouveau hydro-cyclone pour la classification de la pulpe venant de la fosse des convoyeurs séparateurs FR2, qui relie la surverse avec le décanteur ou le débourbeur pour la dilution, et le sousverse va retourner au convoyeurs séparateurs
- Installation des chicanes au niveau du conditionneur pour minimiser les pertes de phosphate dans le fond.[2]

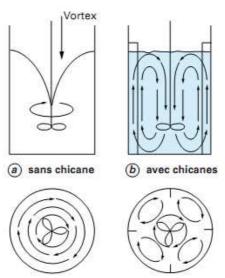


Figure 16: l'allure d'écoulement avec et sans chicanes

Les dimensions de chicanes à installer :

Soit b la largeur de chicane et D le diamètre de la cuve agitée collées ou décollées de la paroi b' :

$$b = 10^{-1}D$$

$$\Rightarrow b = 0.36 \text{ m}$$

La distance de la chicane à la paroi :

$$b' = 2 \times 10D^{-2}$$

$$\Rightarrow$$
 b'= 0.72 cm

- A l'étape de la flottation des silicates et carbonates, on injecte de l'air pour les faire flotter, donc on peut penser au même principe pour faire barboter et mettre en suspension la pulpe

# Conclusion

Pour conclure le problème de dysfonctionnement des conditionneurs peut être résolu comme en procédant à:

• Installation d'une BH à l'entrée de flottation pour éliminer les particules > 125

um

- Installation d'une PP16 de capacité sup à celle de PP10 qui refoule le produit de la FR1 vers l'alimentation de BH2 pour refaire la coupure à 125 um
- Installation des chicanes au niveau du conditionneur
- Formation des opérateurs et élaboration des standards pour le control du taux solide