

Lieu du stage : laverie Youssoufia GANTOUR

Période de stage : 02/05/13 au 15/06/13

2013

Recyclage d'eau industrielle récupérée au niveau des digues de la boue de la laverie OCP



Encadré par :

- Mr. Mohammed El Mehdi SAIDI
- Mlle. Khadija LALAM

Responsible jury:

- Mme. A.REDDAD

Réalisé par :

- Mlle. AYOUCI Asia
- Mr. SALAMEDDINE Anas

SOMMAIRE

Liste des abréviations	5
Liste des figures et des tableaux.....	6
Remerciements.....	7
Enoncé de sujet.....	8
Chapitre I : Généralités.....	9
I) historique	10
1) Cadre géologique et historique caractéristiques du gisement.....	11
2) Généralités.....	12
3) Activités du groupe.....	12
4) Historique du groupe.....	13
5) Les dates clés	13
6) Organigramme du groupe OCP.....	14
7) L'utilisation du phosphate.....	15
II) Présentation de la IDG.....	15
1) cas de phosphate de Youssoufia(Gantour)	15
2) Organigramme de la IDG.....	16
Chapitre II : Description des processus.....	17
I) Introduction.....	18
II) Fonctionnement du procédé.....	18
1) Processus Lavage.....	19
2) Processus Flottation.....	22
3) Processus Décantation.....	22
4) Processus stockage des boues (bassins d'épandage)	23
A -soutirage des boues.....	24
B -caractéristiques des bassins des boues.....	24
C -fonctionnement.....	25
D -situation actuelles des bassins.....	26
III) Flux en eau dans l'installation	26
1) Introduction.....	27
2) Alimentation de l'installation	27
3) flux eau sur les Bassins d'épandage (Les Digues)	27

Projet de fin d'études

A - Flux entrant aux bassins.....	28
B - flux sortant aux bassins.....	28
Chapitre III : Démarche d'amélioration.....	29
I) Détermination du problème.....	30
1) Introduction.....	30
2) Analyse SWOT.....	32
3) Performance des bassins d'épandages.....	33-34
A) Taux de recyclage.....	35
B) Evolution du taux de recyclage.....	35
C) Indicateurs.....	36
a-La durée de vie.....	36
b -la granulométrie.....	36
II) Propositions d'amélioration.....	37-43
III) Autre proposition.....	43-44
Conclusion.....	45
Bibliographie.....	46

Liste des abréviations

OCP : Office chérifien des phosphates.

IDG : Industrie direction Gantour

IDG /PR : Division traitement Gantour.

IDG/EY : Division extraction Youssoufia.

IDG/AG : Division gestion administrative Gantour.

IDG/AD : Service achats délégués.

IDG/SM : services médicaux.

IDG/EA : Service études et analyses.

BPL: Bone Phosphate of Lime (phosphate de surface)

CERPHOS : Centre d'Etude et de Recherche des Phosphates Minéraux.

BH1 : batterie d'hydro-cyclones.

HD : hydro-classificateur.

B1, 15 : bacs de dilution.

P1, 13 : pompes.

CL, 4 : convoyeurs à bande.

HE : l'hydro-cyclone épaisseur

UCCS1 à UCCS3 : convoyeurs séparateurs.

URC3, URCL3, URC4 et URCL4 : convoyeurs de mise en stock.

AT 1, 2: machines d'attrition.

CO1, 2, 3: conditionneurs.

Swot: (Strength, Weakness, Opportunities, Threats)

(Forces, faiblesses, opportunités, menaces)

Recette7 ,8et9 : des fonts d'exploitation souterraine du phosphate.

P2299, P8135 : puits.

Liste des figures et des tableaux

- Figure 1: cartes des gisements exploités par d'OCP
Figure 2 : organigramme général du groupe OCP
Figure 3 : schéma d'un décanteur
Figure 4 : schéma d'un fonctionnement de cheminée
Figure 5 : bilan d'un bassin d'épandage
Figure 6 : évolution de taux de recyclage 2012-2013
Figure 7 : stockage en hauteur

Liste des Tableaux

- Tableau 1 : l'état actuel des bassins d'épandage des boues
Tableau 2 : évolution de taux de recyclage 2012-2013
Tableau 3 : durée de vie des bassins 7 et 8
Tableau 4 : étude granulométrique au niveau des boues bassins d'épandage
Tableau 5 : taux de perte par infiltration des différents types de sol
Tableau 6 : structure lithologique des bassins d'épandage
Tableau 7 : taux de perte par infiltration des bassins 7 et 8
Tableau 8 : l'optimum de taux de recyclage

Remerciements

Avant tout, on tient à remercier l'OCP de nous avoir donné l'occasion de passer ce stage, plus particulièrement la laverie de YOUSOUFLA qui nous a bien accueillis.

Pour commencer on tient à remercier tout le corps professoral et administratif de la FST ainsi que toute personne ayant contribué à bien mener ce stage. En particulier Mr. SAIDI Mehdi notre encadrant à la FST, Mme REDDAD responsable au jury, et Mme HARIRI, responsable de la filière eau et environnement, pour leur aide et leur soutien.

On tient à présenter nos remerciements au chef d'entité laverie : Mr. AGGADI pour nous avoir permis d'intégrer l'OCP dans le cadre d'un stage de projet de fin d'étude.

On tient à présenter nos très sincères remerciements à Mlle. LALAM Khadija notre parrain de stage n'ayant ménagé aucun effort pour nous orienter, et nous encadrer pour l'élaboration de ce travail.

On témoigne notre profonde gratitude à Mr OUALI Hassan pour ses conseils précieux et ses recommandations qu'il nous a prodigués durant toute la période du stage.

Nos vifs remerciements vont également à l'ensemble du personnel de l'OCP pour leur chaleureux accueil, de nous avoir aidé techniquement et moralement, et pour leur amabilité à nous écouter et à répondre à nos questions chaque fois que nous les sollicitons. Le présent rapport n'aurait pu voir le jour sans leur collaboration.

Enoncé de sujet

Le lavage du phosphate de la laverie de Youssoufia génère des quantités importantes de boues qui sont évacuées par pompage vers les bassins d'épandage, à proximité de la laverie, qui permettent le stockage des boues et la récupération des eaux surnageantes.

Dans le but de rationaliser le fonctionnement des bassins actuelles, il est demandé de :

- ☞ Effectuer un diagnostic de la situation actuelle des bassins d'épandage et de faire une analyse critique de leurs mode d'exploitation.
- ☞ Proposition des solutions d'amélioration des bassins d'épandage en vue d'un recyclage maximum des eaux.
- ☞ Etudier les possibilités d'amélioration des bassins actuels à proximité de la laverie ou d'aller éventuellement vers les anciennes zones d'exploitation.



Chapitre 1 : Généralités

I- Historique:

1. Cadre géologique et caractéristiques des gisements

Les 4 principaux bassins phosphatés marocains sont : Oulad Abdoun, Maskala, Gantour, dans la méséta marocaine et Oued Eddabah dans le sud. Parmi ces bassins, trois (Oulad Abdoun, Gantour et Oued Eddabah) sont en cours d'exploitation.

Ces gisements phosphatés se sont déposés à la fin du Mésozoïque et au début du cénozoïque (crétacé terminal jusqu'au Lutétien) et se distinguent par des teneurs élevées (BPL) en phosphore et par de faible taux en impuretés. Ces phosphates sont composés d'éléments phosphatés à aspect de sable fin humide et d'éléments stériles (calcaire, silice, gangue argilo-calcaire, etc.) Dont la taille varie de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres. Ils sont pauvres en silice, fer et alumine, mais sont généralement assez carbonatés. Les réserves marocaines en phosphate, constituant l'une des principales ressources minières du Maroc, elles représentent près de 75% des réserves mondiales identifiées et se distinguent, en plus, par leur richesse exceptionnelle en phosphore et par leur proximité relative par rapport aux ports d'embarquement.

La production des phosphates s'élève à peu près à 21 million de tonnes (Mt) de phosphate locale pour la fabrication d'acide phosphorique et d'engrais phosphatés. Le phosphate est un oligoélément naturellement présent dans la nature et Indispensable à la vie. Le phosphate est une molécule composée de (5 atomes d'oxygène et deux atomes de phosphore). Cette molécule est un élément essentiel à la prolifération de la vie Végétale et animale sur terre il fait partie d'un cycle sans fin. En effet ce cycle du phosphate est un des nombreux cycles qui se répètent indéfiniment comme il y en a beaucoup dans la nature. Le phosphate est au départ présent sous forme de roche (ou sédiment), il est alors utilisé par les végétaux qui composent la flore qui l'entoure, puis ces végétaux retournent à l'état de poussière comme toute vie (il peut être aussi consommé par une vie animal elle aussi subissant le même sort que les plantes). Le cycle phosphatique est une boucle qui tourne à l'infini c'est un circuit fermé. Mais l'homme a volontairement bouleversé cet équilibre si parfait en effet le phosphate est utilisé à des fines commerciales et dérègle ainsi le précieux circuit. Le cycle demande plusieurs milliers d'années pour être bouclé.

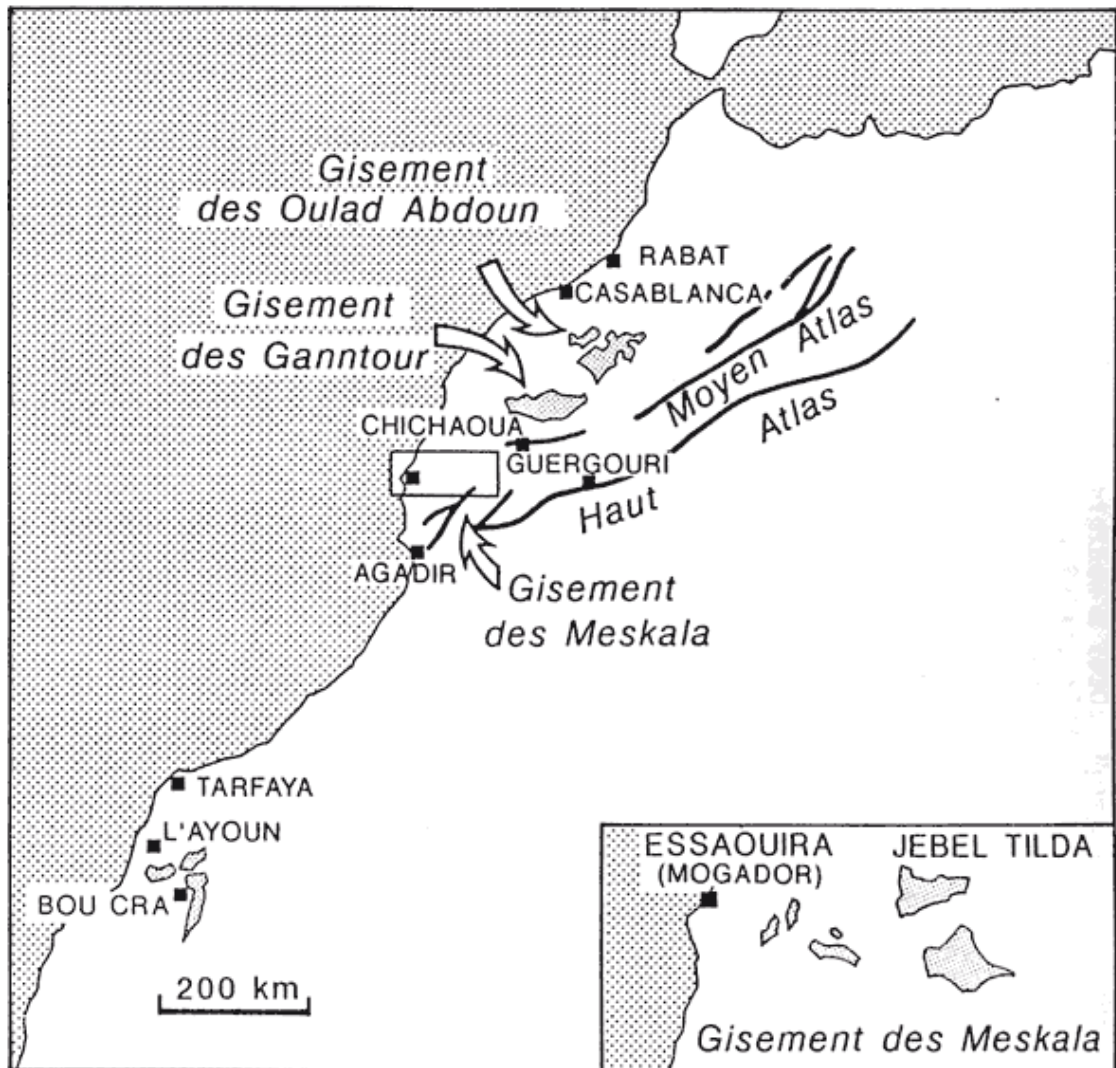


Figure 1: Cartes des gisements exploités par d'OCP

2. Généralités

Dates importantes :

- Date de création de l'OCP : 1920
- Date de création du Groupe OCP : 1975
- Réserves de phosphate : 3/4 des réserves mondiales
- Production : phosphate et dérivés phosphatés (Acide phosphorique, engrais)

Sites de production :

- Phosphate : Khouribga, Ben guérir, Youssoufia, Boucraâ, Laâyoune
- Dérivés : Safi, Jorf Lasfar

Effectifs : 19874 dont 856 ingénieurs et équivalents

Ports d'embarquement : Casablanca, Jorf Lasfar, Safi, Laâyoune

3. Activités du Groupe :

Le Groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP) est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de 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. Le phosphate provient des sites de, Youssoufia, Khouribga, Ben guérir et Boucraâ-Laâyoune. Selon les cas, le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec...). Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du Groupe, à Jorf Lasfar 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 1,3 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'entreprise. Dans un contexte de concurrence accrue, le Groupe OCP poursuit la politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouveaux débouchés. Avec une exigence sans

cesse réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité et de protection de l'environnement.

4. Historique du Groupe:

Les phosphates, sont la première richesse minière du pays de réserve. Le monopole de l'exploitation et d'exportation est confié à l'Office Chérifien des Phosphates qui exploite les gisements de Khouribga, Benguéir, Youssoufia et Boucrâa / Laâyoune.

L'Office Chérifien des Phosphates (OCP) a été créé le 7 août 1920, sous la forme d'un Organisme d'Etat, mais étant donné le caractère de ses activités commerciales et industrielles, le législateur a tenu à le doter, dès sa création, d'une organisation lui permettant d'agir avec le même dynamisme et une compétitivité comparable à celles des entreprises privées internationales.

Par la suite, l'évolution des activités de l'Office et l'ampleur de ses projets de valorisation ont conduit à la mise en place en 1974-1975, d'une structure de Groupe permettant l'intégration de différentes entités filiales complémentaires au sein d'un même ensemble : le Groupe OCP.

5. Les Dates Clés:

Les principales dates qui ont marqué l'histoire du Groupe OCP :

1920 : Création de l'OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATES (OCP) le 7 août 1920.

1931 : Début de l'extraction en souterrain à Youssoufia.

1936 : Premier train de phosphate de Youssoufia vers le port de Safi.

1942 : Création d'une unité de calcination à Youssoufia.

1954 : Démarrage des premières installations de séchage à Youssoufia.

1962 : Introduction de la mécanisation du souterrain à Youssoufia.

1969 : Entrée en exploitation de la première Recette de phosphate noir à Youssoufia.

2005 : création de la **laverie**.

6. Organigramme du groupe OCP :

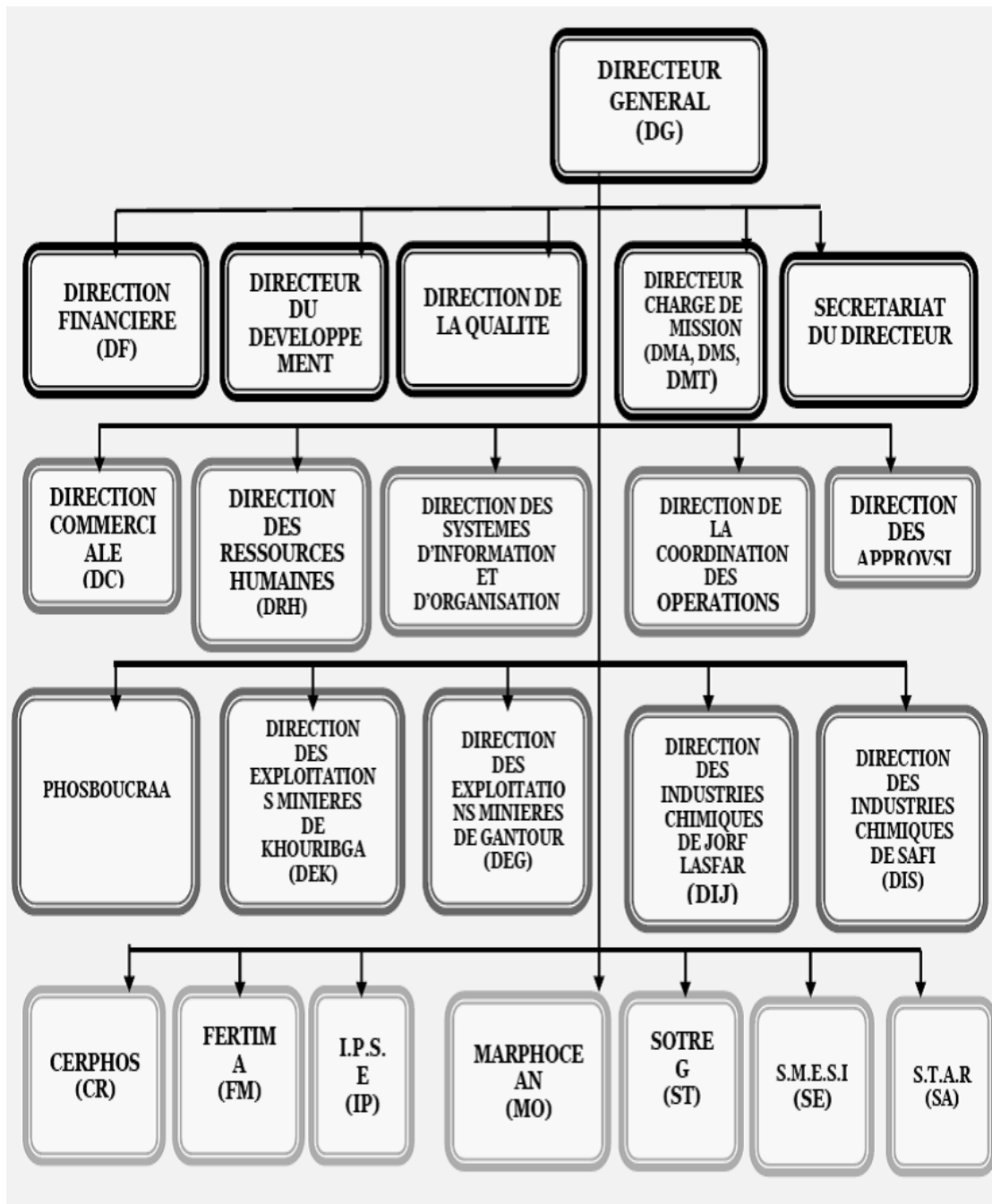


Figure2: Organigramme général du groupe OCP

7. L'utilisation du phosphate

Le phosphate est extrait sous forme minérale pour être commercialiser pour différents usages : il est la matière principale de l'extraction du phosphore, de la fabrication de l'acide phosphorique, et les engrais utiles pour pousser le rendement des récoltes. Il est aussi utilisé sous la forme de lessive et autre produit détergeant. Cette utilisation est l'une des plus grandes sources de dérèglement du cycle dans le monde. Le phosphate des propriétés détachantes intéressantes pour l'industrie des lessives (il permet aussi de faire briller la vaisselle...).on en fait aussi les médicaments et les insecticides.

Ce produit a un rôle primordial dans l'économie du Maroc qui dispose de plusieurs gisements phosphatés différents les uns aux autres aussi bien pour par leurs superficies Que par leur faciès. Le Maroc renferme les $\frac{3}{4}$ des réserves connues sur la planète. Il est le 1er exportateur et le 3ème producteur de phosphates bruts à l'échelle mondiale.

L'exploitation des phosphates constitue un monopole de l'Etat représenté par l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) créé en 1920. Cette exploitation se fait dans des conditions avantageuses, extraction facile à ciel ouvert, teneur forte qui permet un traitement consistant en un séchage et un épierrage.

II- Présentation de l'IDG :

L'Industrie direction de Gantour (IDG) est chargée d'assurer l'extraction et le traitement des phosphates de la région de Gantour en vu de l'acheminer vers Safi. Pour ce, elle est subdivisée en plusieurs divisions, services et sections.

1. Cas des phosphates de Youssoufia (Gantour):

Le gisement de Gantour, est l'un des quatre gisements de phosphate que recèle le pays. Il est situé au sud de la Meseta Marocaine, dans le domaine atlasique qu'a va des chaines du Rif jusqu'à la limite sud de Haut Atlas. Le plateau des Gantour est bordé au nord par le massif primaire de Rehamna, à l'Est par le cours d'Oued Tassaout, au sud par le massif paléozoïque de Jbilet et à l'Ouest par le massif mésozoïque de Mouisset. Il s'agit d'un gisement dont l'étendue est de 125 km d'Est en Ouest et de 20 km du Nord au Sud. Il recouvre en termes de superficie approximativement de 2500 km² et ses réserves sont estimées à environ 31 milliards de m³, soit 35 % des réserves nationales.

Les principaux faciès impliqués sont des phosphates sableux granulaires, des calcaires et dolomies, des marnes, argiles et silicifications diagénétiques intercalées.

2. Organigramme de l'IDG :

➤ Les divisions:

IDG /PR : traitement Gantour, traite la charge du phosphate brut.

IDG/EY : extraction Youssoufia, chargé de l'extraction minière de Youssoufia de la maintenance et la gestion.

IDG/AG : gestion administrative Gantour, veille à la bonne gestion des services sociaux mis à la disposition du personnel.

➤ Les services:

IDG/AD : achats délégués : l'approvisionnement suivi des demandes fournisseurs.

IDG/SM : services médicaux, chargés des services d'hospitalisation, des soins offerts au personnel.

IDG/EA : études et analyses s'occupent des analyses statistiques et comptables de l'activité par OCP, les établissements sociaux et contrôle leur qualité



Chapitre II : Description
des processus

I-Introduction :

Dans le but d'enrichir les phosphates à basse teneur en BPL, l'usine Laverie compte cinq processus principaux (lavage, flottation, décantation, stockage des boues et séparation solide-liquide), ce procédé étant développé par le Centre d'Etude et de Recherche des Phosphates Minéraux (CERPHOS), il consiste à effectuer les tâches suivantes :

Débourbage : malaxage du mélange phosphaté grâce au Débourbeur afin de le préparer au criblage et de le débarrasser de quelques impuretés minérales.

Criblage : séparation granulométrique du mélange provenant du débourbeur au moyen d'un crible à coupure de 3500 μm ; la tranche supérieure pauvre en BPL est envoyée au stock stérile.

Hydro-classification : consiste à éliminer la tranche inférieure à 40 μm et l'évacuer vers les décanteurs.

Flottation : consiste à éliminer les impuretés (silicates et carbonates) dans le mélange phosphaté par principe de flottation inverse après ajout de trois réactifs chimiques : Amine, Ester et Acide phosphorique. .

Décantation : sous l'effet de la gravité, les boues en provenance des lignes de lavage sont récupérées au fonds des décanteurs et pompées ensuite vers les digues.

III- Fonctionnement du procédé :

1. Processus Lavage :

➤ Alimentation en eau :

L'alimentation en eau des lignes de traitement sera effectuée à partir du bassin en béton armé destiné à recevoir :

Les eaux d'appoint adduites à travers les connexions réseau à partir de la nappe phréatique du RASS LAAYN qui se situe presque de 36,6 km de distance.

Les eaux recyclées à partir du décanteur et des systèmes d'épandage prévus pour le stockage des boues.

L'alimentation en eau des lignes de traitement sera effectuée à l'aide des pompes :

P6 pour les circuits de la ligne de lavage.

P13 pour le circuit de la ligne de flottation.

➤ **Alimentation en phosphate brut :**

Le phosphate brut est repris à partir des stocks par le convoyeur à bande CL1 pour alimenter le convoyeur CL2 qui déverse dans une trémie tampon placée à la tête de la ligne de lavage. Cette trémie est munie d'un extracteur permettant d'alimenter avec débit réglable le convoyeur ULC2. ce dernier muni d'une bascule intégratrice, alimente le circuit de débourbeur placé en tête de circuit de lavage-classification.

➤ **Débouirage et criblage :**

Le débourbeur est un tambour sous forme de tube cylindrique (virole) avec fonds munis d'ouvertures circulaires sous forme conique pour l'alimentation et la sortie des produits (solide+eau).

La virole est équipée 14 raille permettant le malaxage et 14 palettes permettant l'avancement du produit dans le tambour sauf que les trois derniers qui sont au sens opposé afin d'augmenter le temps de séjour.

Le mélange en suite est criblé, une opération qui consiste à éliminer les stériles supérieures 3500 μm au moyen d'un crible vibrant à balourds équipé d'une grille en matière synthétique jaune (polyuréthane 90A). Le crible est incliné de (10°) afin de garantir le transport requis des produits. L'eau d'arrosage installé au dessus de la surface du crible afin de libérer les grains égarés de phosphate collés sur les refus.

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 3500 μm . 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. Le crible est installé de manière inclinée pour favoriser l'écoulement du produit.

L'opération de criblage est facilitée à l'aide d'un système d'arrosage par l'eau sous pression, pulvérisée par des buses afin de libérer les grains phosphatés adhérents à la surface du stérile.

➤ **Système d'hydro-classification :**

Les passants du crible (fraction inférieure à 31500 μm) sont déversés dans le bac (B1) pour alimenter, à l'aide de la pompe (P1), le système d'hydro-classification réalisant la coupure intermédiaire : 160 à 180 μm selon le profile du minerai brut à l'alimentation. Ce système est constitué d'un hydro-cyclone et d'un hydro-classificateur (HD) montés en série.

La sur-verse de ce système (hydro-cyclone + hydro-classificateur) est déversée dans le bac (B3) qui alimente à l'aide de la pompe (P3) une première batterie d'hydro-cyclones (BH1) réalisant la coupure à 40 μm .

Pour une meilleure élimination des inférieures à 40 μm avec un minimum de pertes de la fraction supérieure à 40 microns, la coupure à 40 μm opérée à ce stade est complétée par un deuxième étage d'hydro-cyclonage constitué par la batterie d'hydro-cyclones (BH2) située dans l'atelier de flottation, en tête de circuit de flottation.

La sur-verse de la première batterie d'hydro-cyclones (BH1) constituant les boues de lavage est évacuée par pesantier vers le système de décantation.

La sous-verse, constituée de la fraction granulométrique (40 à 160 μm) est :

Soit dirigée vers les convoyeurs séparateurs (cas où la flottation pourrait être court-circuitée : indisponibilité de la flottation, minerai brut relativement riche ne nécessitant pas de traitement complémentaire au lavage,....)

Soit déversée dans le bac de pulpe (B4) qui alimente le bac tampon (B7) en tête du circuit d'attrition de l'atelier de flottation (pour être enrichie par flottation). Le rôle de ce bac est d'assurer une alimentation régulière et stable des équipements en aval.

La sous-verse du système d'hydro-classification (hydro-cyclone + hydro-classificateur), constituant le concentré de lavage, est déversée dans le Bac (B2) qui alimente à l'aide de la pompe (P2) l'hydro-cyclone épaisseur (HE), le produit (concentré de lavage) épaissi est égoutté sur les convoyeurs séparateurs (UCCS1 à UCCS3) avant d'alimenter la série des convoyeurs de mise en stock des concentrés (URC3 et URCL3 ou URC4 et URCL4). La sur-verse de l'hydro-cyclone (HE) est recyclée vers le débourbeur en tête du circuit de lavage flottation.

2. Processus flottation :

L'implantation de l'unité industrielle de flottation à la laverie de Youssoufia a pour but d'enrichir les tranches fines de phosphates (40-160 μm) de basse teneur en BPL (56%).

Elle consiste à flotter les carbonates (calcite, dolomite et les silicates) et récupérer les phosphates avec les non flottants. Le concentré de flottation doit atteindre une valeur de 70% en BPL. 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 l'amine.

Le principe de fonctionnement de l'unité de flottation est subdivisé en trois phases principales :

- Préparation de la pulpe
- Conditionnement de la pulpe
- Flottation inverse

➤ Préparation de la pulpe :

La pulpe constituée de la tranche [40 ; 160/180 μm] issue de lavage subit une préparation mécanique :

Premier deschlammage : Élimination de la tranche inférieure à 40 μm par simple cyclonage à l'aide de la batterie d'hydro-cyclone BH2.

Attrition : Libération des exo-gangues argilo-calcaire par friction en pulpe épaisse. Cette opération consiste à libérer les grains phosphatés des silicates et carbonates par friction. Elle se réalise dans deux machines d'attrition AT1 et AT2 par alimentation continue de chaque machine d'attrition par la souverse des hydro-cyclones ayant une concentration en solides de 60 à 68% en poids.

Deuxième deschlammage : Élimination par hydro-cyclonage à l'aide BH3 qui assure une coupure à 40 μm de la gangue libérée lors des cellules d'attrition.

Troisième deschlammage: Élimination par hydro-cyclonage de la gangue libérée lors de l'attrition à l'aide de BH4.

➤ Conditionnement :

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 trois conditionneurs repérés CO1, CO2 et CO3.

La pulpe deschlammée est diluée au niveau du BP13 pour régler le taux de solide à 20%.L'alimentation du conditionneur CO1 se fait à l'aide de la pompe PP5. A ce niveau se fait l'injection de l'acide phosphorique à 10%.

La pulpe est stockée dans BP15 avant d'être refoulée vers le conditionneur CO2 où se fait l'ajout de l'ester. La pulpe passe par gravité vers le CO3. L'ajout de l'amine se fait à l'entrée de la première cellule de flottation.

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 deviennent hydrophobes et présentent ainsi une grande affinité pour l'air que pour l'eau.

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.

➤ Flottation inverse :

La pulpe ainsi conditionnée tombe par gravité dans les cellules de flottation montées en série. Les produits flottés de neuves cellules constituent le rejet de flottation. Ces produits sont collectés dans un couloir pour être acheminés vers le bac BP10. L'abattage des mousses a lieu aux déversements de ces dernières dans le couloir collecteur.

En ce qui concerne le produit non flotté, il tombe par gravité dans le bac BP11 d'où il est soutiré à l'aide de la pompe PP11 pour être épaissi dans les hydro-cyclones BH6. La sur-verse est recyclée dans le bac BP13 en tête du premier conditionneur. La sous-verse épaissie rejoint le circuit de séparation solide liquide (convoyeurs séparateurs) pour égouttage. Le concentré de flottation peut être soit mélangé au concentré de lavage soit être égoutté et stocké séparément.

Après l'abattage des mousses, ces rejets sont soit épaissis dans les hydro-cyclones BH5 alimentés à l'aide de la pompe PP10 est refoulé vers le bassin de recyclage. La sur-verse des hydro-cyclones rejoint le circuit d'évacuation des boues vers le décanteur.

3. Processus décantation :

Les grains inférieurs à 40 μ m et les rejets de la flottation sont envoyés vers les décanteurs (D1 et D2) qui servent à épaissir les boues et récupérer une eau clarifiée. Cette récupération se base sur le phénomène de la sédimentation des particules dans un milieu aqueux, avec une vitesse de chute qui varie suivant leurs densités. Il y a donc un mouvement des particules vers le fond du décanteur et une remontée du liquide clair vers la surface. Cependant, la séparation solide-liquide dans le décanteur recevant les rejets fins provenant du lavage et de la flottation ne peut en aucun cas être totalement assurée par la seule opération de décantation. Elle est améliorée par l'ajout de flocculant à l'alimentation car le décanteur a pour rôle de fournir à la fois des sur-verses claires et des boues riches en solides. Les décanteurs D1 et D2 sont constitués d'une grande cuve circulaire de capacité de 50000m³ à fond conique. Ils sont munis d'un mécanisme de raclage animé d'un mouvement rotatif lent

(bras mécaniques), qui entraîne les solides sédimentés vers la pointe centrale inférieure de l'appareil. Les boues récupérées sont évacuées par trois orifices de décharge sans créer de turbulence, alors que le débordement de l'eau claire des deux décanteurs D1 et D2 déverse respectivement dans les bassins 4000 et 3000 qui alimentent à leur tour les chaînes de production en eau de procédé. (Le complément d'eau de procédé nécessaire est assuré par les eaux d'exhaures).

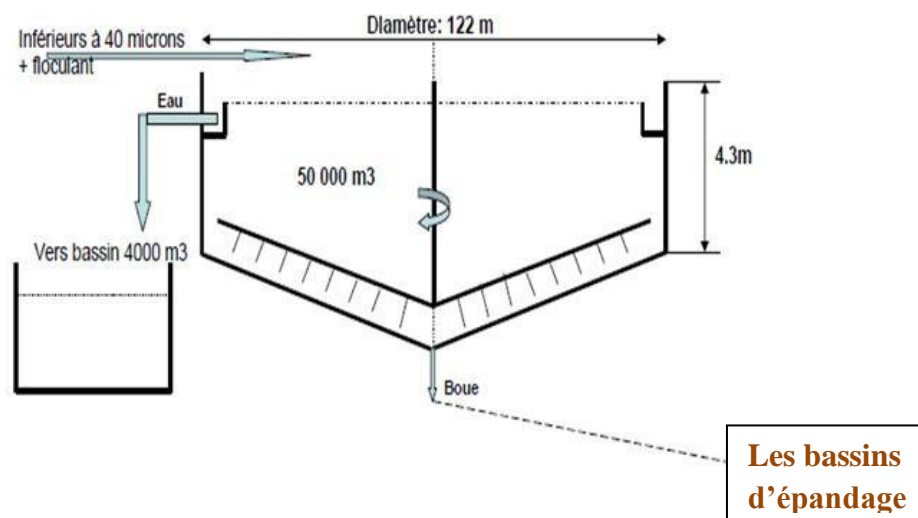


Figure3:schéma d'un décanteur

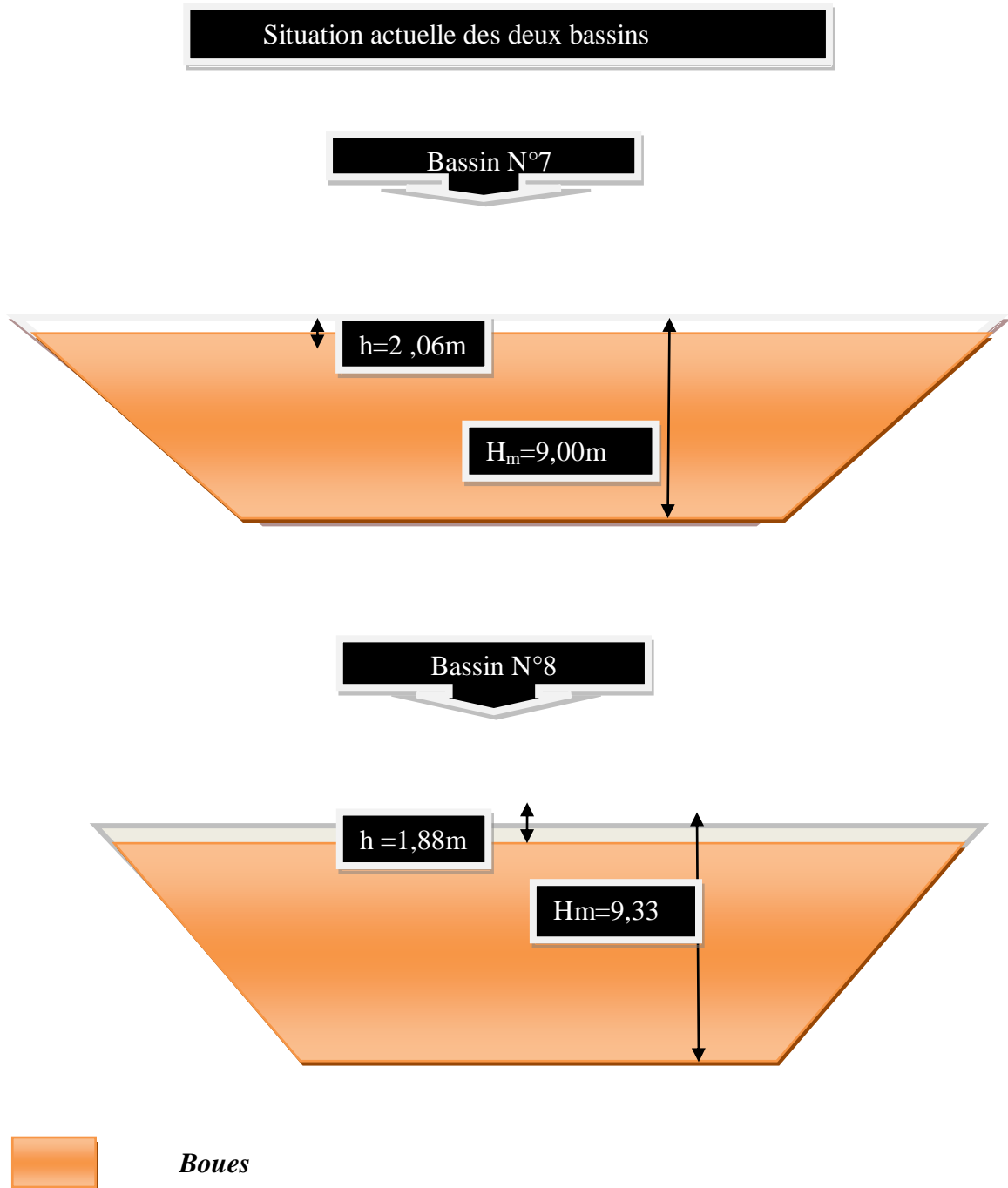
4. Processus stockage des boues (Bassins d'épandage) :

a- Soutirage des boues :

Pour chaque décanteur (D1, D2), les boues soutirées sont collectées séparément dans des cuves et sont pompées jusqu'aux bassins de stockage. Chaque pompe refoule à un débit horaire moyen de 370 m³/h. Les conduites de canalisation sont en acier standard de 300mm de diamètre.

b- Caractéristiques des bassins :

Les bassins exploités actuellement sont au nombre de deux bassins (Bassins n° 07 et n° 08). La hauteur moyenne des bassins est de 9,16 m. Ils sont situés à une distance d'environ 1,8km de la laverie.



c- Fonctionnement :

Les boues sont acheminées jusqu'aux bassins par le système de pompage. Chaque bassin comporte des points d'alimentation en boue ainsi que des cheminées permettant l'évacuation et la récupération d'eau claire. La récupération d'eau est basée sur la décantation de la boue et l'évacuation de l'eau surnageant moyennant des cheminées de hauteur entre 9 à 10m. L'eau claire récupérée dans chaque bassin est collectée de manière gravitaire jusqu'un bassin de stockage de l'eau claire, avant d'être pompée vers la laverie avec un débit horaire moyen de 260 m³/h.

Malgré cette forme d'exploitation, le rendement de ces bassins reste insuffisant, une démarche d'amélioration est nécessaire pour obtenir une meilleur performance du système de recyclage des eaux claires.

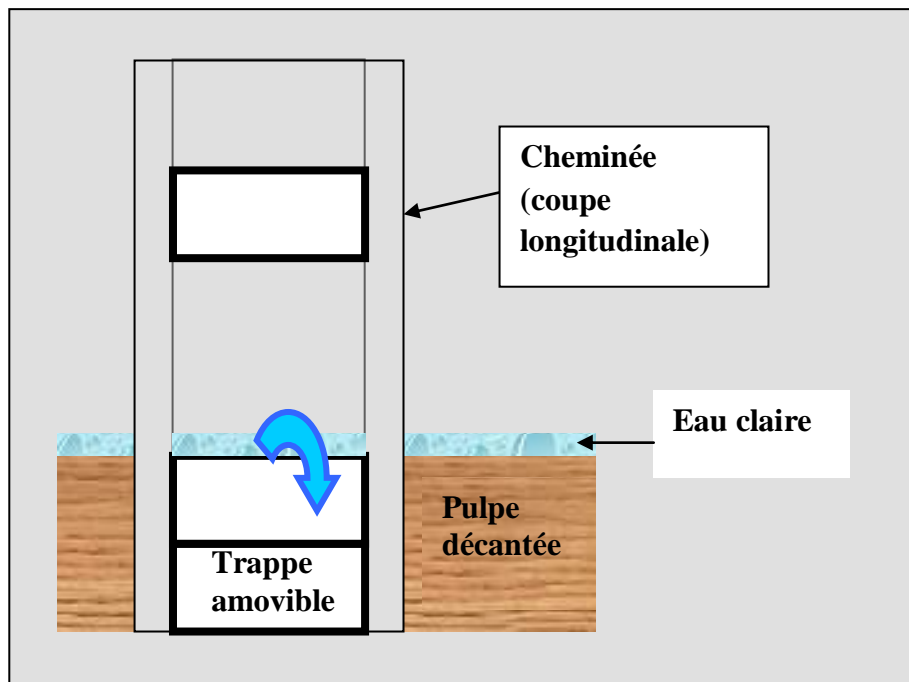


Figure4 : schéma de fonctionnement d'une cheminée

d-Situation actuelle des deux bassins :

Le tableau ci-dessous illustre la situation des bassins n° 07 et 08 de la laverie (situation Mai 2013) :

bassins	Nombre de cheminée	Nombre de point d'alimentation	Capacité (m ³)	situation du 06/02/2013		Taux de remplissage (°/°)
				volume de boue	volume restant	
7	4	7	3 319735	2515696	804039	75,78
8	3	6	3 332931	2627627	705304	78 ,4

Tableau 1 :l'état actuel des bassins d'épandage

IV- Flux en eau dans l'installation:

1. Introduction :

L'eau est l'une des plus importantes ressources utilisées dans la production et l'exploitation de l'usine Laverie, son rôle consiste à remplir plusieurs fonctions dans les différents processus de production :

Lavage : les unités de lavage sont alimentées en eau depuis les bassins 4000 et 3000, ces eau servent pour le malaxage, criblage et hydro-classification en humide avant d'obtenir deux éléments de sortie (concentré de lavage et rejets sous forme de boues) qui contiennent un pourcentage important en eau.

Flottation : les unités de flottation sont à leur tour alimentées en eau par les bassins 4000 et 3000 afin d'assurer le procédé de flottation inverse ; les rejets de flottation sont évacués vers les décanteurs D1 et D2.

Décantation : les décanteurs reçoivent une quantité importante de boues constituées principalement des rejets du lavage et de flottation. Après décantation, l'eau montée en surface déborde et trouve son chemin vers les bassins 4000 et 3000, alors que les boues de concentration relativement supérieure sont soutirées et puis transférées vers les bassins d'épandage.

Bassin d'épandage : les bassins d'épandage, reçoivent les concentrés de boues soutirés depuis les décanteurs D1 et D2. Après sédimentation, l'eau clarifiée est recyclée vers le bassin de récupération (bassin 4000), appuyant ainsi la consommation de l'eau au sein de l'installation.

2. Alimentation de l'installation:

Les unités de lavage et de flottation sont alimentées en eau depuis le bassin 4000 qui est à son tour alimentée principalement par la nappe phréatique **Bahira** par l'intermédiaire des puits : recettes 7,8 et 9, P2299, Projet **Bahira** et P8135.

Les flux provenant de ces puits se rencontrent à la Brise Charge, bassin de regroupement qui alimente par gravitation le bassin 4000 se trouvant à l'usine avec un débit de 360 m³ /h. Le bassin 4000 est d'un volume de 4000m³ maintenu à un niveau de 75% de son taux de remplissage afin de satisfaire les besoins industriels de l'installation.

3. flux d'eau sur les bassins d'épandage :

Flux entrant aux Bassins:

Pour chaque décanteur (D1, D2), les boues soutirées sont collectées séparément dans des cuves et sont pompées jusqu'aux bassins de stockage. Chaque pompe refoule à un débit horaire moyen de 370 m³/h. Les conduites de canalisation sont en acier standard de 300mm de diamètre.

Flux sortant des Bassins:

Les eaux clarifiées des bassins d'épandage sont récupérées grâce à des trappes à niveau et refoulées par une pompe de recyclage avec un débit horaire moyen de 260m³ /h vers le bassin 4000.



Figure5 : Bilan de bassin d'épandage



**Chapitre III : Démarche
d'amélioration**

I- Détermination du problème :

1-introduction

La récupération d'eau est basée sur la décantation de la boue dans les bassins et l'évacuation du surnageant d'eau moyennant des exutoires afin de :

- Réduire la consommation spécifique d'eau,
- Augmenter l'autonomie de stockage des bassins (gain en volume)
- Maintenir un bon état des murs de rétention.

Les pertes d'eau correspondent en effet à quatre facteurs :

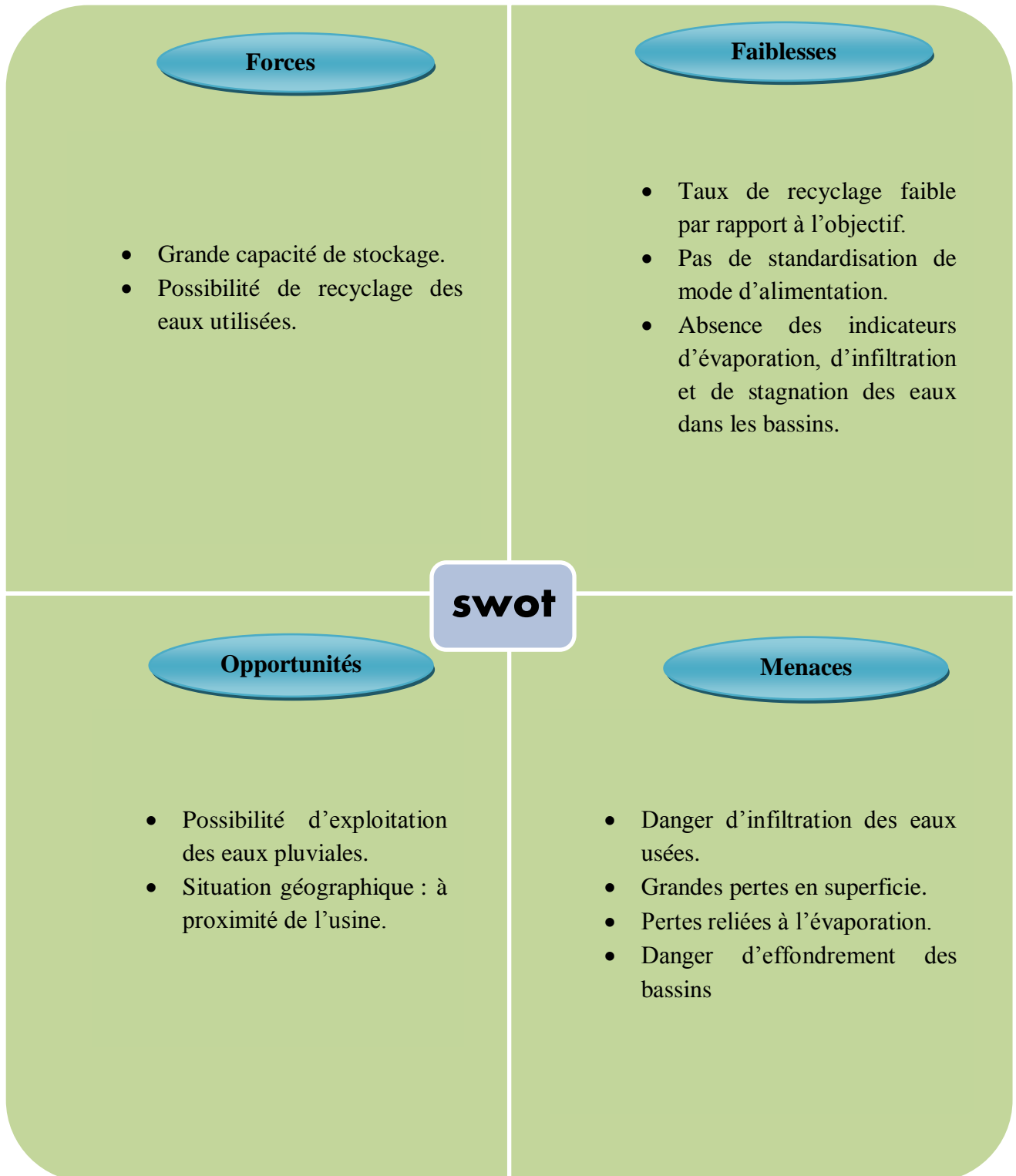
- **L'humidité résiduelle de 30%** : ne peut être récupérée.
- **L'évaporation** : non contrôlable.
- **Les infiltrations** : facteur à minimiser.
- **L'eau non récupérée par les cheminées** : il y aura toujours une fine pellicule d'eau non récupérable sur la surface des bassins. Cette eau s'évaporerait au cours de la consolidation de la boue.

a-Problèmes posés :

- ✚ Le dimensionnement des bassins des boues : les bassins actuellement exploités (7et8) se caractérisent par une très grande superficie (36 à37 Ha), cette grande surface favorise le déclenchement intensif de l'évaporation.
- ✚ La pente des deux bassins est irrégulière ce qui provoque un étalage non uniforme de la boue ainsi qu'un rassemblement inégal des eaux sur l'étendue des bassins.
- ✚ Le niveau des boues dans les bassins, a atteint actuellement le point d'alimentation, et, l'eau surnageante après décantation de la pulpe circule dans plusieurs parties loin des cheminées et par conséquent des quantités importantes d'eau sont stagnées formant des flaques d'eau à l'intérieur des bassins. Ceci est dû principalement à une mauvaise répartition de la boue due à des problèmes de conception des bassins et au nombre insuffisant et emplacement non adéquat du point d'alimentation.

- ✚ Risque de communication entre les deux bassins (7 et 8), lors des fortes précipitations ce qui provoque un débordement de l'une des digues sur l'autre, ce qui va influencer la gestion de la récupération des eaux.
- ✚ Danger d'effondrement des bassins d'épandage.
- ✚ Infiltrations importantes à travers les murs de retenue (parois des bassins non compactées) qui sont responsables de disfonctionnement structurels :
- ✚ Fissures en majorité longitudinales apparentes sur les crêtes.
- ✚ Affaissement important de plusieurs parties des digues.
- ✚ Dégradation de l'état des murs. (Érosion des talus et éboulement des parements des murs des bassins.
- ✚ Mauvaise récupération d'eau
- ✚ Récupération non complète des eaux surnageantes les bassins par les cheminées.
- ✚ Trappes coincées en position d'ouverture.
- ✚ Bouchage des conduites collectrices par les boues.
- ✚ Coincement de la glissière au niveau des cheminées.
- ✚ Absence d'étanchéité entre les trappes.
- ✚ Grandes pertes en superficie.
- ✚ Les pompes de recyclage sont touchées par des fuites exagérées au niveau des tresses lors des arrêts.
- ✚ Problèmes de corrosion des conduites de canalisations suite à l'action de l'abrasivité ce qui provoque des fuites aux jonctions de canalisations.

b-Analyse SWOT



II Performance des bassins d'épandages :

1-Taux de recyclage :

La performance du système de recyclage (bassins d'épandage+conduite de recyclage) est mesurée par le taux de recyclage qui est donnée par la formule suivante :

$$\text{Taux de recyclage}(\%) = 100 * \frac{\text{débit recyclé}}{\text{débit d'alimentation}}$$

Débit recyclé : est le débit de mesuré depuis la pompe de recyclage.

Débit d'alimentation : est la somme des débits des deux pompes de transfert qui assurent l'alimentation des bassins d'épandage par les boues.

2- Evolution du taux de recyclage :

Le tableau ci-dessous résume l'évolution du taux de recyclage, les mesures sont mensuelles et s'étendent sur une période d'un an (2012-2013).

Mois	Volume eau évacuée vers bassins de boues (m3)	Volume eau recyclée (m3)	Taux de recyclage (%)
janv.-12	559620	214510	38,33
févr.-12	475282	183422	38,59
mars-12	536649	165309	30,80
avril.-12	452610	156298	34,53
mai-12	490537	119435	24,35
juin-12	461805	103574	22,43
juil.-12	485070	105930	21,84
août-12	493381	134308	27,22
sept-12	538766	152058	28,22
oct.-12	566809	192650	33,99
nov.-12	524100	219067	41,80
déc.-12	503598	220584	43,80
janv.-13	494418	235841	47,70
févr.-13	483498	216615	44,80

Tableau2 : Evolution du taux de recyclage (2012-2013)

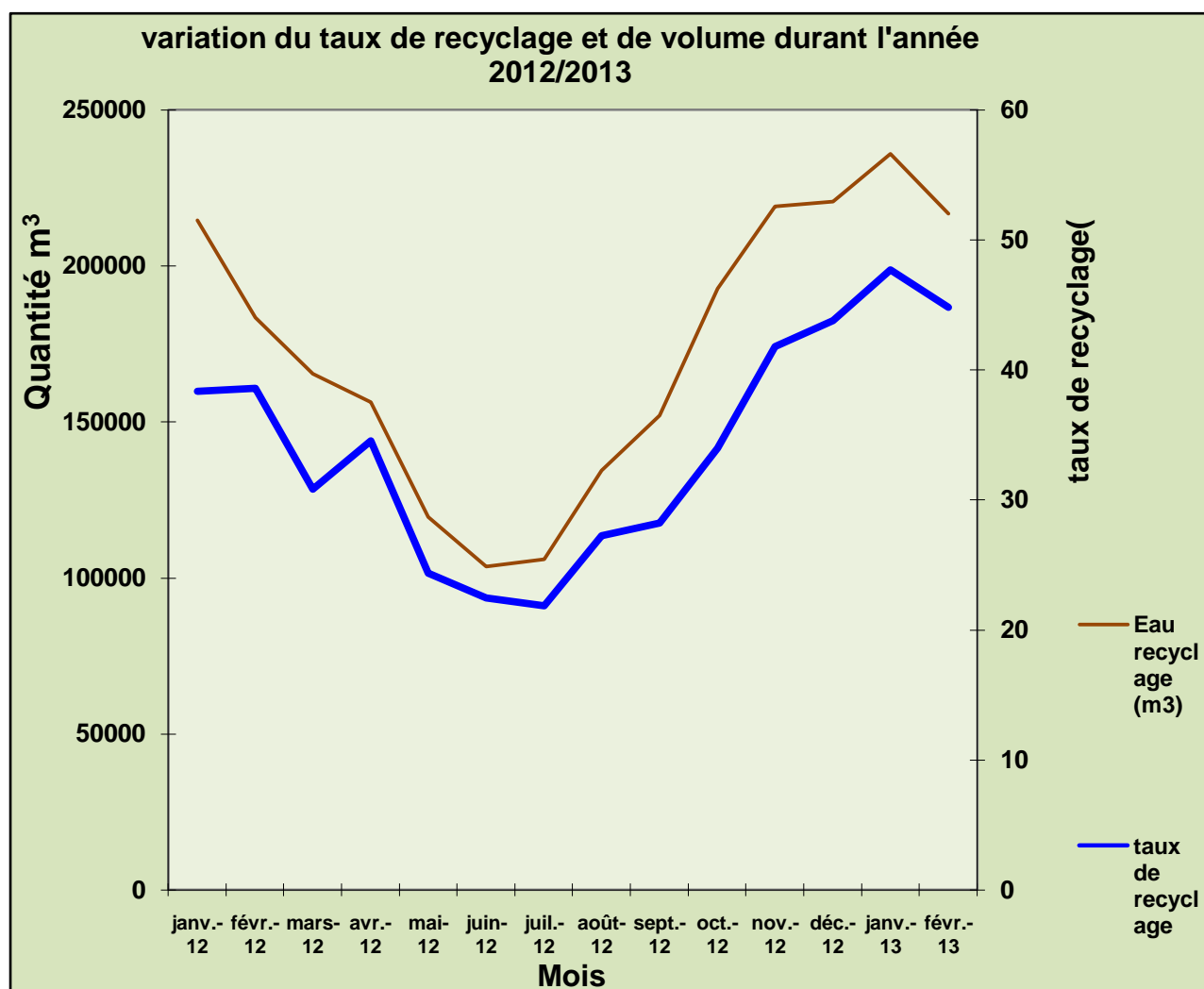


Figure 6 : évolution de taux de recyclage (2012-2013)

Analyses et Interprétation :

On remarque que les taux de recyclage ne dépassent pas les 47,7%, ainsi qu'une augmentation importante pendant la saison pluviale.

On peut diviser l'évolution du taux de recyclage en trois périodes :

- Janvier 2012-Avril2012 : le taux de recyclage est relativement élevé.
- Mai2012-Septembre2012 : le taux de recyclage est relativement faible.
- Octobre2012-Février2013 : le taux de recyclage est relativement élevé.

- Le taux de recyclage est influencé par :
 - Les conditions climatiques ;
 - Les pertes d'eau par évaporation et infiltration ;
 - L'humidité résiduelle dans la boue (30%).

3- Indicateurs :

A- Durée de vie :

$$T_C = V_T / Q_i$$

T_C : durée de vie du bassin calculée

V_T : volume total du bassin.

Q_i : différence du débit journalier horaire moyen = $370 - 260 = 110 \text{ m}^3/\text{h}$

Bassin	Volume de la boue (m ³)	Volume restant (m ³)	Volume total (m ³)	Durée de vie
7	2515696	804039	3319735	3,4
8	2627627	705304	3332931	3,5

Tableau3 : durée de vie des bassins d'épandage

Commentaire :

$T_C < T_R$

$T_C = 3,5$ **Pourtant** $T_R = 3$ ans.

T_R : durée de vie réelle.

T_C : durée de vie calculée.

Explication : Cette contradiction peut être expliquée par une mauvaise gestion concernant la concentration élevée du mélange sortie via le décanteur vers les bassins d'épandage.

B-Granulométrie des bassins :

Pour étudier la taille des grains composants les bassins d'épandage, on s'est basé sur le tamisage, en utilisant trois tamis de 40 ,80 et 160 μ m.

Classes (μ m)	Masse (g)	Pourcentage(%)
>200	1,27	0,56
200 -160	1,57	0,45
160-80	62,9	28,07
80-40	52, 35	23,3
<40	105,92	47,2

Tableau4 : étude granulométrique au niveau des boues

Commentaire :

Nous avons constaté on se basant sur l'étude granulométrique, une certaine hétérogénéité concernant la répartition des tailles des grains, presque 50 % des grains ont une taille inférieure à 40 μ m.

Interprétation :

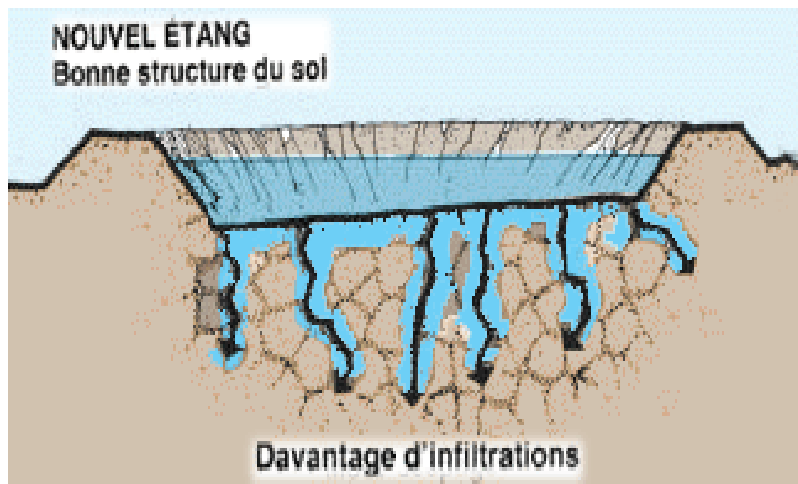
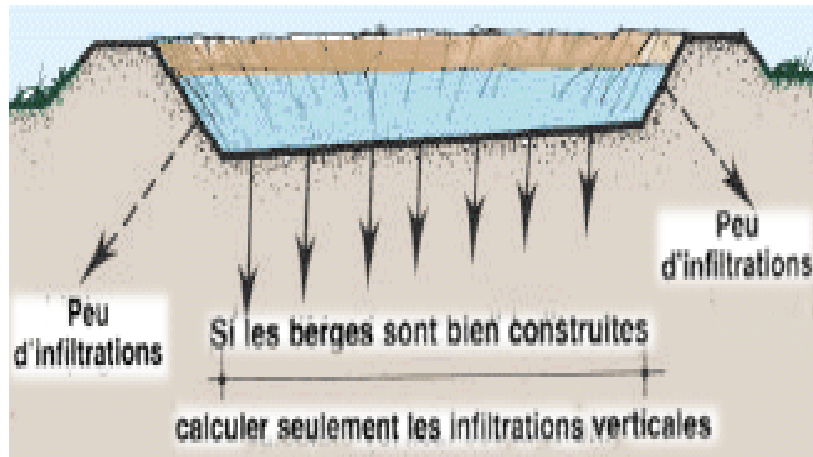
Les bassins d'épandage des boues sont formés essentiellement par l'argile.

III- Propositions d'amélioration :

✚ Perte d'eau par infiltration :

Définition :

Les pertes d'eau, soit verticalement à travers le fond de l'étang, soit horizontalement au travers des berges, ou encore par le système de vidange de l'étang, sont appelées **infiltrations**. Les fuites d'eau sont plus importantes dans un étang rempli pour la première fois. La structure du sol de l'étang étant encore bonne, il y a perte d'eau.



Calcul de taux d'infiltration :

Les chiffres ci-dessous indiquent la vitesse des **pertes par infiltration** en (mm/jour) de différents types de sol à l'état naturel. Ils permettent de calculer les pertes d'eau d'un étang sur une certaine période.

<i>Type de sol naturel</i>	<i>Pertes par infiltration (mm/jour)</i>
Sable	25,00 - 250
Limon sableux	13,00 - 76
Limon	8,00 - 20
Limon argileux	2,50 - 15
Argile limoneuse	0,25 - 5
Argile	1,25 - 10

Tableau 5 : Taux de perte par infiltration des différents types de sols

Le taux d'infiltration est calculé par la relation suivante :

$$T_i = \text{superficie du bassin (m}^2\text{)} * \text{taux de perte par infiltration (m /j)}$$

T_i : taux d'infiltration en (m³/j)

Profondeur(m)	Description lithologique
0,5	Terre végétale en limon brun
3,25	Calcaire graveleux de couleur blanchâtre à beige
Plus de 5,25	limon sableux phosphaté de couleur beige

Tableau 6: Structure lithologique des bassins d'épandage

Les sols limoneux-sableux sont caractérisés par un taux moyen de perte par infiltration de l'ordre de **44, 5 mm/j**, cette valeur diminue progressivement selon une durée de **6 mois**, jusqu'à ce que le sol devient totalement saturé.

Bassin	Superficie (m ²)	T_i (m ³ /j)
7	360000	1602
8	370000	1646,5

Tableau 7: Taux de perte par infiltration au niveau des deux bassins

 **Commentaire :**

D'après ces résultats nous avons constaté que le taux d'infiltration est influencé essentiellement par deux facteurs : la lithologie du sol et la superficie du bassin.



Proposition :

Afin de minimiser les pertes d'eau par infiltration on propose :

- La **mise en boue** sur toute la structure du fond de l'étang, avant de le remplir il faut d'abord saturer d'eau le sol du fond de l'étang. La quantité d'eau dont on a besoin varie selon le type de sol, dans notre cas la quantité d'eau nécessaire est calculée par la relation suivante :

$$Q = T_i * 6(\text{mois}) * 30(\text{jours})$$

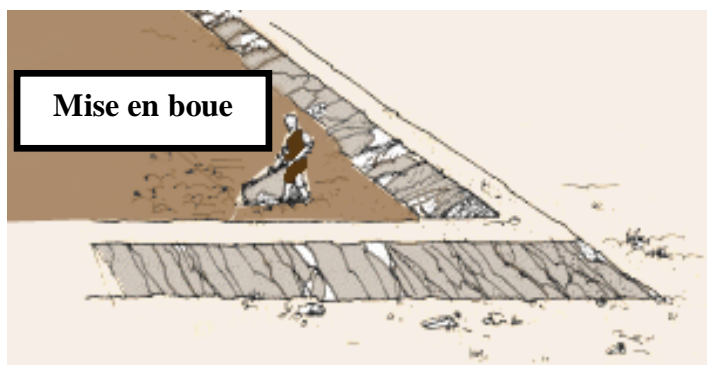
Q : quantité d'eau nécessaire pour saturer un bassin en (m³/j)

T_i : taux d'infiltration en (m³/j)

Quand l'eau a suffisamment imprégné le fond de l'étang pour que le sol puisse être travaillé, c'est le moment de mettre en boue.



Etape 1



Etape 2

- On peut imperméabiliser les murs coté cheminée par un film en *Polyane* c'est un film plastique de quelques centaines de microns

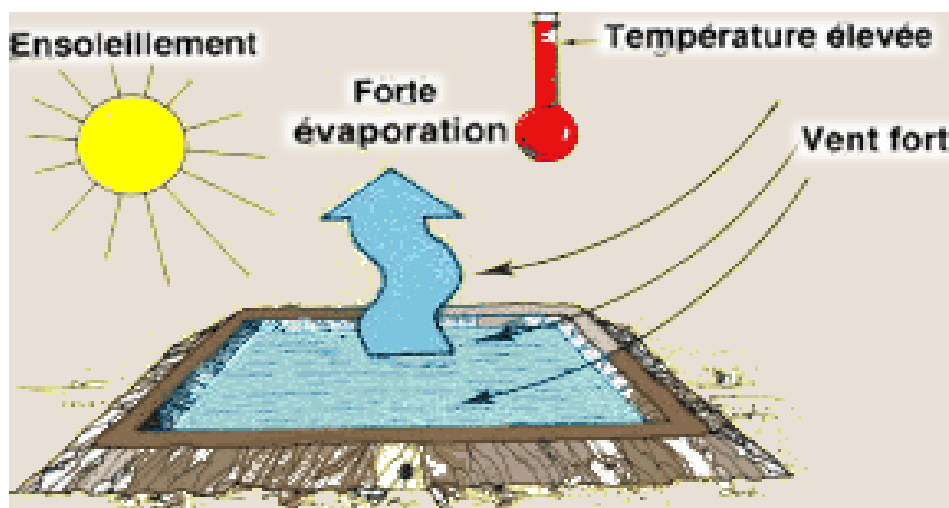
d'épaisseur placé *sur toute la surface* des murs pour empêcher les *remontées d'eau par capillarité*. ainsi que *les infiltrations*

Cette technique est parmi les moins chères et les plus simples à appliquer.

✚ Perte d'eau par évaporation :

Définition

L'évaporation est l'eau qui se dissipe dans l'atmosphère. La quantité d'eau de l'étang perdue par évaporation dépend beaucoup des conditions climatiques locales. Des températures atmosphériques élevées, une faible humidité, des vents forts et l'ensoleillement augmentent l'évaporation. De basses températures atmosphériques, une forte humidité, la pluie et un ciel couvert diminuent l'évaporation. L'évaporation dépend aussi de la superficie du plan d'eau: plus l'étang est grand, plus il s'évapore d'eau.



L'optimum de recyclage d'eau industrielle :

Pertes d'eau	Pourcentage(%)	optimum(%)
Evaporation	40	70
Humidité résiduelle	30	
Infiltration	30	

Tableau 8 :l'optimum de recyclage d'eau industrielle

Proposition :

✚ Pour réduire les pertes d'eau par évaporation on doit créer des petits bassins qui vont se caractériser par leur superficie plus ou moins réduite.

✚ Cheminée de récupération d'eau claire :

Le nombre de cheminées de récupération d'eau par bassin doit être optimisé, afin d'avoir une bonne récupération, pour un coût minimum. Ces cheminées sont au nombre de deux et sont positionnées dans les coins des bassins. La cheminée doit être construite en béton et il est nécessaire de prévoir des fondations importantes afin d'éviter l'enfoncement de la structure.

✚ Emplacement des points d'alimentation :

La position du point d'alimentation en pulpe doit être diamétralement opposée au point de récupération d'eau, afin de permettre, une répartition homogène de la pulpe sur la surface des bassins, et un temps suffisant à la boue de sédimenter de façon à avoir une couche d'eau épaisse en face de la cheminée.

Un seul point d'alimentation, s'il est bien choisi, favorise la décantation et permet une meilleure récupération d'eau. Plusieurs points d'alimentation peuvent permettre une répartition plus rapide sur l'ensemble du bassin. Toutefois, il est à craindre une zone de turbulence au point de rencontre des deux ou plusieurs flux.

L'alimentation des bassins sera donc faite par un seul point d'alimentation, tout en prévoyant un ou deux points d'alimentation complémentaires, en fonction de la largeur du bassin, à utiliser en cas de besoin. Ces points sont conçus de manière à contrebalancer le flux de l'alimentation principale.

✚ Coincement au niveau des trappes :

Ce problème est dû essentiellement au manque du graissage, et à la manipulation manuelle des trappes, trappes plus longue que nécessaire, une intervention nécessite le placement des joints entre les trappes pour assurer l'étanchéité redimensionnement des trappes.

✚ Prolongement de la durée de vie des bassins des boues :

Pour prolonger la durée de vie des bassins actuels, un rehaussement partiel des murs de retenue et une surélévation des cheminées s'avèrent nécessaires pour augmenter leur capacité de stockage.

✚ Les bassins d'eau claire (bassins de recyclage) :

Organiser un curage au bassin de recyclage effectué lors d'un arrêt programmé afin d'évacuer la boue.

✚ Alimentation cyclique :

Pour augmenter le taux de récupération, Les bassins d'épandage nécessitent un repos entre l'alimentation de la digue et sa récupération. On va alimenter la première digue et récupérer à partir de la deuxième digue, en attendant un certain temps pour que la boue se décante, puis on récupère l'eau.

✚ Système de récupération :

Pour améliorer les performances du système de récupération on propose de faire un circuit de récupération en double de 300m³/h, avec deux pompes puissantes qui refoulent de plus de 800 m³/h qui réagissent non seulement à l'eau claire mais aussi à l'eau tintée.

✚ Risque de communication entre les digues :

Pour éviter ce problème, on doit installer un système de prévention sous forme d'un petit bassin qui a le rôle d'éviter le débordement des bassins.

III - Autres propositions :

✚ Stockage vertical des boues séchées:

Cette méthode consiste à stocker les boues après récupération de l'eau par l'intermédiaire des convoyeurs séparateurs dans un premier lieu, les boues stockées dans des bassins de dimensions calculées en tenant comptes des contraintes géographiques vont bénéficier d'un temps de séjour afin d'atteindre une humidité minimale et seront mises à terril.

L'installation doit être constituée de :

- Station de floculation pour faciliter la séparation solide liquide.
- Convoyeurs séparateurs jouant le rôle des bassins de séparation pour séparer l'eau de la phase solide floculée.

Projet de fin d'études

- Convoyeurs à bande pour le transport des boues après séparation et pour la mise en stock.
- Roue pelle et son convoyeur pour la mise à terril.
- Deux Stackers pour empiler les boues séchées dans les bassins.
- Conduite collectrice des eaux récupérées.
- Système de pompage des eaux recyclées vers le décanteur D1.
- Zone de stockage en hauteur (stockage verticale) près des bassins.

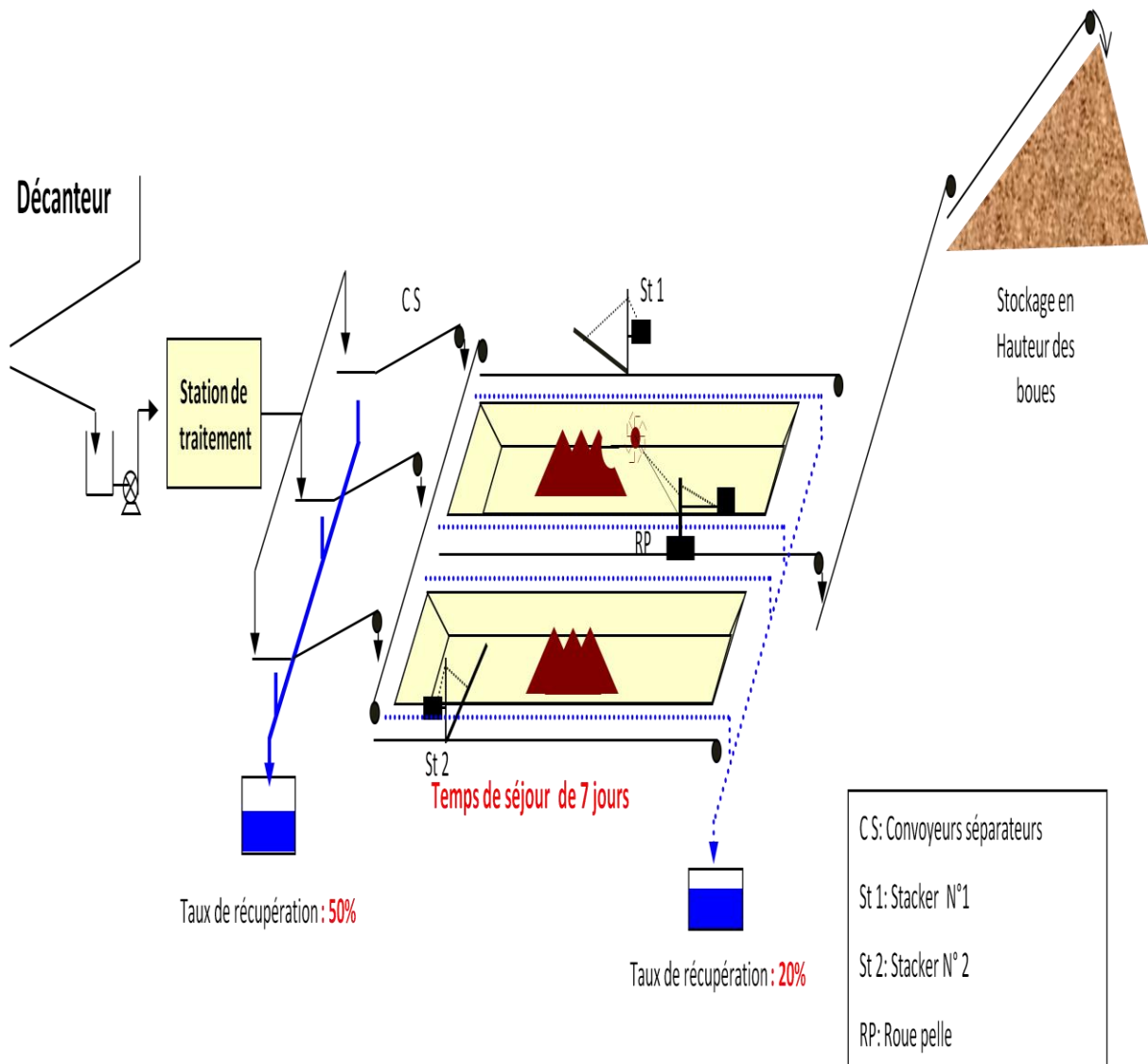


Figure 7 : Stockage en hauteur

L'application de ce procédé promet une amélioration importante par rapport à la situation actuelle notamment une amélioration du taux de récupération de l'eau combinée à un stockage en hauteur de grand volume et à un gain important en superficie.

Conclusion

Le travail mené dans le cadre de notre projet de fin d'études est une contribution au traitement et à l'amélioration de recyclage des eaux impliquées au traitement du phosphate à la laverie Gantour (Youssoufia).

L'objectif de cette étude consiste à analyser le système de recyclage des eaux utilisées dans la production de l'usine laverie de Youssoufia et évaluer sa performance afin de constater les anomalies présentes dans le système et d'établir un plan d'action dont le but de corriger ces anomalies et de les éviter lors de la conception des nouveaux bassins

L'état des lieux des différents bassins d'épandage des boues de lavage a permis de dégager des difficultés qui entravent et perturbent la bonne gestion de stockage et de récupération d'eau.

Les principales actions d'amélioration proposées afin d'améliorer l'état des bassins et de prolonger leur durée d'autonomie de stockage sont les suivantes :

- Confortement et rehaussement des murs.
- Renforcement des passages pour éviter leur affaissement et éboulement.
- Redimensionnement du circuit de pompage et canalisations de boue et de recyclage d'eau claire.
- Création des bassins de surface réduite.
- Imperméabiliser le mur coté cheminée par un film polyane.

En plus de ces gains, le recyclage d'eau assure la continuité de la marche de la laverie et préserve l'image de marque de l'OCP par la protection de l'environnement.

Bibliographie

Références électroniques :

www.groupe OCP .ma: L'historique de l'OCP;

Pass Crea Mode - <http://www.passcreamode.com>

<http://www.chambres-agriculture->

[picardie.fr/fileadmin/documents/Oise/guide_des_sols/Soissonnais/S-limon-sable.pdf](http://www.chambres-agriculture-picardie.fr/fileadmin/documents/Oise/guide_des_sols/Soissonnais/S-limon-sable.pdf)

http://www.ville.laval.qc.ca/wlav2/docs/folders/portail/fr/environnement/plan_gestion_materieres_residuelles/documents/preparation_plan_gestion_materieres_residuelles_rapport_5.pdf?

Documentation de la laverie :

Le manuel de formation du personnel d'exploitation a la conduite des installations la laverie.

Les fiches de suivi unité de lavage.

Les Quick Guide du matériel utilisé.

Sondage du L.P.E.E (19-01-2013), dossier : 2012-240-8063-2012-0235.