

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	6
----------------------------	---

Première partie : présentation générale

I. Présentation de l'O.C.P.....	7
1. Historique.....	7
2. Statut juridique.....	8
3. Organisation.....	8
4. L'organigramme de l'OCP	10
II. Usine de traitement de Béni-Idir.....	11
1. Parc humide	11
2. Stock sec.....	11
3. Station de chargement.....	11
4. Unité de séchage.....	11
5. Unité d'enrichissement à sec.....	12
III. Usine d'enrichissement à sec de Béni-Idir.....	12
1. Introduction.....	12
2. Alimentation en brut à traiter.....	13
3. Circuit de traitement en brut.....	14
4. Dépoussiérage.....	16
5. Evacuation de l'enrichi.....	16
6. Evacuation du stérile.....	17
IV. Description de l'usine.....	19
1. Trémie.....	20
2. Extracteur.....	21
3. Broyeur à percussion.....	22
4. Classificateur pneumatique.....	23
5. Rédler.....	24
6. Elévateur à godet.....	25
7. Aéroglissière.....	26

Deuxième partie : analyse des installations critique de l'usine de l'enrichissement à sec

I.	Analyse du taux de disponibilité.....	27
	1. Evolution du taux de disponibilité.....	27
	2. Interprétations	28
II.	Analyse globale des arrêts de l'Usine.....	29
	1. Introduction.....	29
	2. Description des arrêts internes et communs.....	29
	a. Pareto des arrêts internes et communs.....	31
	b. Pareto des pannes.....	32
	3. Conclusion.....	33
III.	Analyse des arrêts de l'installation critique : l'élévateur a godet.....	34
	1. Introduction.....	34
	2. Pareto des causes d'arrêts de l'élévateur à godet.....	35
	3. Le diagramme d'ISHIKAWA.....	37

TROISIEME PARTIE : actions d'amélioration de l'usine d'enrichissement à sec

	1. Introduction.....	38
	2. Solution	38
	3. Amélioration.....	40
	4. Actions d'amélioration du retour produit	42
	5. Gain obtenu après l'amélioration de la chaîne de production.....	42
	6. Discussion des résultats.....	44
	Conclusion.....	45
	Annexe.....	46
	Bibliographie.....	52

INTRODUCTION GENERALE

Les pannes pénalisent la bonne marche de la ligne de production. En conséquence il faut maintenir les équipements dans un état tel qu'ils ne tombent pas en panne, et qu'ils fonctionnent toujours à plein régime. Il faut prendre des mesures appropriées pour qu'il en soit ainsi.

C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet effectué à l'Office Chérifien du Phosphate (OCP) à Béni-Idir Khouribga dont le principal objectif est l'amélioration des performances de l'unité de production de l'usine d'enrichissement à sec du phosphate.

L'étude menée consiste à établir un diagnostic minutieux des anomalies de la chaîne de production existante, et ce par le biais d'une étude critique et d'une analyse approfondie des causes réelles de défaillance. Les solutions susceptibles d'améliorer le fonctionnement de la chaîne sont proposées à la lumière de cette analyse détaillée.

Le présent rapport est subdivisé en trois parties principales :

- La première partie consiste en une présentation générale de l'usine de Béni-Idir et de l'unité d'enrichissement à sec.
- La deuxième partie est réservée à l'étude critique du circuit d'enrichissement à sec et des principaux équipements le constituant.
- La troisième partie consiste à proposer des actions pour améliorer la performance de l'unité de production.

PREMIERE PARTIE : présentation générale

I. Présentation de l'OCP

1. Historique :

La prospection géologique qui a commencé vers 1908 a relevé les premiers indices de phosphates au Maroc en 1912, dans les régions d'Ouled Abdoun à 120 km de la mer. Mais il a fallu attendre la fin de la première guerre mondiale en 1919 pour faire l'étude du projet d'exploitation des phosphates.

L'OCP fut créée par un dahir de 7 août 1920 réservant à l'état marocain tous les droits de recherche et d'exploitation du phosphate ainsi que le monopole de vente de ce minerai.

L'exploitation effective du phosphate marocain fut entreprise à partir de février 1921 dans la région d'Oued-Zem sur le gisement des Ouled Abdoun et le 1^{er} train de phosphate a pris son chemin vers Casablanca le 30 juin 1921.

Le Maroc présente 75% des réserves mondiales du phosphate. Depuis sa création l'OCP avait pour buts :

- La récupération maximale de gisement.
- La satisfaction de la demande en quantités et qualités.
- La compression des dépenses.
- La valorisation des ressources humaines.

2. Statut juridique

Le dahir du 27 janvier 1920 a attribué à l'état marocain à la participation aux recherches et l'exploitation du phosphate dans tout le royaume.

Le dahir du 7 août 1920 décréta la fondation de l'office chérifien des phosphates comme filiale qui sera géré dans des conditions légales, techniques et psychologiques identiques à un établissement industriel et commercial.

Le groupe OCP est dirigé par un directeur général nommé par dahir. Ce groupe est supervisé par un conseil d'administration représentant les services permanents, outre le conseil d'administration est présidé par le premier ministre.

3. Organisation

Actuellement l'OCP ne nécessite pas d'être présenté, étant une grande entreprise connue à l'échelle nationale et internationale son siège social est à Casablanca doté d'une direction générale section du personnel et des affaires sociales, direction de commerce, direction de communication et formation, etc... et de division dispersées géographiques selon les zones d'exploitation minières et industrielles.

Cette grande entreprise ne cesse de se moderniser pour satisfaire sa clientèle et pour garder sa place devant les concurrents comme les entreprises de l'Europe, les Etats-Unis, le Canada et le Brésil.

Les grandes quantités de phosphate extraites sont réparties entre le souterrain et découverte. Actuellement la priorité est donnée à l'exploitation à ciel ouvert dite (découverte), dont les frais sont moins chers que l'exploitation souterraine.

Et pour mieux gérer cette grande entreprise, l'OCP a crée des filières telles que :

CERPHOS : (Centre d'étude et de recherche des phosphates minéraux) : sa mission est d'organiser et exécuter toute activité d'analyse, d'étude et de recherche scientifique et technique liée directement ou indirectement à l'exploitation du produit et ses dérivées.

FERTIMA : (Société marocaine des fertilisants) : son but est de commercialiser les engrais à l'intérieur du pays en provenance des unités chimiques du groupe O.C.P.

MAROTEC : Société marocaine des réalisations techniques et d'ingénierie.

MAROC CHIMIE et MAROC PHOSPHORE : sont chargées de produire l'acide phosphorique et l'engrais.

MARPHOCEAN : Elle est spécialisée dans le transport maritime de l'acide phosphorique et autres produits chimiques.

SMESI : (Société marocaine d'études spéciales et industrielle) : ses activités principales sont l'étude et la réalisation des installations industrielles, ses activités (manutention, stockage, installation, traitement).

SOTREG : (Société de transport régional) : Elle est chargée du transport du personnel du groupe O.C.P.

4. L'organigramme de l'OCP

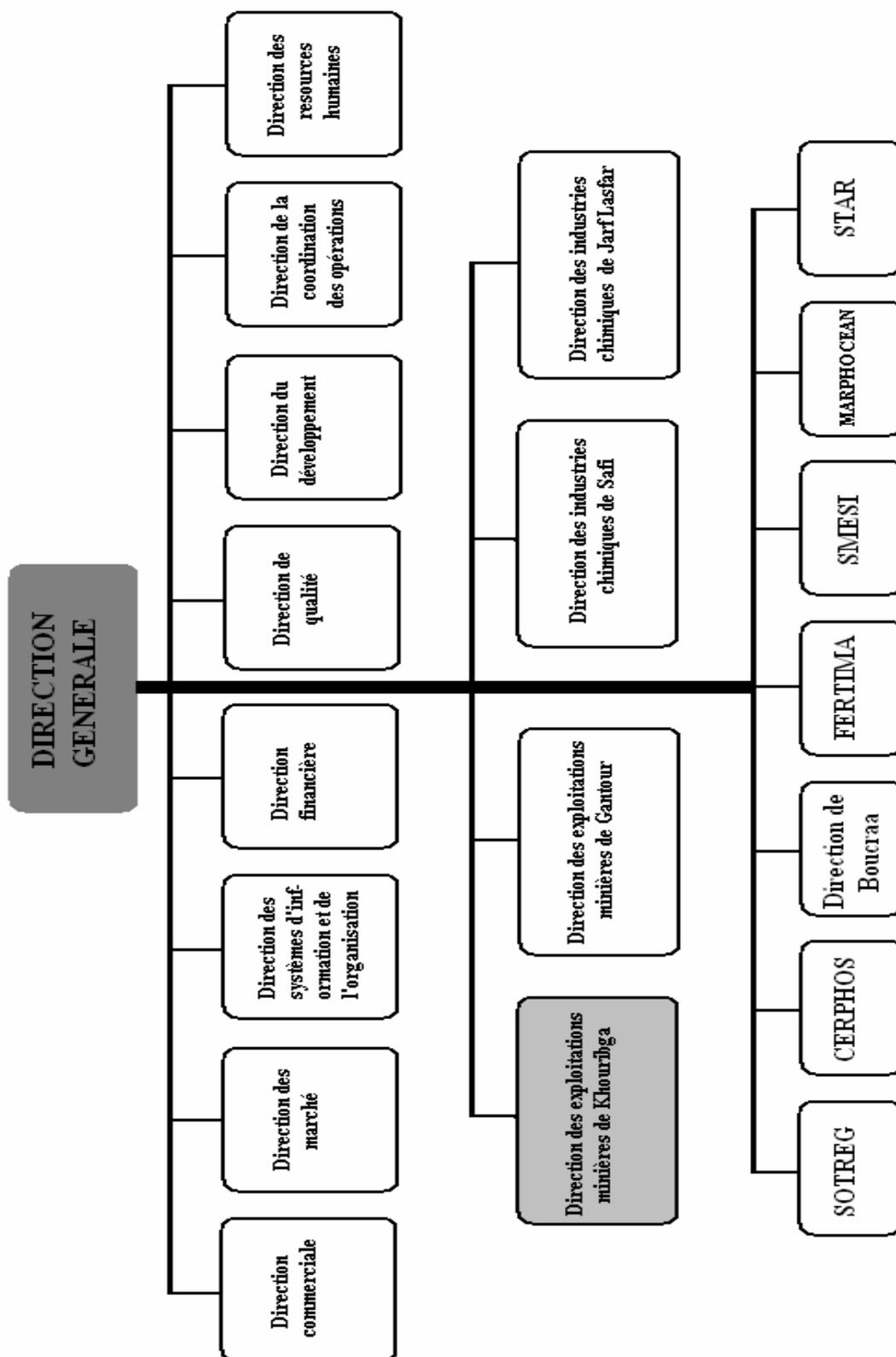


FIGURE1 : organigramme de l'OCP

II. Usine de traitement de Béni-Idir

L'usine de traitement de Béni-Idir est une unité de traitement du minerai de phosphate brut émanant des unités d'extraction. Outre les parcs de stockage, la station de chargement et les ateliers de maintenance, l'usine regroupe les deux unités de traitement suivantes :

- Unité de séchage du phosphate humide.
- Unité d'enrichissement à sec du phosphate séché.

1. Parc humide

D'une capacité totale de 240000 T, le parc humide reçoit le phosphate brut criblé à la maille 15×50. Le parc humide se compose des quatre stocks

2. Stock sec

Le stock sec reçoit le produit séché et criblé en deux étages de mailles 10×10 et 6×6 mm. L'alimentation du stock est assurée par deux convoyeurs QM et QN à **3200 T/h** et les deux hangars constituant le stock sont :

3. Station de chargement

Cette station est destinée au chargement du phosphate traité dans des trains de 60 wagons chacun. Les trémies des trains sont chargées à partir de silos disposés au dessus de la voie ferroviaire intégrée dans l'infrastructure de l'usine. Il est à noter que la station de chargement est conçue pour charger 4 wagons en même temps.

4. Unité de séchage

Le séchage du phosphate humide (13% à 14%) permet d'une part de répondre aux exigences des clients en termes d'humidité et d'autre part de réduire le coût de transport. Cette opération est réalisée dans un ensemble

de fours rotatifs cylindriques équipés d'augets et de palettes disposés le long des parois internes. Ces organes permettent d'une part un bon transfert thermique entre les gaz et le phosphate, et d'autre part une facilité du déplacement du phosphate vers la sortie.

5. Unité d'enrichissement à sec (voir figure 3 page 19)

Cette unité fera l'objet d'une description détaillée dans le paragraphe II. Elle est destinée à l'augmentation de la teneur en BPL du phosphate.

III. Usine d'enrichissement à sec de Béni-Idir (Voir figure 2)

1. Introduction

La capacité de traitement maximale de l'usine est de 800 t/h, elle est obtenue par deux chaînes de traitement de capacité unitaire de 400 t/h. L'unité est conçue pour enrichir le phosphate issu d'une couche possédant un BPL de 65 %. Le traitement de ce minerai permet un gain en BPL de 3 à 5 points soit un BPL objectif de 68 à 70 %.

L'usine comporte principalement :

- Une alimentation en brut à traiter.
- Deux chaînes de traitement du brut.
- Deux réseaux de dépoussiérage.
- Deux stations de traitement des fines.
- Une évacuation de l'enrichi.
- Un circuit d'évacuation des stériles.

Dans ce qui suit, on procédera à une description détaillée du fonctionnement de l'usine d'Enrichissement à sec.

2. Alimentation en brut à traiter

L'usine est alimentée en brut à partir du hangar de stockage de KP du complexe de Béni-Idir. Ce stock est équipé de deux transporteurs de reprise LB1 et LB2

Ces transporteurs sont munis à leurs jetées de goulottes équipées de volets d'aiguillage, tout ou rien, permettant d'alimenter :

- Le transporteur LC vers le chargement des trains.
- Le transporteur LB3 vers l'usine d'enrichissement à sec.

Il est à noter que le convoyeur SB3 ne peut être alimenté simultanément par deux transporteurs. Seul l'un des convoyeurs SB1 ou SB2 alimente le LB3 en marche.

Le débit horaire maximal du convoyeurs LB3 est de :

- 600 t/h si les deux chaînes sont en marche.
- 300 t/h si une seule chaîne est en marche.

Le LB3 alimente la trémie de 100 m³ installée dans le bâtiment de l'usine. Cette trémie constitue le tampon alimentant les deux chaînes de traitement du brut. Elle est équipée de deux goulottes de soutirage munies chacune d'un tiroir de sectionnement permettant d'isoler les lignes de traitement de l'alimentation en produit à traiter. Le niveau du produit dans la trémie est contrôlé par trois détecteurs :

- Niveau bas : permet une autonomie de fonctionnement des deux chaînes de 5 minutes à un débit maximal.
- Niveau haut : commande l'arrêt des transporteurs de reprise sous le stock et QO

- Niveau bourrage : commande l'arrêt du transporteur LB3. Ce niveau est positionné par rapport au niveau haut de façon à ce que le volume compris entre ces deux niveaux contienne le produit restant sur le LB3 et de pouvoir redémarrer ce dernier à vide.

3. circuit de traitement du brut

La désignation du matériel équipant chaque chaîne de traitement est indiquée par :

- 1 s'il équipe la chaîne n° 1
- 2 s'il équipe la chaîne n° 2

Le départ de chaque chaîne est constitué par le tiroir de sectionnement « TS ». Le phosphate sec est soutiré de la trémie tampon par ouverture du tiroir et est véhiculé par un extracteur vibrant « EX » vers le premier broyeur « BA ». Dans ce broyeur, le phosphate est projeté par des battoirs en rotation sur des écrans de choc durs. L'effet de choc sur les écrans permet de libérer les grains riches en BPL de leur gangue.

Sous le broyeur, le transporteur à chaîne Redler « RA » récupère le produit et le déverse au pied de l'élévateur à godets « EA » qui soulève le produit à la verticale pour atteindre les deux aéroglissières AA. Par un flux d'air généré par un ventilateur, le produit est véhiculé dans les aéroglissières pour alimenter le classificateur pneumatique « CA ».

Ce classificateur est destiné à séparer les gros grains riches en BPL des fines moins riches. La séparation est faite par de l'air ascendant généré par le ventilateur « VC ». Le débit d'air est calculé de façon à emmener seulement les fines particules et laisser les gros grains riches tomber dans la souverse du classificateur. Les fines emportées par l'air sont administrées dans six cyclones disposés en satellites autour du classificateur. Ces fines, récupérées

par cyclonage, sont collectées par des aéroglissières « AE » et sont acheminées vers le redler « RD ».

Le produit récupéré dans la souverse du classificateur quitte ce dernier par l'intermédiaire du clapet battant central qui charge le redler « RB ». Ce dernier alimente le deuxième étage de (broyage, classification) comportant :

- Un deuxième broyeur « BB » où se fait une deuxième attrition
- Un transporteur à chaîne RC qui alimente un deuxième élévateur à godets « EB »
- Un élévateur à godets « EB » qui transporte le produit à la verticale jusqu'à l'aéroglissière AB
- Un classificateur « CB » où se déroule une deuxième séparation granulométrique.

Le produit récupéré dans la souverse du classificateur « CB » constitue le produit enrichi. Celui-ci est récupéré par trois convoyeurs C1, C2, ER et est acheminé vers le stock QS.

Les fines de classification produites par les deux opérations de séparation granulométrique s'accumulent dans l'Under flow des cyclones des classificateurs d'où elles sont déchargées par des clapets battants sur :

- L'aéroglissière « AC » pour le classificateur « CA »
- L'aérogisseur « AD » pour le classificateur « CB »

Ces deux aéroglissières alimentent l'aéroglissière commune « AE » qui déverse dans le redler « RD ».

4. Dépoussiérage

Chaque ligne de traitement est équipée de son réseau de dépoussiérage de l'ambiance du travail. Ce réseau est constitué de :

- Un ensemble de gaines de collecte desservant :
 - la jetée du « LB3 » sur la trémie d'alimentation.
 - les broyeurs BA et BB.
 - les aéroglissières AA et AB.
 - les classificateurs CA et CB.
 - les aéroglissières AC, AD et AE.
- Un filtre à manches ou dépoussiéreur « D » à décolmatage pneumatique permettant de filtrer l'air poussiéreux.
- Un ventilateur de tirage « VT » permettant de générer la dépression nécessaire pour le transport des poussières vers le filtre. Les fines filtrées sont récupérées dans l'aéroglissière « AF » avant d'être acheminées sur le redler « RD ». L'air propre filtré est refoulé dans une cheminée commune aux deux chaînes.

5. Evacuation de l'enrichi

Le produit enrichi par les deux chaînes de traitement, disponible sous le classificateur CB1 pour la chaîne I et le classificateur CB2 pour la chaîne II, quitte l'usine par les transporteurs à bande « C1 », « C2 », « ER » et « QS ».

6. Evacuation des stériles

Depuis l'arrêt de la station de compactage, on a adopté une solution provisoire consistant à soutirer les fines des redlers RD1 et RD2 directement sur le convoyeur « LD2 » moyennant des conduites métalliques.

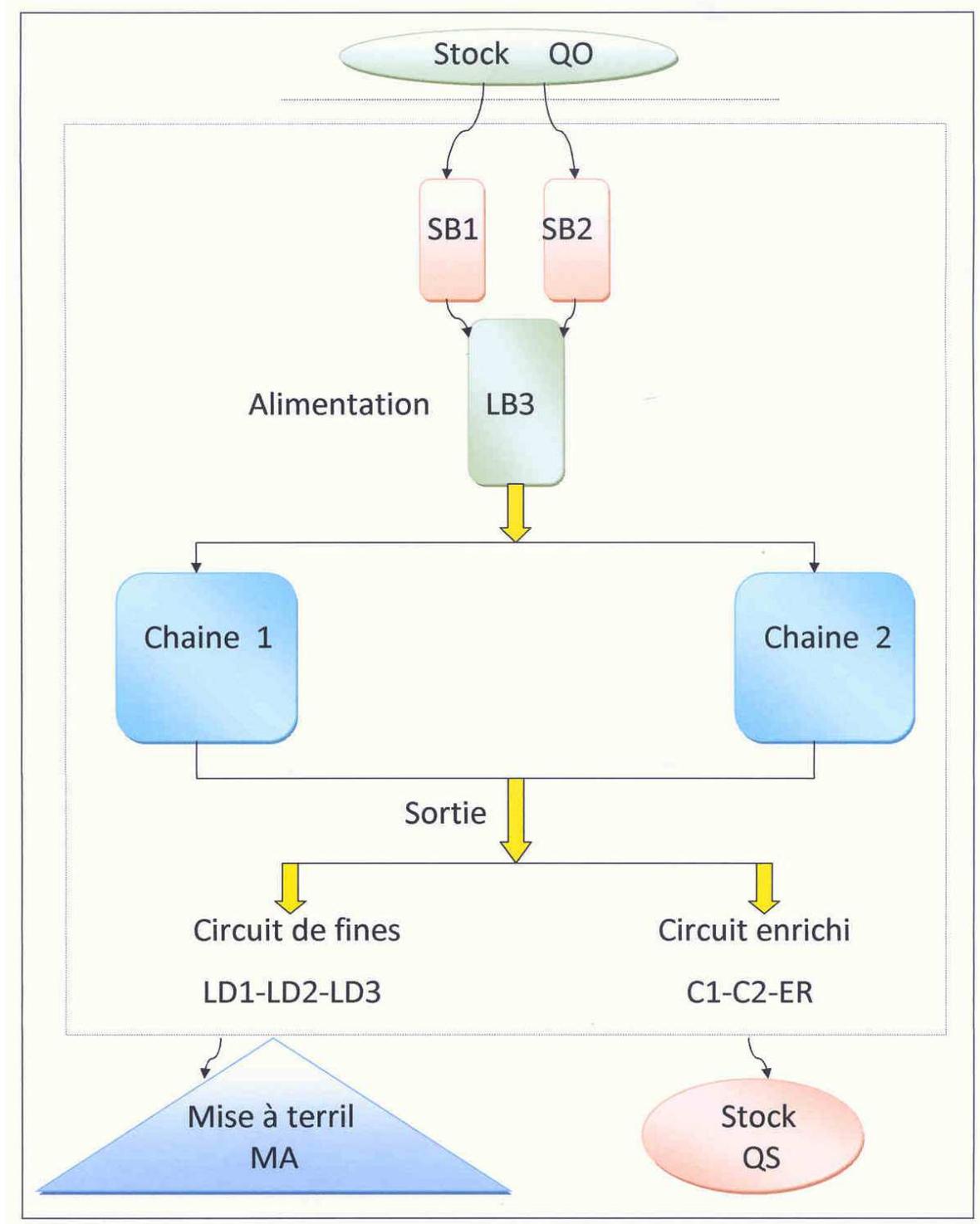


FIGURE2 : schéma simplifié de l'usine

Dans ce qui suit nous allons détailler les différentes caractéristiques de chaque installation:

1. Trémie :

La trémie de réception est un élément très important de l'usine d'EAS, sa capacité, sa forme, sa disposition, conditionnent en grande partie la bonne marche de l'usine pendant la période d'approvisionnement, qui est toujours une période d'activité fébrile.

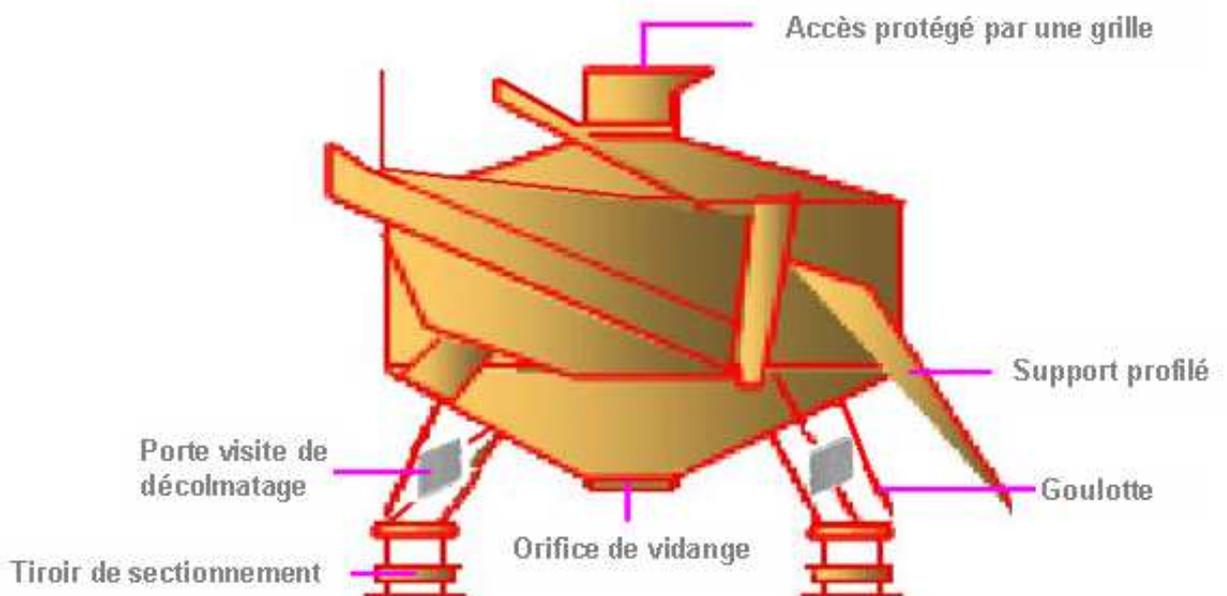


Figure 4 : Vue générale de "Trémie"

Alimentée par le convoyeur LB3, la trémie tampon assure l'alimentation continue de deux chaînes identiques chaîne I et chaîne II à l'aide de deux extracteurs EX (figure ...) avec une capacité utile de 100 m³ (130 tonnes), sa partie supérieure est couverte d'une grille afin de prendre au piège les grandes pierres afin d'éviter ainsi son colmatage et prête à

recevoir le phosphate brut du parc de stockage, elle est dotée de sonde de niveau (niveau haut, bas et bourrage).

Pour isoler l'une ou l'autre des chaînes, les goulottes de la trémie sont équipées de tiroirs de sectionnement TS, une fois l'un de ces tiroirs est ouvert, ceci permet le commencement du soutirage du produit par les extracteurs vibrants (Ex1, Ex2).

2. Extracteur :

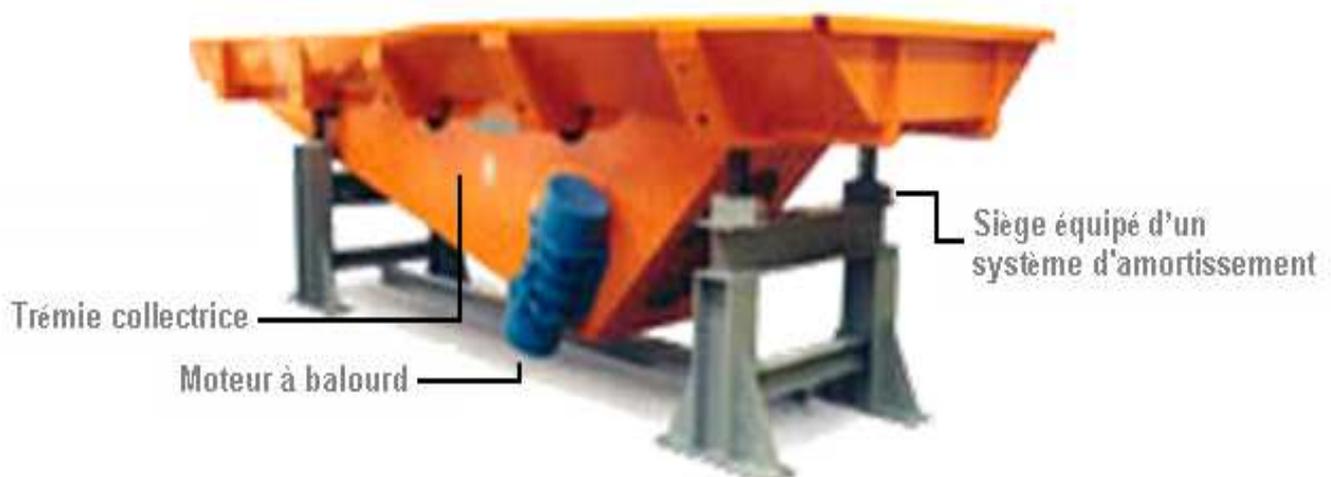


Figure 5 : Vue Générale de l'Extracteur

L'extracteur vibrant se situe directement sous la trémie, l'entraînement est assuré par 2 moteurs à balourds tournant en sens contraire à vitesse constante et avec un mouvement giratoire pour vidanger complètement et plus efficacement le produit stocké dans la trémie et pour l'activer d'une manière égale.

3. Broyeur à percussion:

Les principaux composants d'un broyeur à percussion sont illustrés ci-dessous :

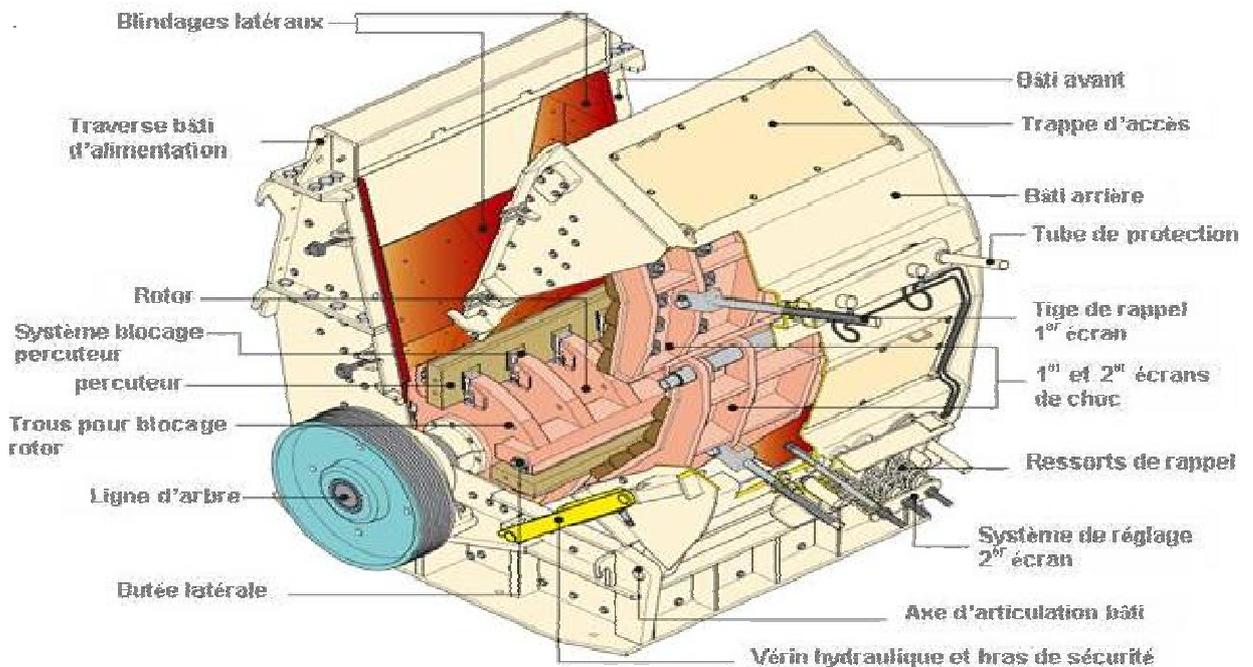


Figure 6 : Les Différents Blocs du Broyeur

Le broyeur à percussion se trouve directement sous l'extracteur qui assure son alimentation, le phosphate à fragmenter est frappé par des percuteurs ou battoirs tournant à grande vitesse. Cet impact du battoir fait éclater le matériau à broyer et transmet à chaque morceau une énergie cinétique qui le projette contre un écran de chocs où un nouvel effet de fragmentation a lieu.

Les morceaux pré fragmentés les plus grands rebondissent vers l'intérieur du broyeur où ils seront à nouveau frappés par le percuteur, subissant une nouvelle fragmentation. Les chocs entre particules contribuent également à l'effet de broyage. Cet effet se répète jusqu'à ce que les particules des matériaux aient une taille telle que leur passage entre battoir et écran leur permette d'échapper de l'appareil.

4. Classificateur pneumatique :

A la sortie du broyeur, le phosphate broyé est transporté par le redler, l'élévateur à godets puis les aéroglières, ces dernières qui alimentent le séparateur pour être réparti dans la chambre de séparation grâce au plateau distributeur animé d'un mouvement de rotation (152 tr/min). Le ventilateur envoie de l'air dans la chambre de séparation à contre-courant, les gros descendent en passant par un ensemble de persiennes qui favorisent la séparation des fines particules résiduelles et tombent finalement dans la trémie collectrice d'où elles quittent l'appareil par un clapet pondulaire.

Les principaux éléments d'un classificateur sont définis ci-dessous :

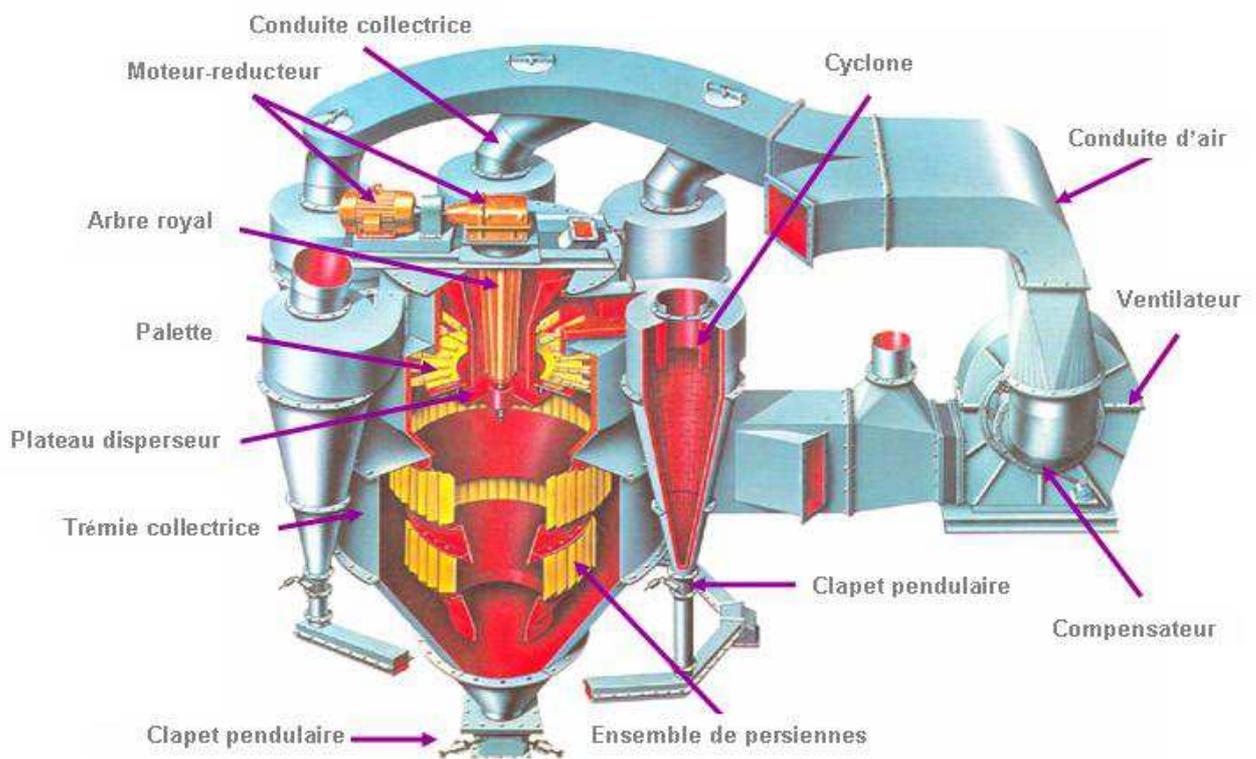


Figure 7 : Vue Générale du Classificateur

Quant aux fines, elles montent et rencontrent des palettes, qui sont montées sur le plateau distributeur, qui empêchent le passage des particules moyennes et grosses. Ces fines sont admises dans les cyclones à effet

centrifuge, ils imprime un mouvement de rotation à l'air chargé en poussières à éliminer, l'effet de la force centrifuge va alors faire déplacer les particules vers la paroi où elles seront collectées

Les surverses de ces cyclones sont liées à l'aspirateur du ventilateur afin de récupérer les fines et d'avoir un air dépoussiéré. Les sous verses des cyclones sont recueillies dans des aéroglissières et sont évacuées pour subir un traitement ultérieur. Pour pouvoir régler le débit d'air à l'entrée de l'appareil, un système à pales réglables, est monté sur la conduite d'aspiration du ventilateur. Le réglage du pas des pales est réalisé par une bague intermédiaire reliée aux pales par une série de rotules. L'actionnement de la bague intermédiaire se fait soit manuellement soit à distance grâce à un vérin pneumatique.

5. Redler :

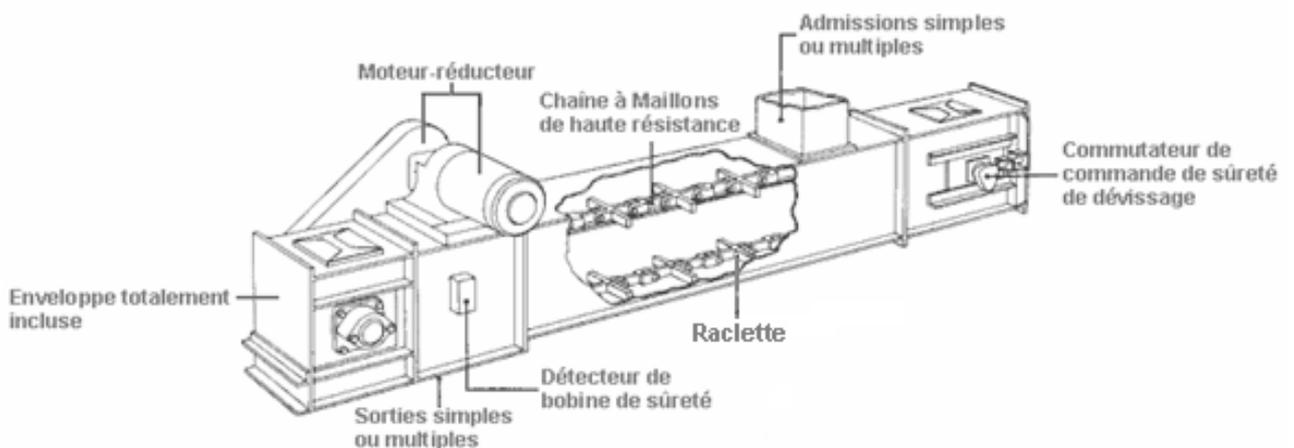


Figure 8 : Les Différents Composants d'un Redler

C'est un transporteur à chaîne utilisé pour le transport horizontal sur longues distances du phosphate, il est utilisé dans le cas où on veut palier au problème de pollution de l'atmosphère environnante de l'usine traitant un produit pulvérulent comme le minerai phosphaté broyé. Il est constitué d'un caisson dans lequel se moult une chaîne dont les maillons déplaçant le produit.

Les maillons se composent de parties actives sur lesquels il y a des barrettes latérales qui forment des raclettes qui poussent le produit et qui sont en acier doux, et d'une partie assurant la liaison entre maillons fabriqués en acier inoxydable.

6. Élévateur à godet:

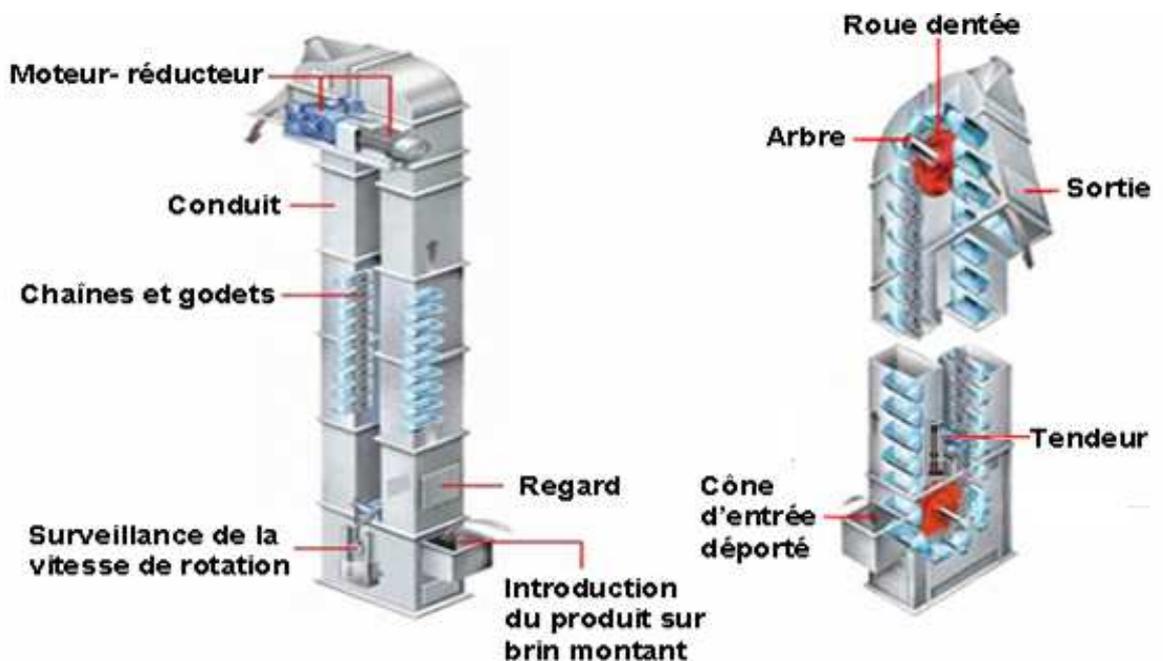


Figure 9 : Les Différents Composants de l'Élévateur à godet

L'élévateur à godets est adapté pour la manutention en élévation de matières granuleuses ou pulvérulentes et répond à l'ensemble des besoins propres à la manutention agroindustrielle. Il permet d'alimenter le séparateur à cyclones à recirculation d'air. Son installation nécessite moins de place, donc un encombrement réduit

L'élévateur à godets se compose, comme le montre le schéma, de godets fixés sur une chaîne entraînée par une roue dentée (dents de scies), un réducteur et un moteur.

7. Aéroglossière :

Pour les faibles débits, le transport des fines particules est réalisé par des aéroglossières sur une courte distance. Leur avantage est d'éviter la pollution de l'atelier en poussières, pour de faible consommation d'énergie. L'Aéroglossière est montée avec une inclinaison dans le sens de déplacement du produit. Elle se compose d'un caisson séparé en deux cavités par une toile en polyester. Dans la partie supérieure on introduit le produit et dans la cavité inférieure on envoie de l'air sous une certaine pression ; cet air produit un coussin sur lequel se déplace le produit grâce à l'inclinaison de l'aéroglossière.

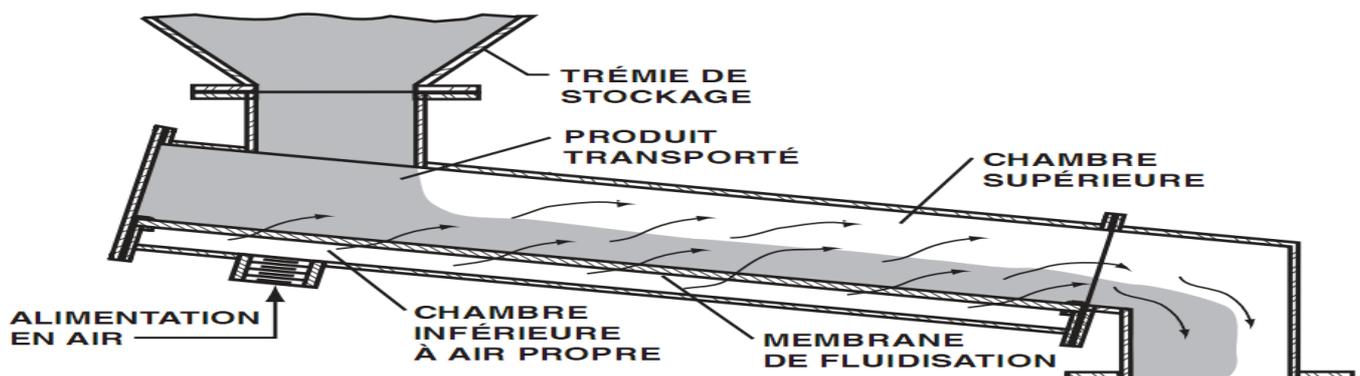


Figure 10 : une vue générale de l'extracteur

Deuxième partie : Analyse des installations critiques de l'usine de l'enrichissement à sec.

L'objectif stratégique de l'usine d'enrichissement à sec de phosphate est d'augmenter Le taux de disponibilité de 93,52% en 2009 à 97% en 2011. C'est la raison pour laquelle nous avons comme mission de faire une étude critique afin d'agir du mieux qu'on peut sur les différentes installations des deux chaînes de production, or cet objectif ne peut être atteint qu'avec :

- La réduction de la durée des arrêts des installations internes et communes.
- L'amélioration des performances de l'unité de production.

L'usine d'enrichissement à sec retient comme formule du taux de disponibilité :

$$\text{Taux de disponibilité} = \frac{HD}{HT} = \frac{HT - \text{Arrêts}}{HT}$$

$$\text{Avec Arrêts} = (\text{Arrêts communs} + \left(\frac{A. \text{chaîne 1} + A. \text{chaîne 2}}{2} \right))$$

HT : Heures totales.

HD : Heures disponibles.

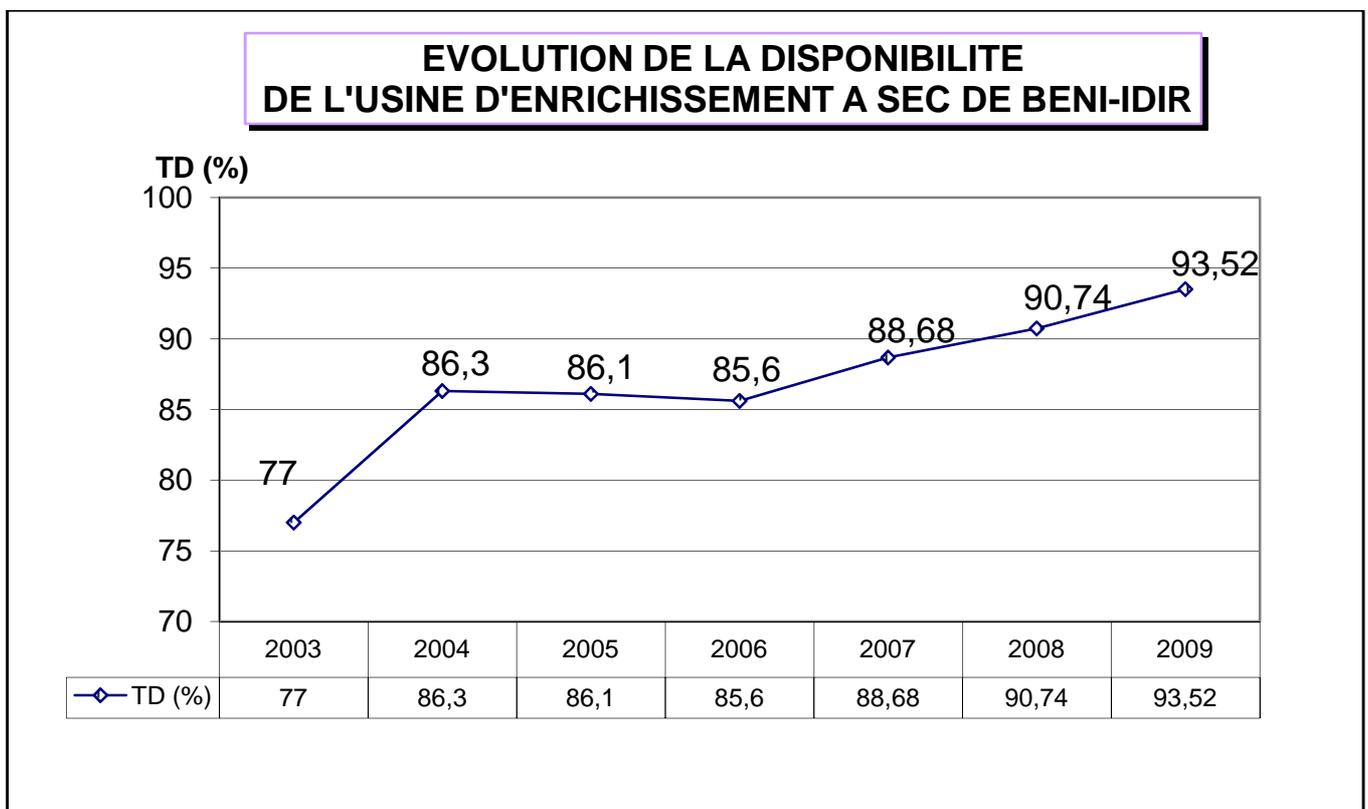
A. chaîne 1 : Durée des arrêts de la chaîne 1

A. chaîne 2 : Durée des arrêts de la chaîne 2

I. Analyse du Taux de disponibilité

1. Evolution du taux de disponibilité

Afin de pouvoir agir sur le taux de disponibilité, nous avons jugé utile de commencer tout d'abord par analyser l'évolution du taux de disponibilité sur l'historique de 7ans.



Graphique1 : évolution du taux de disponibilité

2. Interprétations :

Depuis sa mise en route, le taux de disponibilité de l'usine a connu une évolution que l'on peut scinder en trois phases :

- De 2003 à 2004 :

On remarque une augmentation marquante du taux de disponibilité de 77% jusqu'à 86,3%, cette augmentation est due à l'acquisition des pièces de

rechange pour les installations névralgiques nécessaires qui sont : les moyens de manutention mécanique (le Redler et l'Elévateur à godet).

- **De 2004 à 2006 :**

On constate une stagnation suite à la disponibilité des pièces de rechange citées précédemment.

- **De 2006 à 2009 :**

Le taux de disponibilité varie de 85,6% en arrivant à une valeur record de 93,52% cette augmentation est expliquée par l'amélioration du système des moyens de manutention mécanique et plus précisément le Redler .

II. Analyse globale des arrêts de l'usine :

Les installations de l'usine peuvent être subdivisées en trois parties :

- Interne (les deux chaînes)
- Externe (QO, SB1, SB2, QS, MA)
- Commune (LB3, C1-C2-ER, LD1, LD2, LD3)

Cette analyse concerne les arrêts enregistrés durant les trois dernières années (2007-2008-2009) pour les catégories interne et commune.

1. Description des arrêts internes et communs :

Panne	Installations	Durée des arrêts (en heures)			TOTAL
		2007	2008	2009	
Mécanique	extracteur	14,41	5,66	13,74	33,81
	broyeur	105,15	31,45	28,78	165,38
	Redler	233,45	101,74	113,56	448,75
	Aéroglossière	85,94	0,59	16,01	16,6
	élévateur	1074,28	415,89	556,83	2047
	Classificateur	9,67	359	2,49	371,16
	ventilateur VT	13,37	23,48	7,26	44,11
	LB3	36,42	47,12	26,32	109,86
	C1 C2 ER	16,43	34,94	18,26	69,63
	Durée (en heures)	1589,12	1019,87	783,25	3392,24
Electrique	extracteur	10,84	12,51	5,99	29,34
	broyeur	20,66	6,93	1,92	29,51
	Redler	87,88	52,19	30,13	170,2
	Aéroglossière	18,68	12,25	7,09	19,34
	élévateur	58,6	41,27	42,27	142,14
	Classificateur	7,74	5,63	4,67	18,04
	ventilateur VT	1,49	1,57	2,33	5,39
	LB3	6,86	30,02	18,4	55,28
	C1 C2 ER	8,44	36,11	17,53	62,08
	Durée (en heures)	221,19	198,48	130,33	550
Régulation	extracteur	0	0	0	0
	broyeur	0	0	0	0
	Redler	0	0	0	0
	aéroglossière	0	0	0	0
	élévateur	0	0	0	0
	Classificateur	0,25	0	0	0,25
	ventilateur VT	0,59	1,08	5,09	6,76
	LB3	6,23	29,73	15	50,96
	C1 C2 ER	7,6	26,68	17,42	51,7
	Durée (en heures)	14,67	57,49	37,51	109,67
Exploitation	extracteur	8,15	1,47	0,34	9,96
	broyeur	4,38	0	0,42	4,8
	Redler	17,59	7,43	0,92	25,94
	aéroglossière	3,42	10,76	2,34	16,52
	élévateur	8,25	10,83	1,49	20,57
	Classificateur	1,08	0,33	0	1,41
	ventilateur VT	5,75	0	0	5,75
	LB3	8,52	29,13	17,22	54,87
	C1 C2 ER	5,21	26,68	15,2	47,09
	Durée (en heures)	62,35	86,63	37,93	186,91

TABLEAU1 : arrêts internes et communs de l'usine (EAS) 145,35

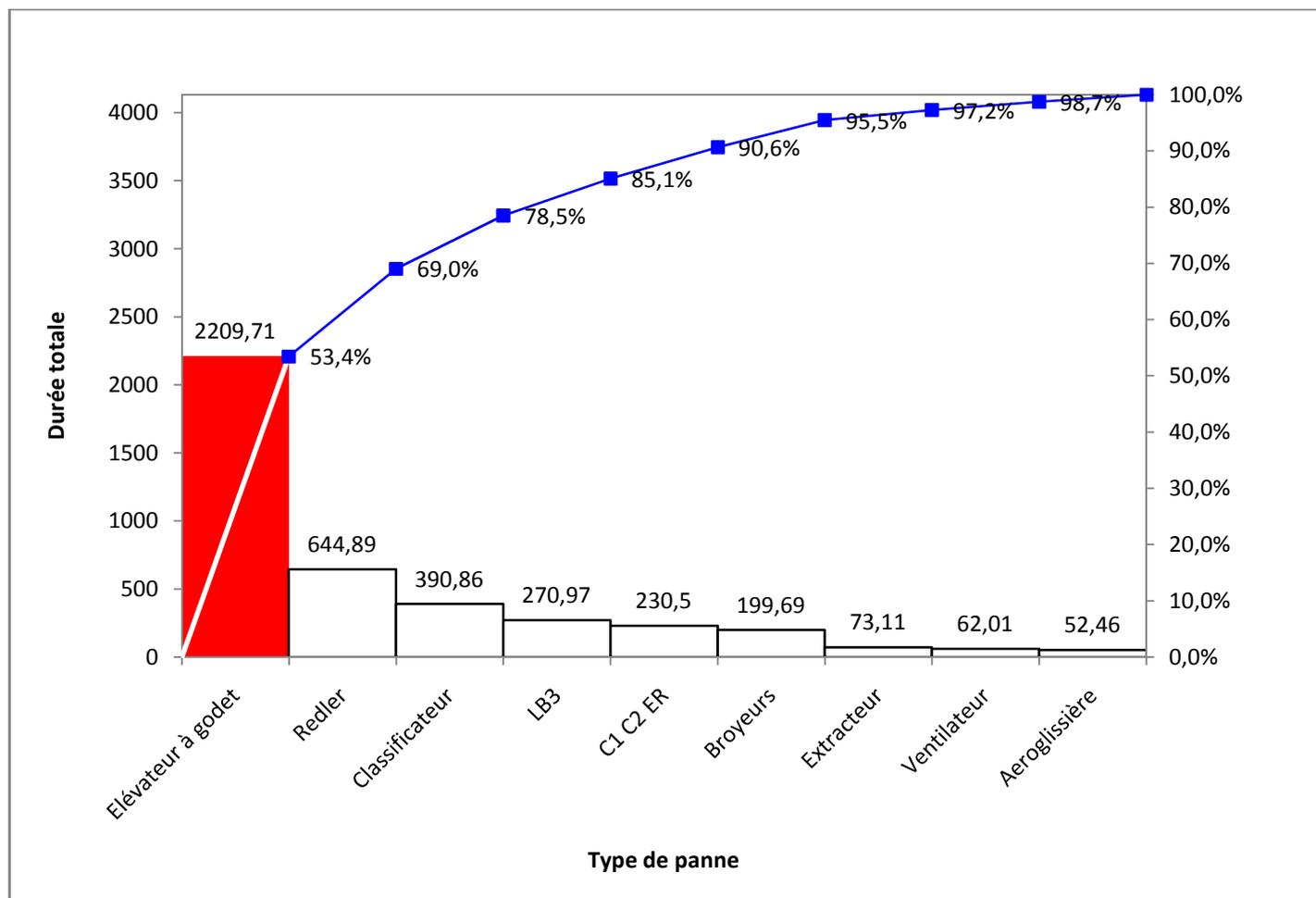
Dans ce qui suit, nous allons procéder à une description détaillée des arrêts internes et communs pour déterminer les installations qui tombent le plus en panne, ainsi que la nature de la panne la plus fréquente.

a) Pareto des arrêts internes et communs :

Installations	Durée (heures)	%	% cumulé
Elévateur à godet	2209,71	53,44%	53,44%
Redler	644,89	15,60%	69,04%
Classificateur	390,86	9,45%	78,49%
LB3	270,97	6,55%	85,04%
C1 C2 ER	230,5	5,58%	90,92%
Broyeurs	199,69	4,83%	95,45%
Extracteur	73,11	1,77%	97,22%
Ventilateur	62,01	1,51%	98,73%
Aeroglissière	52,46	1,27%	100,00%
Total	4134,2	100,00%	

TABLEAU2 : Pareto des arrêts internes et communs de l'usine

Ces résultats sont rapportés sur le graphe ci-dessous afin de visualiser les installations qui tombent le plus en panne.



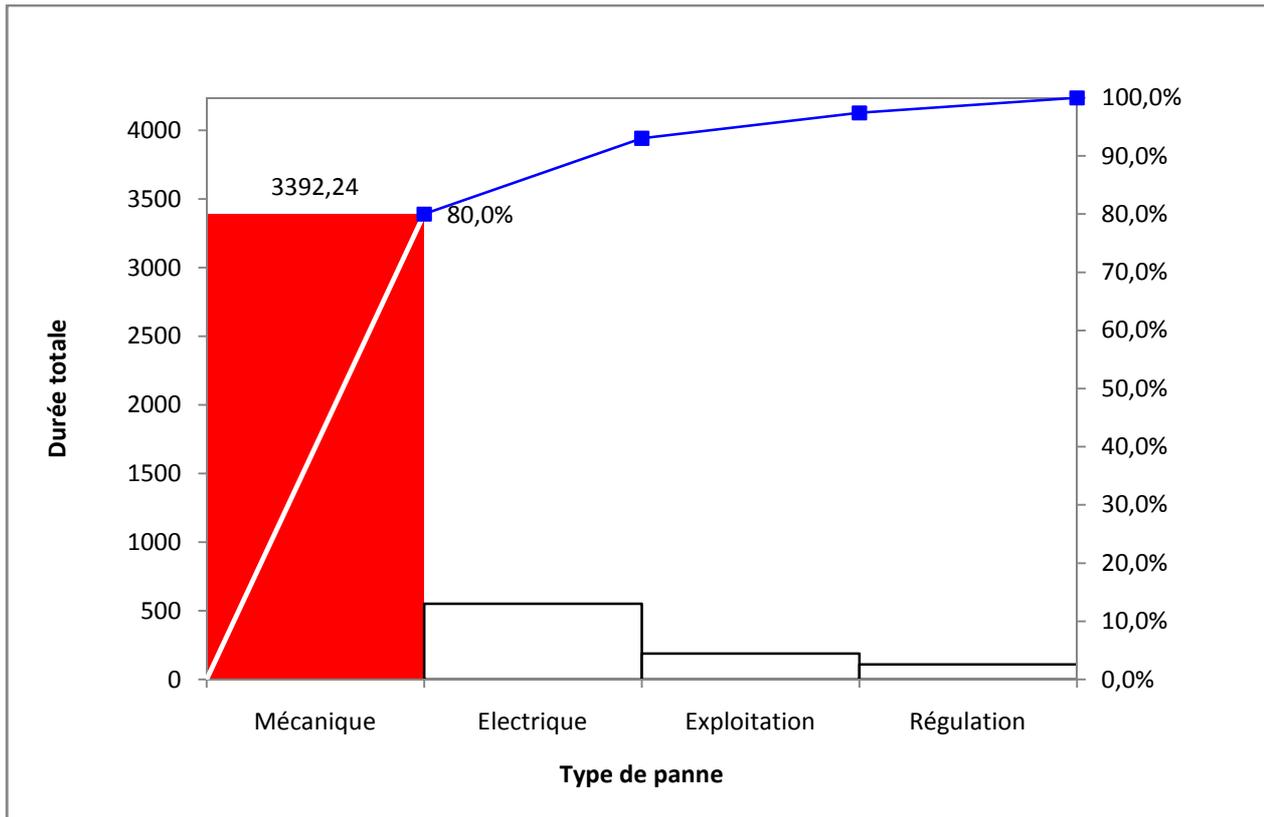
Graphique2 : Pareto des différentes installations internes et communes de l'usine

Nous remarquons d'après le graphe que l'élévateur à godet et le redler sont les installations les plus critiques. Elles constituent 69% des durées d'arrêts totale de l'usine sur les années (2007-2008-2009), et méritent par conséquent une attention particulière.

b) Pareto des pannes

Panne	Durée	%	% cumulé
Mécanique	3392,24	80,02%	80,02%
Electrique	550	12,98%	93%
Exploitation	186,91	4,40%	97,44%
Régulation	109,67	2,59%	99,99%
Total	4238,82	99,99%	

TABLEAU 3 : type de panne des installations



Graphique 3 : Pareto des types de pannes

Nous remarquons d'après le graphique ci-dessus que les pannes mécaniques sont les plus fréquentes avec une valeur de 80%.

2. **Conclusion**

Dans cette analyse nous allons nous intéresser aux installations constituant l'usine proprement dite : les installations internes et les installations communes à l'usine.

L'analyse globale précédente montre que 62% des arrêts enregistrés sont causés par les installations, considérées critiques, suivantes :

- Les élévateurs à godets.
- Les transporteurs à chaîne (Redlers).

Par faute de temps nous allons nous focaliser dans un premier temps sur l'élévateur à godets en analysant principalement les causes de pannes mécanique

de ce dernier, afin de proposer des actions d'amélioration qui permettront d'augmenter le taux de disponibilité.

III. Analyse des arrêts de l'installation critique: L'élévateur à godet (voir figure 11)

1- Introduction :

Les principaux éléments d'un élévateur à godet sont illustrés aux figures 11 :

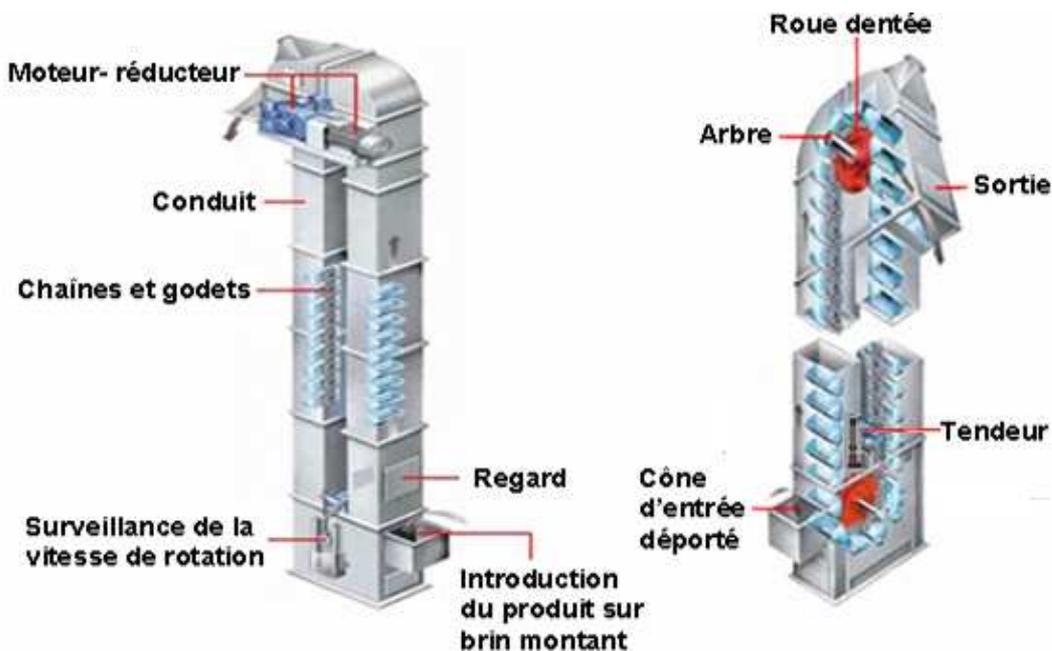


Figure 11 : Les Différents Composants de l'Élévateur à godet

Il comporte une tête de commande constituée par deux roues dentées et une roue de tension placée à la partie inférieure, ses godets sont destinés à recevoir le phosphate à transporter, ils sont fixés sur deux chaînes, le réglage étant assuré par un contrepoids. La prise du phosphate se fait à la partie basse par écoulement continu et chute directe dans les godets du brin montant. La jetée ou sortie du produit du godet a lieu à la partie supérieure. Lorsque le godet tourne sur le tambour supérieur le produit glisse à l'extérieur avec une vitesse suffisante sous l'influence de la force centrifuge et de son poids, elle se trouve projeté vers l'aéroglossière de déchargement qui alimente le séparateur à recirculation d'air à cyclones.

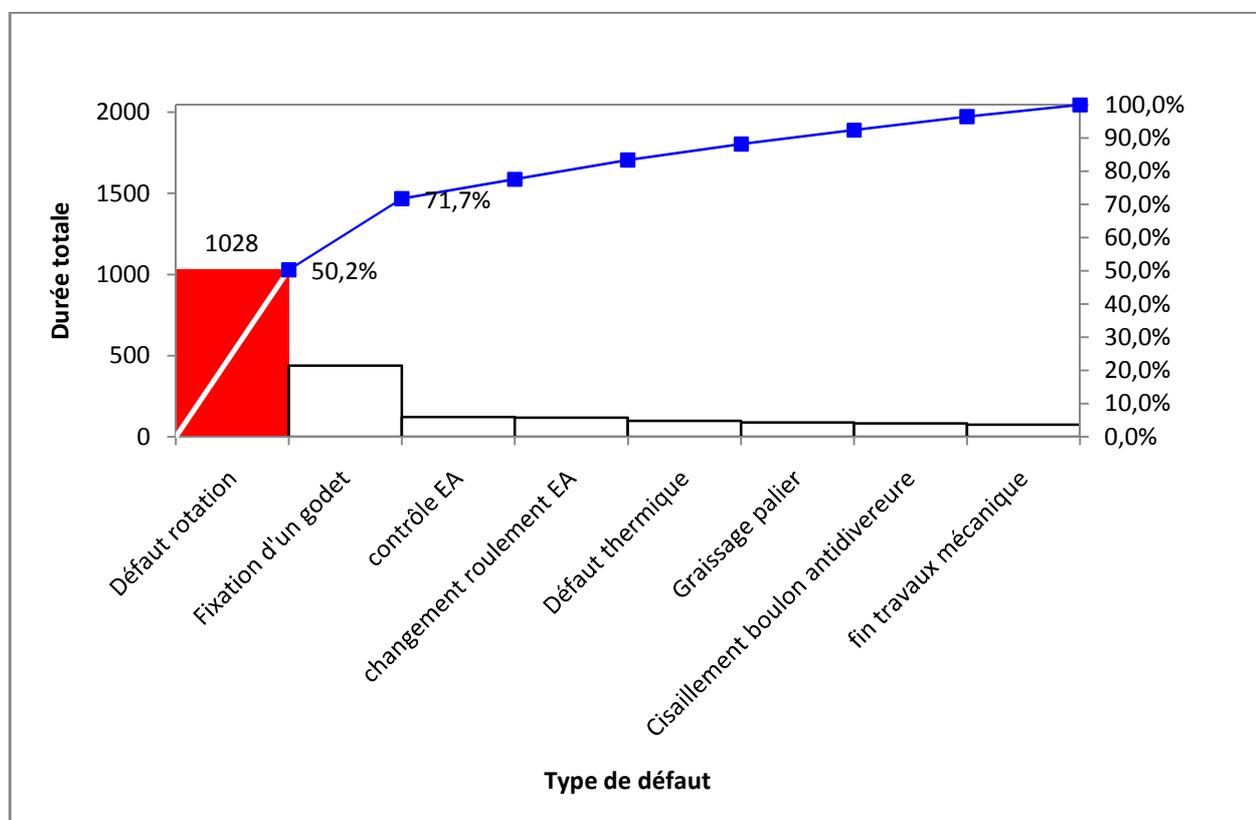
Lorsque la vitesse est faible, le produit glisse sur le dos du godet précédent et pour éviter qu'une partie ne retombe dans la gaine, les chaînes porteuses sont renvoyées en arrière au moyen de roues de renvoi, ce qui permet d'obtenir une

décharge parfaite. Cette catégorie de convoyeurs permet d'assurer des hauts débits avec des hauteurs élevées.

2- Pareto des causes d'arrêt de l'élévateur à godet :

cause panne	durée arrêt (en heure)	%	% cumulé
Défaut rotation	1028	50,21%	50,21%
Fixation d'un godet	439	21,45%	71,66%
contrôle EA	121,1	5,91%	77,57%
changement roulement EA	117,41	5,74%	83,31%
Défaut thermique	98	4,79%	88,10%
Graissage palier	88,1	4,30%	92,40%
Cisaillement boulon antidivereure	81	3,96%	96,36%
fin travaux mécanique	74,39	3,63%	99,99%
Total	2047	99,99%	

Tableau 4 : causes d'arrêt de l'élévateur



Graphique 4 : Pareto des arrêts des élévateurs

D'après le graphe ci-dessus on constate que le défaut rotation et la fixation d'un godet sont les plus fréquents et méritent donc un intérêt spécifique.

Par manque de temps on va se consacrer au défaut rotation résultant de la variation de vitesse de la roue de l'élévateur à godets, il est détecté à partir d'une sonde qui émet deux rayons électromagnétiques et doivent être reflétés par une dent de la roue en mouvement se trouvant en face pour la détecter et l'enregistrer et si l'un de ces rayons n'est pas reflété, on pourra dire que la roue est à l'arrêt.

Pour détailler ce défaut nous allons établir le diagramme d'Ishikawa qui va nous permettre d'identifier les causes possibles d'un effet constaté, dans notre cas : « le défaut rotation ».

Nous développeront par la suite les actions à entreprendre pour lutter contre les causes citées précédemment.

3- Le diagramme d'ISHIKAWA :

D'après un questionnaire que nous avons établis auprès des techniciens du service maintenance mécanique de l'usine d'enrichissement à sec nous avons récolté les informations et les avons marquées dans le diagramme d'ISHIKAWA ci-dessous :

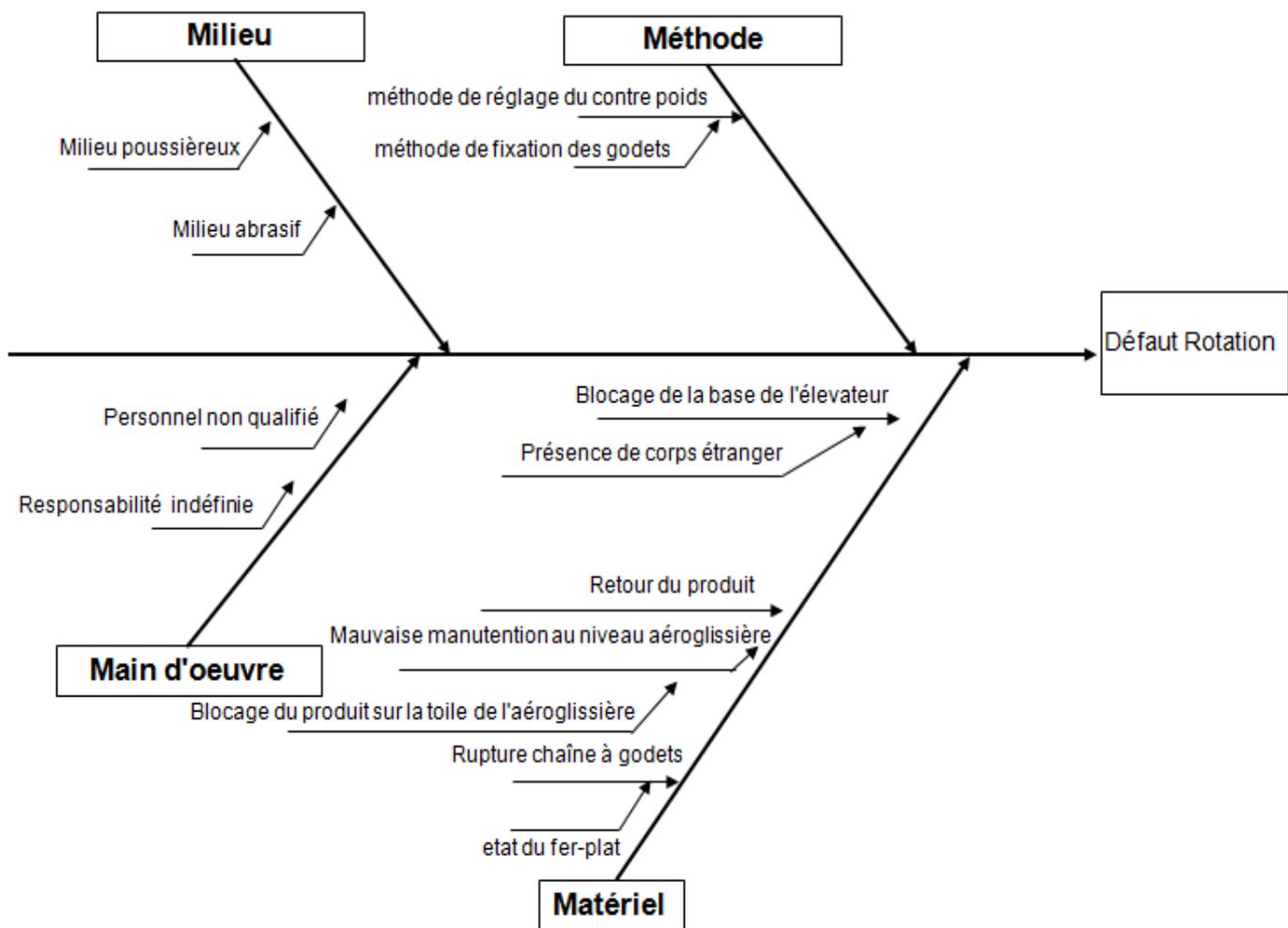


Figure 12 : diagramme d'Ishikawa

Troisième partie : Actions d'amélioration des performances de l'usine d'enrichissement à sec

1) Introduction :

A la lumière de l'analyse détaillée par le diagramme d'ISHIKAWA, nous avons soulevé les causes réelles qui sont réparties en quatre familles

- Main d'œuvre
- Milieu
- Méthode
- Matériel

Maintenant, nous allons détailler dans les tableaux ci dessous les différentes causes appartenant à différentes familles et nous présenterons les actions à engager pour remédier à chaque cause.

2) Solutions :

TABEAU 5 : description et solution des causes d'arrêts

Catégorie	Cause	Description	Solutions
Milieu	Milieu poussiéreux	Le ventilateur de tirage a comme mission, de capter la poussière qui se trouve au niveau des différentes installations de l'usine. Tout bouchage au niveau de la gaine d'aspiration ou problème au niveau du ventilateur de tirage, rend l'installation poussiéreuse.	-Nettoyage des filtres, démontage et nettoyage du séparateur d'humidité -Vérification de la tuyauterie d'alimentation d'air comprimé et le distributeur afin que ceux-ci ne contiennent pas une quantité excessive d'eau ou d'huile.
	Milieu abrasif	Vu la nature du phosphate le matériau avec lequel est constitué l'élévateur à godet provoque des usures à son niveau, et en particulier aux roues dentées qui se trouve à la tête de l'élévateur.	revêtement des parties métalliques par des morceaux de bandes caoutchoutées
Méthode	Réglage du contrepoids	La méthode de fixation des godets entraine un dérèglement du	Etablissement de modes opératoires à la nature des interventions sur
Main d'œuvre	Personnel non qualifié Responsabilité indéfinie	-Le manque d'instructions de travail de l'opérateur.	-Application d'une instruction de travail de l'opérateur afin de mieux piloter l'usine (voir annexe...) -Motivation, sensibilisation et satisfaction du personnel

Catégorie	Causes	Description	Amélioration
Matériel	Présence de corps étranger	Blocage de la base de l'élévateur suite au coincement du corps étranger provenant du redler.	Installation des grilles à l'alimentation de l'élévateur, ceci afin d'éviter le blocage de la base de l'élévateur à godet qui provoque sa panne.
	Rupture chaîne à godets		-Installation d'un détecteur de rupture de chaîne qui permettra par la suite un déclenchement rapide de l'installation et une protection des maillons des chaînes, après une éventuelle rupture de chaîne -Amélioration d'étanchéité au niveau des paliers.
	Retour produit	Le Blocage du produit sur la toile de l'aéroglossière entraîne le retour du phosphate vers l'élévateur car la granulométrie du produit a changé. Pour détailler encore plus cette cause on a fait une analyse qui consiste à connaître les vrais problèmes (voir figure ...)	-Nous allons détailler dans les pages qui suivent les vrais problèmes du retour de produit.

3) Améliorations :

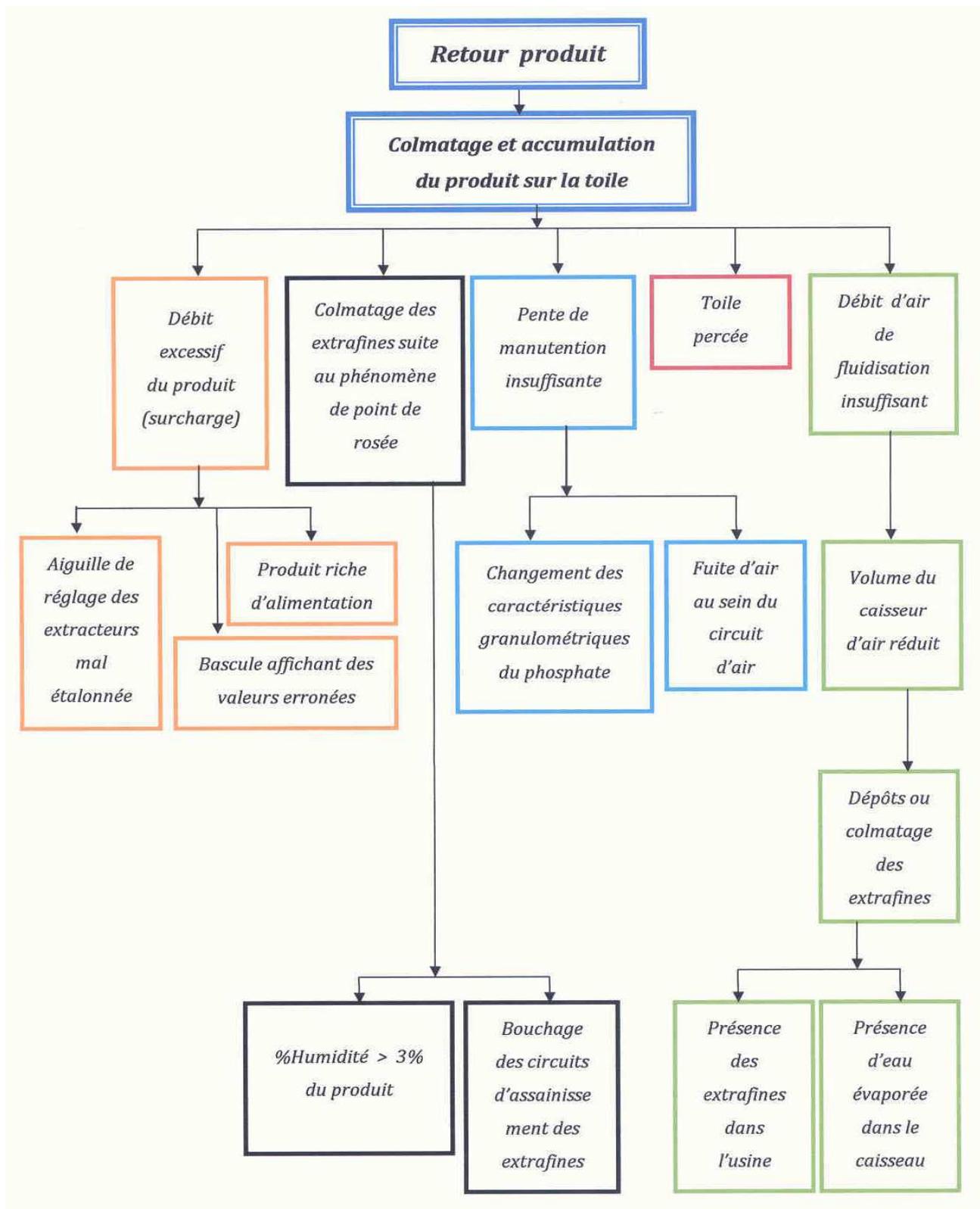


Figure12 : description détaillé de la cause : retour produit

Nous avons effectué une analyse détaillée de ce problème en se basant sur un questionnaire que nous avons établi auprès du service maintenance de l'usine, nous avons collecté les informations et les avons résumé dans la figure ci-dessus (en haut)

4) Actions d'amélioration du retour produit

Après cette analyse nous avons proposé des améliorations principales que nous allons détailler comme suit :

- Installation d'une purge sur le caisson de l'air de fluidisation.
- Décolmatage du circuit de manutention de l'air de fluidisation en assurant le décolmatage des pores du filtre ou toile de fluidisation.
- Eviter la manifestation du phénomène de point de rosée dans l'aéroglossière en assurant le bon fonctionnement du système de dépoussiérage.

5) Gains obtenus après l'amélioration de la chaine de production

-En améliorant les performances de la chaine de production nous avons pu :

- Augmenter le taux de disponibilité de 93,52% à 94,75%

On a d'après les formules qu'utilise l'usine :

$$\text{Taux de disponibilité} = \frac{HD}{HT} = \frac{HT - A \text{ arrêts}}{HT}$$

$$\text{Avec Arrêts} = \frac{HT - \left(\text{Arrêts communs} + \left(\frac{A. \text{ chaine 1} + A. \text{ chaine 2}}{2} \right) \right)}{HT}$$

On a : HT = 365(jours) x 24(h) = 8760 heures.
Arrêt communs (en 2009) = 145,35h
A. chaine1 + A. chaine2 (en 2009) = 843,67 h

$$\text{TD (en 2009)} = \frac{8760 - (145,35 + 421,83)}{HT} = 93,52\%$$

En 2010 nous allons pouvoir diminuer les durées d'arrêts du défaut rotation (108 h) des durées d'arrêts totale de 2009

$$\text{TD (en 2010)} = \frac{8760 - (145,35 + 421,83 - 108)}{HT} = 94,75\%$$

- Augmenter les heures disponibles de 8225,64 à 8300,1

$$HD = HT - \text{Arrêts}$$

HD (2009)= 8760 – 567,18 = 8192,82.

HD (2010)= 8760 – 459,18= 8300,82.

- Augmenter le tonnage des deux chaînes de production :
 Tonnage = HD x (tonnage par jour = 400 t/h)
 - Tonnage (2009) = 8192,82 x 400 = 3277128.
 - Tonnage (2010) = 8300,82 x 400 = 3320328.
- Chaque train possède 60 wagons qui à son tour peut contenir 60 tonnes donc :
 - En 2009 le nombre de trains est $(3277128 / (60 \cdot 60)) = 910$.
 - En 2010 le nombre de trains est $(3320328 / (60 \cdot 60)) = 923$.

Toutes les informations ci-dessus sont résumées dans le tableau suivant :

	2009	2010
TD %	93,52 %	94,75 %
HD (h)	8192,82	8300,82
Tonnage (T) par année	3277128	3320328
Nombre de trains par année	910	923

Tableau7 : gain obtenu après amélioration

- Le gain en heure est : 108 H
- Le gain en tonnage est : 43200 T.
- Le gain en train est : 13 trains.

6) Discussion des résultats :

La démarche que nous avons adoptée dans ce présent rapport était sélective : Nous nous sommes intéressé dans un premier temps à l'installation la plus critique de l'usine qui constitue 53,4% de l'ensemble des installations, ensuite nous avons attaqué le type de panne le plus fréquent, qui atteint une valeur de 80% de la totalité des pannes. Et enfin on a mis en valeur la cause essentielle du type de panne de l'installation la plus critique avec une valeur de 58,5%.

Cette démarche nous a permis de réduire notre problème, en augmentant les performances de l'usine de d'enrichissement à sec du phosphate de béni-Idir à 25%

CONCLUSION

L'objectif de ce travail est de proposer des améliorations des performances de l'unité d'enrichissement à sec des phosphates du Groupe OCP. Les solutions proposées ont été validées, et leur mise en œuvre permettra d'assurer le bon fonctionnement de l'unité, et surtout de réduire les pannes des installations considérées comme critiques.

Durant notre travail, nous avons procédé à un diagnostic approfondi de l'installation la plus critique de l'Unité (l'élévateur à godet).

Par faute de temps, nous nous sommes concentrés sur la panne mécanique de cette installation, dont la cause la plus pénalisante est : le défaut de rotation.

A la suite de cette analyse, les actions d'amélioration proposées, réduiront le problème à 25%.

Comme perspectives, nous proposons de réaliser des études pour le traitement d'autres pannes mécaniques et électriques de l'installation critique. Il faut s'attaquer aussi aux installations restantes de l'usine.

Une fois ce travail réalisé, le problème sera réduit de 100% ce qui correspond aux objectifs de l'usine.

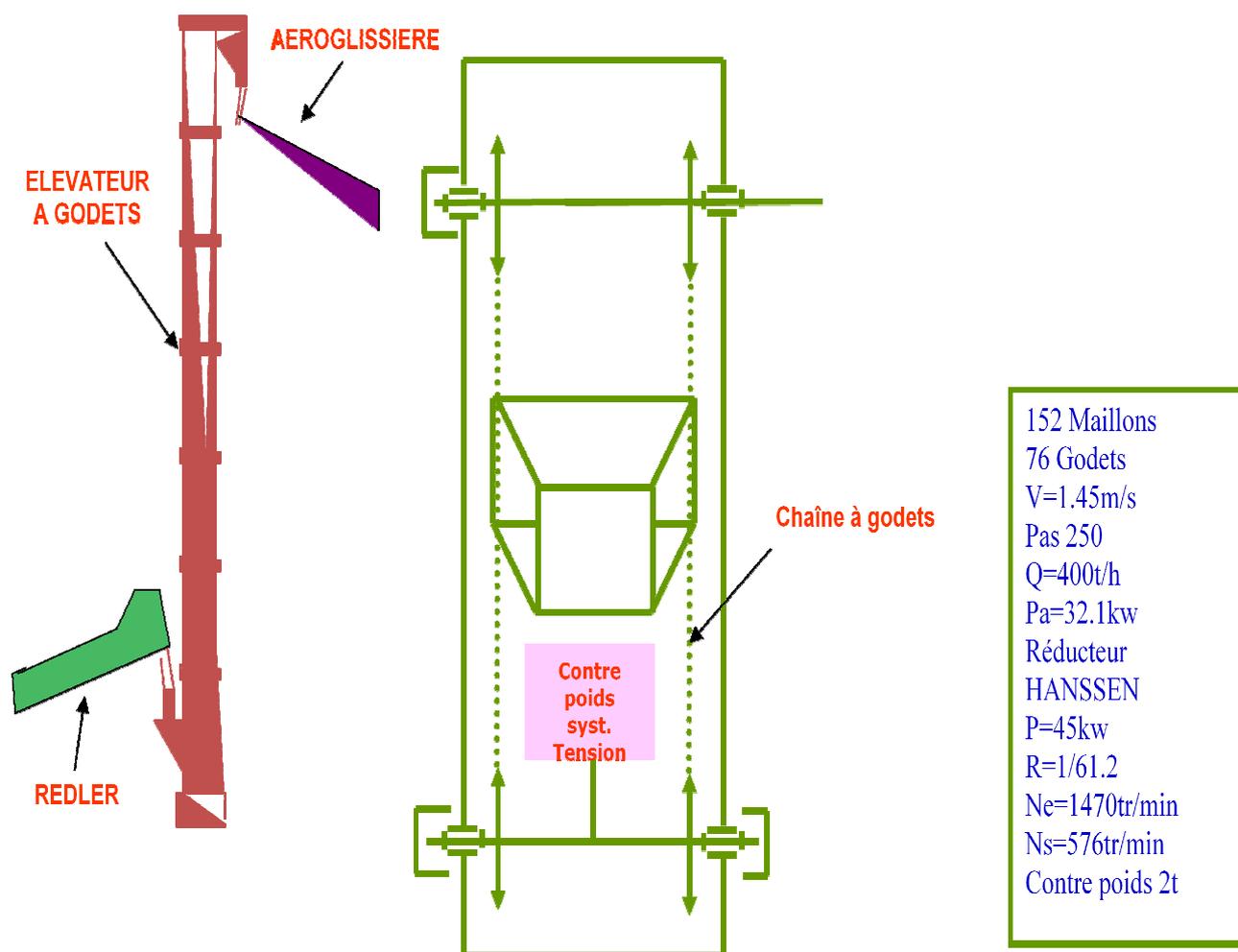
Annexes

Annexe 1 : CARACTERISTIQUES DES INSTALLATIONS

Installations	Débit T/h	Vitesse m/s	Puissance	Longueur M	Largeur	Nbre de godet
RA1	400	0.6	75 CV	7.6	--	--
RA2	400	0.6	75 CV	7.6	--	--
RB1	400	0.6	75 CV	7.9	--	--
RB2	400	0.6	75 CV	7.9	--	--
RC1	400		75 CV	11.6	--	--
RC2	400	0.6	75 CV	11.6	--	--
RD1	85	0.45	50 CV	49.4	--	--
RD2	85	0.45	50 CV	49.4	--	--
EA1-2	400	1.45	32.1 kW	H : 16.95	--	76
EB1-2	400	1.45	32.1 kW	H : 16.95	--	76
LB3	--	2.00	110 kW	540	1000	--
CI	--	2.00	22 kW	94.5	1000	--
C2	--	2.00	15 kW	44	1000	--
ER	--	2.00	75 kw	355	1000	--
LD1	--	0.77	10 CV	23	1000	--
LD2	--	1	15 CV	540+29	800	--
LD3	--	1	40 CV	830	800	--

Annexe 2 :

Caractéristique de l'élévateur à godet



Annexe 3 :

<p>مجموعة المكتب الشريف للفوسفات GROUPE OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATES</p>  <p>PÔLE MINES DIRECTION DES EXPLOITATIONS MINIERES DE KHOURIBGA</p>	<input type="checkbox"/> Manuel qualité	Codification : IT - 7.5 - PPS - 14-05		
	<input type="checkbox"/> Procédure	Entité : DIRECTION TRAITEMENT ETEMBARQUEMENTS PMKT		
	<input checked="" type="checkbox"/> Instruction de travail	Version :	3	
	<input type="checkbox"/> Formulaire	Applicable le :	01/06/2004	Page : 1/1
		Annule et remplace la version	2	24/03/2003

Exécutants : Opérateur SDC EAS

Documents nécessaire :

Document nécessaire	Disponibilité auprès de
Cahier des consignes	Chef de poste + Opérateur SDC EAS

Conditions à respecter

- * Recevoir les consignes verbales de l'opérateur précédent pendant la relève
- * Lecture des consignes écrites sur cahier de passation de consigne
- * Contacter les préposés et les responsables de Béni-Idir pour confirmer ce qui est en consigne
- * Veiller à une marche régulière et continue de l'usine après réglage
- * Eviter la marche à vide des installations
- * Relever les index à chaque heure : instruire formulaires F-7.5-PPS-14-04-01
- * Rester en contact avec les préposés de la mise à terril, de la salle de sélection et de l'échantillonneur pour recueillir toutes les informations et informer le chef de poste en cas de besoin
- * Aviser les services de maintenance en cas d'anomalie ou arrêt par défaut
- * Reporter les arrêts sur le rapport journalier des arrêts UT1-2 F-7.5-PPS-14-04-04
- * Faire le suivi durant le poste des travées soutirées (SB1-SB2), stockage enrichi au stock QS le phosphate séché au stock QO: F-7.5-PPS-14-04-07.
- * Les services de maintenance procèdent au contrôle des élévateurs à godets une fois par poste selon l'horaire suivant :
 - Poste I : 07h30
 - Poste II : 14h30
 - Poste III : 22h30

Annexe 4 :

مجموعة المكاتب الشريف للفوسفاط



- Manuel qualité
- Procédure
- Instruction de travail
- Formulaire

Codification : IT - 7.5 - PPS - 14-04

Entité : DIRECTION TRAITEMENT ETEMBARQUEMENTS PMK/T

Version : 3

Applicable le : 01/06/2004 Page : 1/1

TITRE : CONDUITE DE L'USINE EAS

Exécutants : Chef de poste EAS

Documents nécessaire :

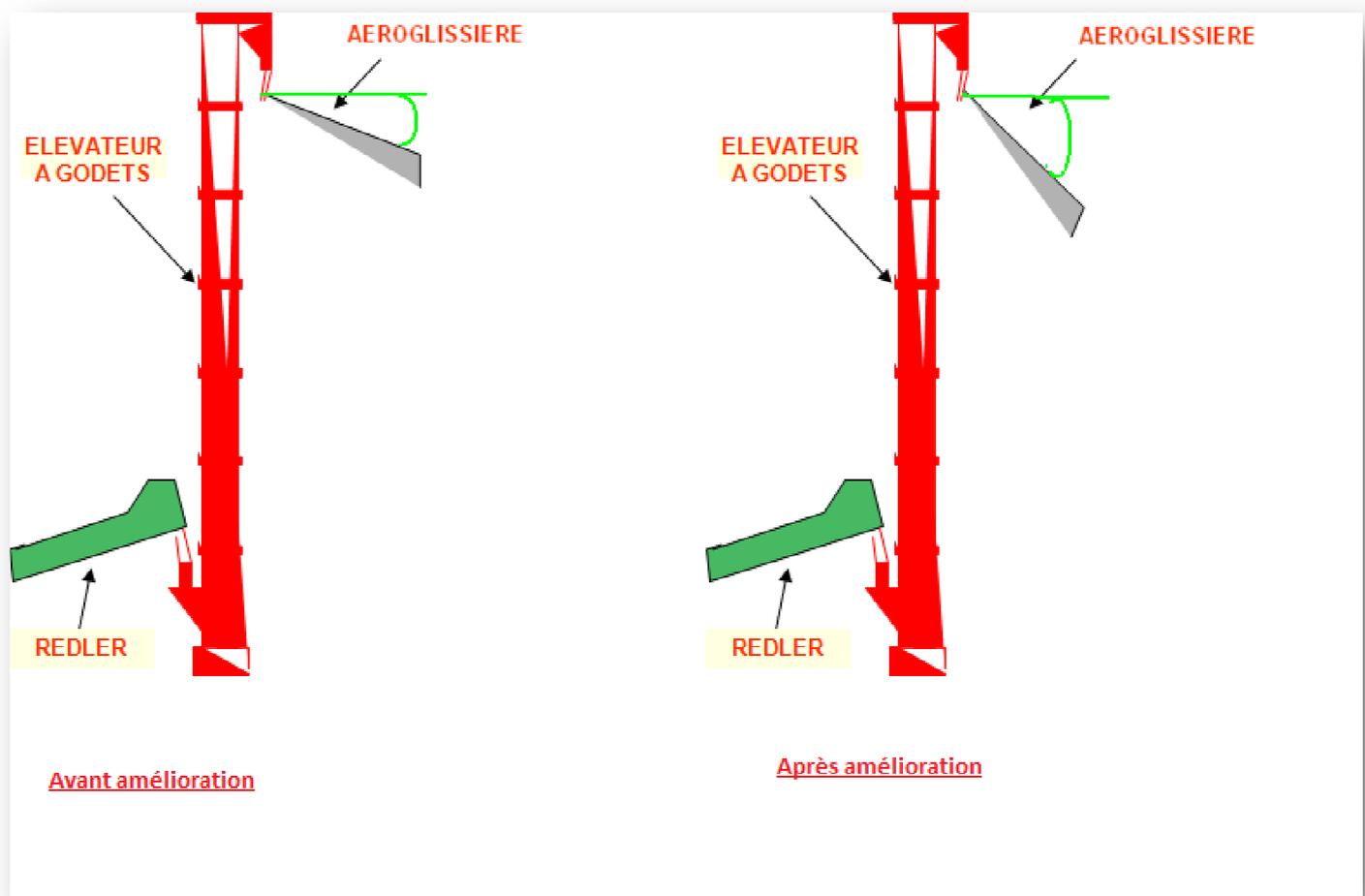
Document nécessaire	Disponibilité auprès de
Cahier des consignes	Chef de poste + Opérateur SDC EAS

Conditions à respecter

- * Assurer le relève et passer les consignes verbales
- * Lecture des consignes écrites
- * Contrôler le réglage de l'usine
- * Suivi de la production
- * Contrôler les installations, relevé les anomalies et informer les services de maintenance concernés
- * Organiser ou planifier les arrêts
- * Faire le suivi des travaux
- * Ecrire des consignes et l'état de marche à la fin du poste
- * Instruire les formulaires.

Annexe 5 :

Changement de pente entre l'élevateur à godet et l'aéroglièze de 12° à 15°



Bibliographie :

- www.techniques-ingenieur.fr
- www.wikipedia.org
- Les outils de la performance industrielle de Jean Marc Gallaire.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا
سورة الإسراء

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا
سورة طه

صدق الله العظيم

