



## Résumé

L'OCP est une grande entreprise marocaine spécialisée dans l'extraction de minerai de phosphate. Dans le cadre de notre stage, nous nous intéressons à l'étude critique des usages énergétiques et de la consommation énergétique selon la norme NM ISO 50001 version 2018 qui explique comment s'organiser pour que les économies d'énergie envisagées soient bien réalisées et que les actions d'amélioration portent leurs fruits durablement. Dans un premier temps, nous nous sommes focalisés sur la description d'usine et de procédé de séchage au sein d'OCP YOUSSEFIA, après nous avons suivi les étapes nécessaires de réaliser un tableau de bord qui nous amène d'établir un plan d'action bien maîtriser assure que les problèmes de la consommation énergétique sont résolus en gagnant un taux de 35%.

D'autre part nous avons utilisé la méthode de résolution des problèmes MRP pour résoudre le problème de la maîtrise d'humidité de sorite de phosphate, nous nous basant sur plusieurs sous méthodes, dont les principales : PDCA pour aborder et résoudre les problèmes de gestion de notre projet et améliorer le processus de séchage, 5M qui a pour objectif de rechercher les différentes causes possibles d'un problème, 5 POURQUOI pour identifier les causes racines de notre situation problématique afin de pouvoir proposer des solutions efficaces et définitives, en insistant sur la durabilité, la communication et la formation continue des équipes.

## Abstract

The OCP is a large Moroccan company specializing in the extraction of phosphate ore. As part of our internship, we are interested in the critical study of energy uses and energy consumption according to the NM ISO 50001 version 2018 standard which explains how to organize so that the envisaged energy savings are properly achieved and that improvement actions are bearing fruit over the long term. Initially, we focused on the description of the plant and the drying process within OCP YOUSSEFIA, after which we followed the necessary steps to produce a dashboard which leads us to establish a Well-controlled action ensures that energy consumption problems are solved earning a rate of 35%.

On the other hand, we used the MRP problem solving method to solve the problem of phosphate sorite moisture control, based on several sub-methods, the main ones being: PDCA to address and solve management problems of our project and improve the drying process, 5M which aims to find the different possible causes of a problem, 5WHY to identify the root causes of our problematic situation in order to be able to propose effective and definitive solutions, emphasizing sustainability, communication and ongoing team training.



*Je dédie ce travail à ma famille, mes parents, Abdelkader  
NAJIB et Fatiha El HAITOUI, sans qui  
rien de tous cela n'aurait été possible, mon frère Mohamed,  
mes sœurs Zakia et Amina, tous mes amis, pour leur soutien,  
leur patience, leurs encouragements, leurs messages et leur  
amour qui ne m'ont pas quitté tout au long de mes années  
d'étude.*

*Houria*



*Je dédie ce travail*

*À ma mère Fatima D.A.N.I., pour son amour, ses  
encouragements et ses sacrifices*

*À mon père Mohamed A.S.T.A.O.U.I., pour son  
soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé*

*À mon frère Mohamed, et mes sœurs Rajaa et Islam,  
pour leur aide et leurs encouragements continus*

*À tous les membres de ma famille*

*À tous mes amis*

*À tous ceux qui m'aiment...*

*Fatima Zahra*

# Remerciements

Nous tenons à présenter nos sincères remerciements à la direction du groupe OCP YOUSOUFIA pour sa sensibilisation vis-à-vis des stagiaires, en leurs accordant des stages.

Aussi nous tenons à remercier tout le corps professoral et administratif de la FST qui ont veillé pour nous transmettre le jus de leurs années, et leur contribution majeure dans notre formation ainsi que toute personne ayant contribué à bien mener ce stage.

Également nous tenons à remercier chaleureusement, notre encadrant pédagogique Mr. HAOUACHE Said, pour sa disponibilité constante, et ses remarques précieuses, et nous tenons aussi à remercier les membres du jury Mr. BINE ELOUIDANE Hassan et Mr. LOURDI Ahmed qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant Mr. SAOUD Mustapha pour bien vouloir nous encadrer, pour ses encouragements et ses conseils judicieux.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à Mr. YAHYAOUI Boutayeb pour l'accompagnement, et surtout le temps qu'il a consacré durant les 4 mois du stage. Aux opérateurs, les techniciens, vous avez aussi marqué votre touche dans ce rapport à travers vos informations, votre temps, vos suggestions, vous étiez très serviables et professionnels.

Nous témoignons notre gratitude à nos amis qui nous ont soutenu à distance par leur aide et leurs encouragements, qui ont rallumé notre lumière dans les moments les plus sombres.

Merci à tous pour votre contribution de près ou de loin à cet ouvrage.

## AVANT PROPOS

La Période de stage de fin d'études représente une véritable occasion d'étudier de l'intérieur le fonctionnement d'une entreprise, entité économique et sociale, avec ses particularités humaines, techniques et organisationnelles. D'observer surtout le phénomène ouvrier qui représente pour le futur ingénieur un grand souci.

Il nous est permis de mieux comprendre la vie des groupes au sein des services, de prendre conscience des problèmes de relations, notamment hiérarchiques, dans l'entreprise, à mieux appréhender aussi l'impact de certaines données sur la production car aucune définition objective, aucune décision, aucune réalisation n'est exclusivement technique.

Ce stage a pour but de développer nos connaissances acquises durant le cycle de formation au niveau de FST Fès ainsi de se confronter directement avec le milieu du travail afin de nous familiariser avec la spécialité que nous avons choisie.

Ce stage a donné l'avantage de découvrir le monde de travail et les relations humaines et permet aussi de se familiariser avec la carrière



# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	
<b>Remerciements</b> .....	
<b>AVANT PROPOS</b> .....	
<b>Liste des figures</b> .....	
<b>Liste des tableaux</b> .....	
<b>Liste des abréviations</b> .....	
<b>Introduction Générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1: Descriptif de l'usine de séchage</b> .....	
<b>1 Généralités</b> .....	2
1.1 Historique .....	2
1.2 Activités du Groupe OCP .....	2
1.3 L'utilisation du phosphate .....	3
1.4 Situation géographique .....	3
1.5 La Direction des Exploitations Minières de GANTOUR.....	4
1.6 Cas des phosphates de Youssoufia .....	4
1.7 Organigramme général du groupe OCP .....	5
<b>2 L'usine de séchage YOUSOUFIA</b> .....	6
2.1 Zone Amont.....	6
2.2 Zone Centrale .....	7
2.3 Zone aval .....	8
<b>3 Conclusion</b> .....	8
<b>Chapitre 2 : Descriptif de procédé de séchage</b> .....	
<b>1 Introduction</b> .....	9
<b>2 Définition et but du séchage</b> .....	9
<b>3 Stockage du phosphate humide</b> .....	9
<b>4 Procédé de séchage</b> .....	10
4.1 Une roue pelle.....	10
4.2 Four sécheur .....	10
<b>5 Conclusion</b> .....	16
<b>Chapitre 3 : Etude critique des usages énergétique selon la norme NM ISO 50001 version 2018</b> .....	
<b>1 Introduction</b> .....	17
<b>2 La norme NM ISO 50001 version 2018</b> .....	17
2.1 Objectif de l'ISO 50001: .....	17



2.2	Roue de Deming (PDCA) de la norme ISO 50001 .....	18
2.3	Structure de la norme.....	18
2.4	Mise en œuvre et fonctionnement: .....	21
2.5	Maitrise opérationnelle .....	21
2.6	Vérification:.....	21
<b>3</b>	<b>Etude critique des usages énergétiques .....</b>	<b>22</b>
3.1	Identification des usages énergétiques .....	23
3.2	Production et consommation .....	23
3.3	Analyse des données d'entrées .....	26
3.4	Répartition par coût .....	30
3.5	Usages Energétiques Significatifs « UES ».....	31
3.6	Référence .....	32
3.7	Mesurage et collecte des données.....	34
3.8	Maitrise opérationnelle .....	36
3.9	Paramètre critique.....	37
3.10	Plan d'action .....	39
<b>4</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>41</b>
<b>Chapitre 4 : Etude critique sur la maîtrise de l'humidité du produit à la sortie .....</b>		
<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>42</b>
<b>2</b>	<b>Mise en situation .....</b>	<b>42</b>
<b>3</b>	<b>Etapas de résolution du problème .....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>49</b>
<b>Conclusion générale .....</b>		<b>50</b>
<b>Bibliographie.....</b>		
<b>Annexes .....</b>		



## Liste des figures :

Figure 1: Situation géographique de phosphate au Maroc.....	3
Figure 2: Organigramme de la Direction des Exploitations Minières de GANTOUR. ....	4
Figure 3: Organigramme des unités de production de Youssoufia .....	5
Figure 4: Organigramme général du groupe O.C.P .....	5
Figure 5: Zone Amont .....	6
Figure 6: Schéma d'alimentation de l'usine de séchage en produit humide .....	6
Figure 7: Schéma représentatif du circuit d'alimentation des fours .....	7
Figure 8: Zone de stockage de phosphate .....	8
Figure 9: Fours sécheurs .....	9
Figure 10: Roue-pelle .....	10
Figure 11: Stockeuse .....	10
Figure 12: Schéma d'un four sécheur.....	11
Figure 13: L'intérieur du foyer.....	12
Figure 14: L'intérieur d'un tube sécheur .....	13
Figure 15: Le tube sécheur .....	13
Figure 16: filtre à manches.....	14
Figure 17: Schéma de la roue de Deming de la norme ISO 50001.....	18
Figure 18: Schéma caractérisant les exigences légales et autres.....	19
Figure 19: Procédure d'obtention du plan d'action.....	20
Figure 20: Evolution de la consommation électrique .....	23
Figure 21: Evolution de la consommation de gaz .....	24
Figure 22: Evolution de la consommation de fuel .....	24
Figure 23: Evolution de la consommation de gazoline .....	25
Figure 24: Evolution de la production .....	25
Figure 25: Consommation électrique.....	26
Figure 26: Consommation gaz naturel .....	26
Figure 27: Consommation de fuel .....	26
Figure 28: Consommation de gazoline .....	27
Figure 29: Produits entrés.....	27
Figure 30: Produits sortis .....	27
Figure 31: Répartition par sources énergétiques.....	28
Figure 32: Consommation annuelle d'électricité .....	29
Figure 33: Consommation annuelle de gaz naturel .....	29
Figure 34: Consommation annuelle de fuel .....	30
Figure 35: Consommation annuelle de Gazoline .....	30
Figure 36: La répartition de la facture énergétique pour l'année 2019.....	31
Figure 37: Consommation électrique réelle et théorique.....	32
Figure 38: Consommation de gaz réelle et théorique.....	33
Figure 39: Consommation de fuel réelle et théorique.....	33
Figure 40: Consommation de gazoline réelle et théorique.....	34
Figure 41: Schéma représentatif des 7 étapes de la résolution d'un problème. ....	42
Figure 42: Méthode générale des 5M.....	44
Figure 43: Evolution humidité sortie après correction .....	49

## Liste des tableaux :

Tableau 1:Caractéristiques d'une ligne de séchage .....	15
Tableau 2:Consommation annuelle des énergies en TEP .....	28
Tableau 3:Les données sur la facturation énergétique en 2019.....	31
Tableau 4: Mesurage et collecte des données .....	35
Tableau 5: Maitrise opérationnelle.....	36
Tableau 6:Les paramètres critiques pour l'atelier séchage .....	38
Tableau 7: Plan d'action .....	40
Tableau 8:Identification du problème.....	43
Tableau 9:Application de la méthode Ishikawa .....	45
Tableau 10:Actions et contre-mesures .....	48

## Liste des abréviations :

BT : Basse Teneur  
DCS : Système de Contrôle Distribué  
EMAPHOS : la société Euro-Maroc Phosphore  
FAM : Filtre a Manches  
HM : les Heures de Marche  
IPÉ : Indicateurs de Performance Energétique  
MC : MAROC CHIMIE  
MP : MAROC PHOSPHORE  
MRP : Méthode de Résolution des Problèmes  
OCP : Office Chérifien des Phosphates  
ONHYM : Office National des Hydrocarbures et des Mines  
PDCA : Plan Do Check Act  
SMÉ : Système Management Energétique  
SMESI : la Société Marocaine d'Études Spécialisées et Industrielles  
SOTREG : la Société de Transports Régionaux  
TEP : Tonne d'Equivalent Pétrole  
TS : Tube Sécheur  
UES : Usages Energétiques Significatifs  
VT : Ventilateur de Tirage



## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'industrie occupe une place prépondérante et joue un rôle crucial dans l'économie des nations, grâce aux offres d'emplois qu'elle procure, à sa valeur ajoutée ainsi que sa participation dans le produit intérieur brut. C'est pour cela que les pays accordent plus d'importance à ce secteur vital par le truchement d'efforts logistiques et humains.

Le Maroc n'échappe pas à cette règle même s'il a une industrie émergente dont le groupe Office Chérifien des Phosphates tire la locomotive, vu la valeur du phosphate dans les marchés internationaux. De ce fait, notre Projet de Fin d'Etude s'est déroulé au sein de l'unité de YOUSOUFIA du groupe OCP.

Les objectifs du stage sont multiples, en effet l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une organisation, quelle que soit son activité, est un poste de coût important. Outre le coût économique pour les organismes, l'énergie a également un coût environnemental et social du fait de l'épuisement des ressources et de certains problèmes comme le changement climatique auquel elle contribue. L'organisme n'a aucun contrôle sur les prix de l'énergie, l'ordre public ou l'économie mondiale. L'amélioration de l'efficacité énergétique permet aux organisations d'obtenir des résultats rapides en optimisant l'utilisation des sources d'énergie et des actifs énergétiques disponibles, ce qui se traduit par une réduction des coûts et de la consommation d'énergie. L'organisation jouera également un rôle positif dans la conservation des ressources énergétiques et l'atténuation de l'impact de la consommation d'énergie sur la planète, comme le réchauffement climatique.

ISO 50001 est basée sur un modèle de système de gestion déjà connu et mis en œuvre par des organisations du monde entier. Il offre des avancées tangibles aux organisations de toutes sortes à court terme, tout en soutenant des initiatives à long terme pour améliorer les techniques énergétiques. A cet effet, OCP Youssoufia soutient le projet d'obtention du certificat ISO 50001. Notre projet vise donc à établir une étude de mise en place d'un système de management de l'énergie conforme à la norme relevant de l'OCP. Pour le mener à bien, nous avons scindé notre travail en quatre chapitres :

- Descriptif de l'usine de séchage
- Descriptif de procédé de séchage
- Etude critique des usages énergétiques et de la consommation énergétique selon la norme NM ISO 50001 version 2018
- Etude critique sur la maîtrise de l'humidité du produit à la sortie

Nous terminons ce rapport par une conclusion résumant l'essentiel du travail.



## Chapitre 1

# **Descriptif de l'usine de séchage**

## 1 Généralités :

### 1.1 Historique :

1920 : Création de l'Office Chérifien des Phosphates (OCP).

1921 : Début de l'exploitation sur le gisement des OULAD ABDOUN.

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

1951 : Démarrage de l'extraction en découverte à KHOURIBGA.

1954 : Démarrage des installations de séchage à YOUSOUFIA.

1959 : Création de la Société Marocaine d'Études Spécialisées et Industrielles (SMESI).

1961 : Mise en service de la première laverie à KHOURIBGA.

1962 : Introduction de la mécanisation de souterrain à YOUSOUFIA.

1965 : Création de la société MAROC CHIMIE.

1967 : Introduction de la mécanisation du souterrain à KHOURIBGA.

1969 : Début de l'exploitation de phosphate noir à YOUSOUFIA.

1973: Création de la Société de Transports Régionaux (SOTREG).

1975: Création du GROUPE OCP.

1976 : Transfert au Maroc la société PHOUSBOUCRAÂ, Démarrage de Maroc PHOSPHORE I & Maroc chimie II.

1981 : Démarrage de Maroc phosphore II.

L'OCP entre dans le capital de la société PRAYON (Belgique).

1986: Démarrage des lignes d'acide sulfurique et d'acide phosphorique de MAROC PHOSPHORE

1987: Démarrage des LIGNES D'ENGRAIS de Maroc Phosphore III-IV.

1994 Démarrage du projet minier de SIDI CHENNANE.

1996: Création de la société Euro-Maroc Phosphore (EMAPHOS).

1997: Accord d'association entre le Groupe OCP et le Groupe indien BIRLA pour la réalisation d'une unité de production d'acide phosphorique à JORF LASFAR.

1998: Démarrage de la production D'ACIDE PHOSPHORIQUE PURIFIÉ

2002 : Prise de participation dans la société PPL

2008 : Naissance de OCP SA{1}

### 1.2 Activités du Groupe OCP:

D'une façon globale les tâches remplies par l'OCP se situent comme suit :

- **L'extraction** : c'est la première opération qui se fait soit en découverte soit en galeries Souterraines. Elle consiste à extraire le phosphate de la terre et s'exécute en quatre phase: forage, sautage, décapage et défrisage.
- **Le traitement** : c'est une opération nécessaire qui se fait après l'extraction et a pour but l'enrichissement du minerai en améliorant sa teneur.
- **Le transport** : une fois le phosphate extrait puis traite, il est transporté vers les ports de Casablanca, Safi ou el Jadida, à destination des différents pays Importateurs.
- **La vente** : le phosphate est vendu, selon les demandes des clients, soit brut, soit après traitement soit transformé en engrais, acide phosphorique ou acide sulfurique aux industries chimiques.

### 1.3 L'utilisation du phosphate :

Le phosphate est extrait sous forme minérale pour être commercialiser par 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.

### 1.4 Situation géographique :

Les phosphates qui sont Principalement utilisés dans la fabrication des engrais, proviennent des gisements de Khouribga, Ben guérir, Youssoufia et Boucraâ-Laâyoune. Selon les cas, le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (lavage/flottation, séchage, calcination, enrichissement à sec...etc.). Une fois traité, il est exporté ou 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 et engrais solides. La carte suivante montre les différentes situations géographiques des réserves marocaines des phosphates{2}.

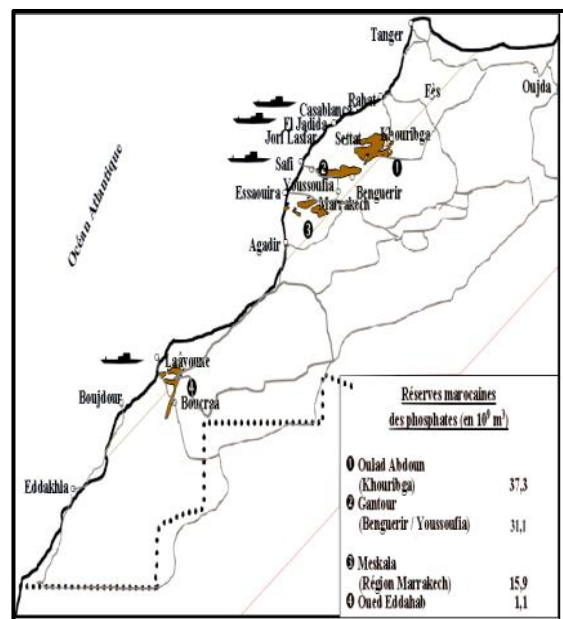
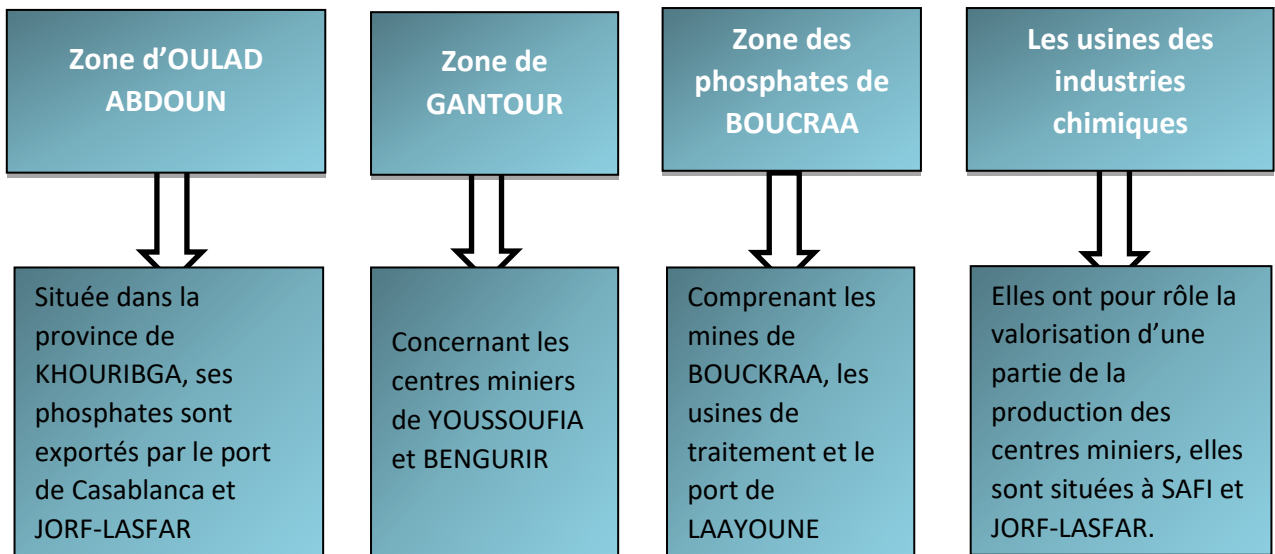


Figure 1: Situation géographique de phosphate au Maroc



### 1.5 La Direction des Exploitations Minières de GANTOUR

La Direction des Exploitations Minières de GANTOUR a pour mission l'extraction, le traitement et la livraison du phosphate à partir du gisement de GANTOUR. Ce gisement s'étend sur 125 Km de l'Est à l'Ouest et sur 20 Km du Nord au Sud, Il recouvre en termes de superficie approximativement de 2500 km<sup>2</sup> et ses réserves sont estimées à environ 31 milliards de m<sup>3</sup>, soit 37 % des réserves nationales. Il existe deux centres qui sont en exploitation : le centre de Youssoufia (depuis 1939) et le centre de Benguerir (depuis 1980). La Direction des Exploitations Minières de GANTOUR est structurée selon l'organigramme suivant :

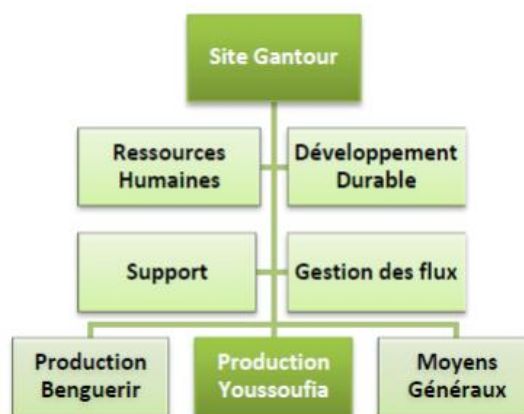


Figure 2: Organigramme de la Direction des Exploitations Minières de GANTOUR.

### 1.6 Cas des phosphates de Youssoufia :

La zone de Youssoufia constitue la partie occidentale du bassin de Gantour. Ce gisement est classé deuxième en importance au Maroc après celui de Khouribga, le Royaume étant le premier exportateur et deuxième producteur mondial de Phosphate. Le gisement de phosphate de



Youssoufia est constitué de deux types de minerais. Le potentiel d'extraction à Youssoufia avoisine les 3 millions de tonnes de phosphate par an et le potentiel d'extraction par la même société au Maroc avoisine les 28 millions de tonnes de phosphate par an {3}.

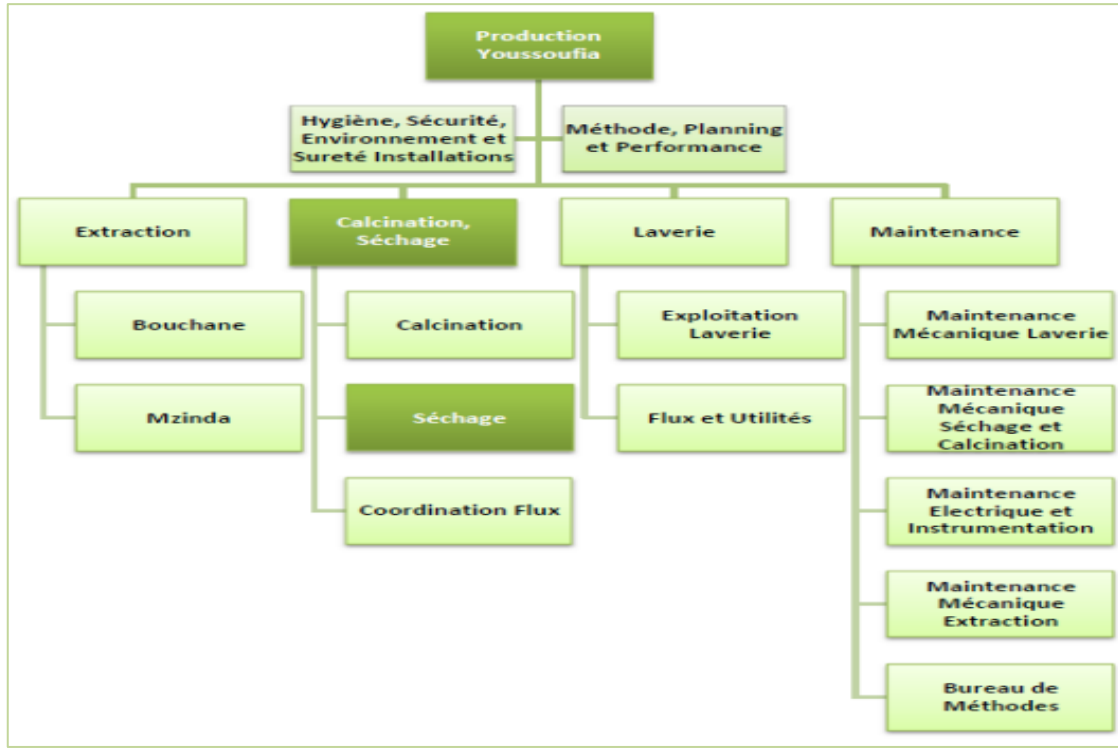


Figure 3: Organigramme des unités de production de Youssoufia

### 1.7 Organigramme général du groupe OCP :

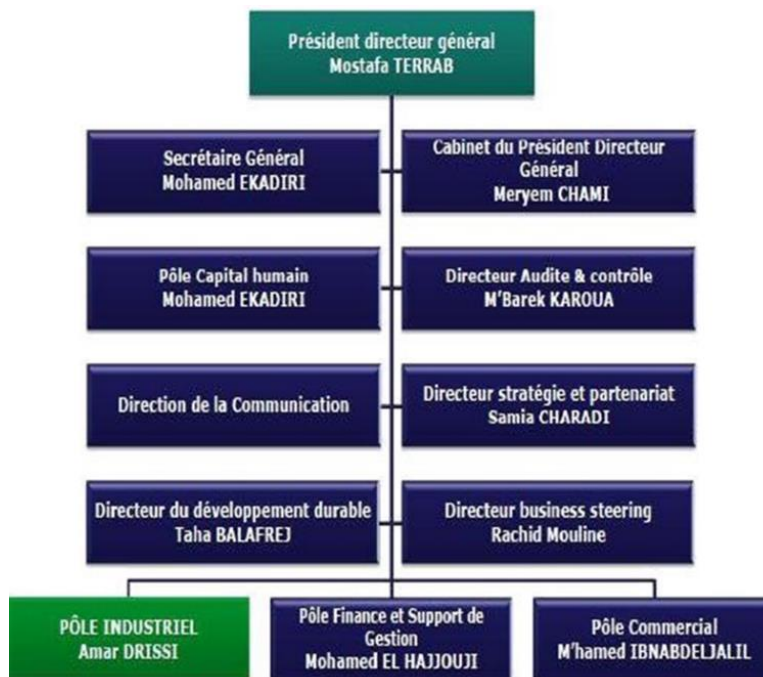


Figure 4: Organigramme général du groupe O.C.P

## 2 L'usine de séchage YOUSOUFIA :

Le séchage est une opération consistant à réduire par évaporation la quantité de liquide que contient une matière. Le séchage du phosphate est basé sur un processus thermodynamique qui consiste à évaporer la quasi-totalité de l'eau contenue dans le phosphate par rapport énergétique.

L'usine de séchage de YOUSOUFIA est constituée de 3 grandes zones :

- Zone Amont
- Zone Centrale
- Zone aval

### 2.1 Zone Amont

La zone responsable d'alimenter des fours par le phosphate humide. D'abord le stock mécanisé est d'une capacité de 320000T répartie en deux tas (TAS A, TAS B), chaque tas est d'une longueur de 400 m, une largeur de 40 m, il permet le stockage de 160000T avec



Figure 5: Zone Amont

une hauteur de 14 m. Ce stock contient le phosphate humide lavé et flotté à partir de la laverie dans le stock avec un taux d'humidité entre 20-22%, puis il se réduit à environ 16% après un temps de séjour, ensuite la roue pelle alimente le convoyeur CL6 qui transporte le produit à travers CL6', CL7', CL8' arrivant aux extracteurs qui à son tour distribue ce produit soit dans le circuit de dosage si nécessaire, soit dans le convoyeur CL9', T21, puis T23 et T23' enfin il arrive à T1200 et T1200' qui alimentent les 8 fours. En cas de présence d'un problème dans ce dernier circuit (circuit principal), on recourt à l'autre circuit qui transporte le produit sous la chaîne CL6, CL7, CL8, CL9, CL10 qui verse le produit aux tapis T23 et T23' puis les tapis T1200 et T1200'.

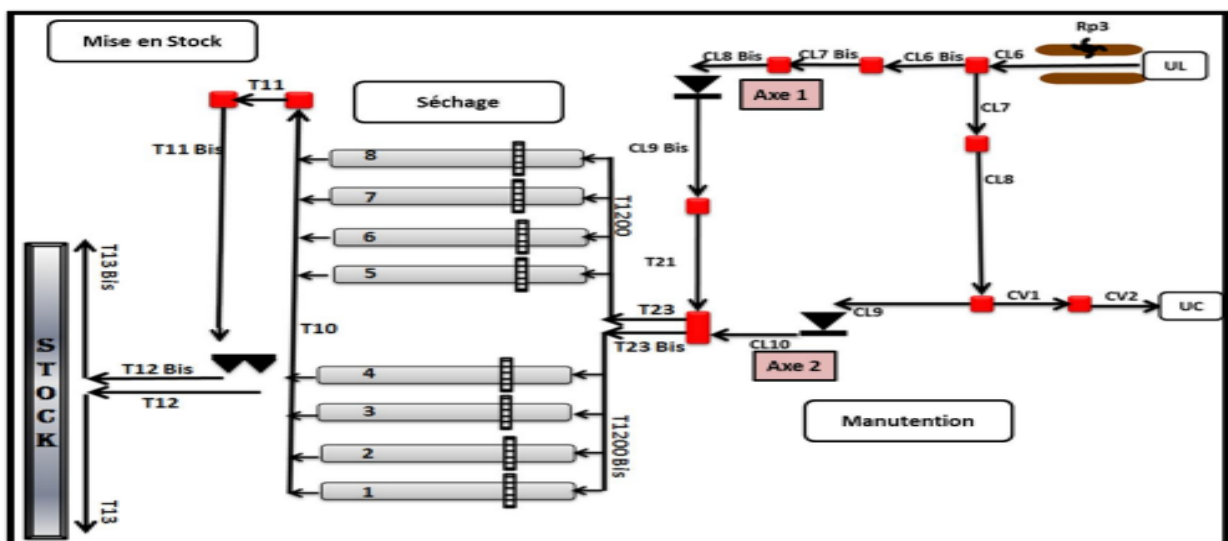


Figure 6: Schéma d'alimentation de l'usine de séchage en produit humide

## 2.2 Zone Centrale

L'usine de séchage est constituée de trois étages :

- Etage des trémies ;
- Etage des extracteurs ;
- Etage des fours.

L'ensemble appelé salle des fours.

### 2.2.1 Etage des trémies :

Les trémies sont alimentées par le produit venant de deux convoyeurs montés en parallèles T23 et T23'. Le produit entrant à l'usine par ces deux tapis alimentant les fours selon l'organisation suivante:

Le premier convoyeur alimente la première batterie constituée par les quatre trémies des fours F1, F2, F3 et F4.

Le deuxième convoyeur alimente la deuxième batterie constituée par les quatre trémies des fours F5, F6, F7 et F8.

Chaque four est alimenté par sa propre trémie :

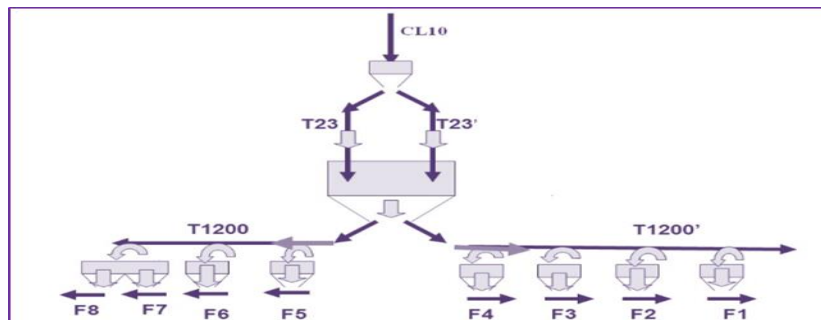


Figure 7: Schéma représentatif du circuit d'alimentation des fours

### 2.2.2 Etage des extracteurs :

Les extracteurs jouent un rôle majeur dans l'opération de séchage, ils sont placés à la sortie de chaque trémie, tournant à une vitesse variable, permettent de contrôler et de régler le débit du produit entrant dans chaque four sécheur.

### 2.2.3 Etage des fours :

A ce niveau il y a huit fours, qui sont divisés en deux batteries :

- Première batterie : du four 1 au four 4.
- Deuxième batterie : du four 5 au four 8.

C'est au niveau de cet étage que l'opération de séchage du produit s'effectue.

## 2.3 Zone aval :

La zone responsable d'extraire le produit sec et de charger les trains. Le phosphate sec qui sort de tous les fours est recueilli sur le convoyeur T10 qui le déverse sur le convoyeur T11, ce dernier le met au convoyeur T11', ainsi la totalité du produit sec est acheminé vers l'unité du criblage qui est constituée de 2 cribles de maille 6\*6 mm. Le produit passant par ces cribles est évacué au moyen de deux convoyeurs T13 et T13', ces derniers le déversent au stock qui supporte 60000 tonnes.



Figure 8: Zone de stockage de phosphate

### 2.3.1 Station de chargement des trains

Les trains assurant le transport du produit marchand sont chargés à partir du silo de stockage, équipé de 42 goulottes de chargement séparées de quatre mètres et disposées sur une seule voie de chargement.

- Capacité de stockage : 60000 tonnes.
- Mort : 42000 tonnes.
- Stock vif : 18000 tonnes.
- Longueur : 170 m.
- Largeur : 35 m.
- 42 goulottes de chargement, séparées de 4m et disposées sur seule voie de chargement.

## 3 Conclusion :

Après avoir donné un aperçu sur le Groupe OCP, le site de GANTOUR et plus particulièrement l'usine de séchage de YOUSOUFIA, l'entité dans laquelle nous avons effectué notre stage. La Direction Traitement GANTOUR assure le traitement du phosphate extrait à Youssoufia et Benguézir. Trois types de traitement sont pratiqués : le lavage, le séchage, qui nous intéressent et qui l'on va détailler au chapitre suivant, et la calcination. La première opération permet d'améliorer la qualité du phosphate et de valoriser les couches à faible teneur. La seconde consiste à réduire l'humidité du produit à moins de 4% avant sa commercialisation. Le dernier type de traitement consiste à faire subir au minerai brut un traitement thermique (plus de 700°C) pour éliminer les matières organiques qu'il contient.

# **Descriptif de procédé de séchage**

## 1 Introduction :

Comme tout minerai, les phosphates doivent subir des traitements avant d'être utilisés, traitements physiques (broyage, calcination, lavage, séchage) et chimiques (attaque du minerai par l'acide sulfurique) qui nécessitent des investissements importants et une maîtrise de ces technologies. Il en résulte différents produits : phosphates de calcium, acide phosphorique, anhydride phosphorique et toute une gamme d'engrais phosphatés répondant aux normes et besoins de l'agro-industrie... Nous nous intéressons par la suite aux traitements thermiques des phosphates (**Séchage**) qui joue un rôle primordial aux processus des transformations ultérieures. Ce qui exige une maîtrise globale des procédés de traitement thermique des phosphates ainsi que les différentes disciplines qui interviennent.

## 2 Définition et but du séchage :

Le séchage est un procédé qui consiste à réduire par évaporation l'excès d'humidité contenue dans le minerai. L'usine de séchage de Youssoufia a pour mission la réduction du taux d'humidité du phosphate à moins de 4% et la préparation des qualités, pour alimenter Maroc Phosphore et Maroc Chimie (Safi).

Le séchage se fait au moyen des fours sécheurs rotatifs dans lesquels, le phosphate humide subit un brassage à l'intérieur des tubes sécheurs cylindriques rotatifs équipés d'augets et palettes pour faciliter la pulvérisation et l'avancement du produit {4}.



Figure 9:Fours sécheurs

Ceci favorise les échanges entre la masse gazeuse, source de chaleur et le phosphate. Et ceci dans le but de :

- Rendre le minerai sec et marchand ;
- Eviter le transport d'eau pour des raisons économiques.

## 3 Stockage du phosphate humide :

Cette unité est de capacité 45000 tonnes, assure la fonction de la réception du phosphate humide provenant de la laverie, du criblage.



Elle est équipée d'une : machine de stockage (stockeuse) machine de déstockage (roues-pelles orientables).



Figure 11: Stockeuse



Figure 10: Roue-pelle

## 4 Procédé de séchage :

Les stocks répondent aux éventuels besoins des unités de traitement, la réalisation des programmes des expéditions aux industries chimiques de Safi, et le maintien de la marche continue et régulière des installations de traitement.

Le phosphate humide passe par un groupe d'endroits qui aident à le transporter vers le four, ils sont constitués de :

### 4.1 Une roue pelle

C'est une machine destinée pour le déstockage du phosphate au moyen d'une roue à godets liée à une flèche à tapis au moyen duquel elle permet le transport du produit vers une transporteuse latérale qui à son tour le transporte vers le convoyeur CL6.

### 4.2 Four sécheur

Un four sécheur de l'usine de séchage est de type rotatif conçu pour le traitement du phosphate clair. Il est constitué essentiellement de 5 éléments principaux :

- Une chambre de combustion ou foyer,
- Un tube sécheur,
- Une chambre à poussière,
- Des filtres à manches,
- Un ventilateur de tirage,
- Une cheminée.

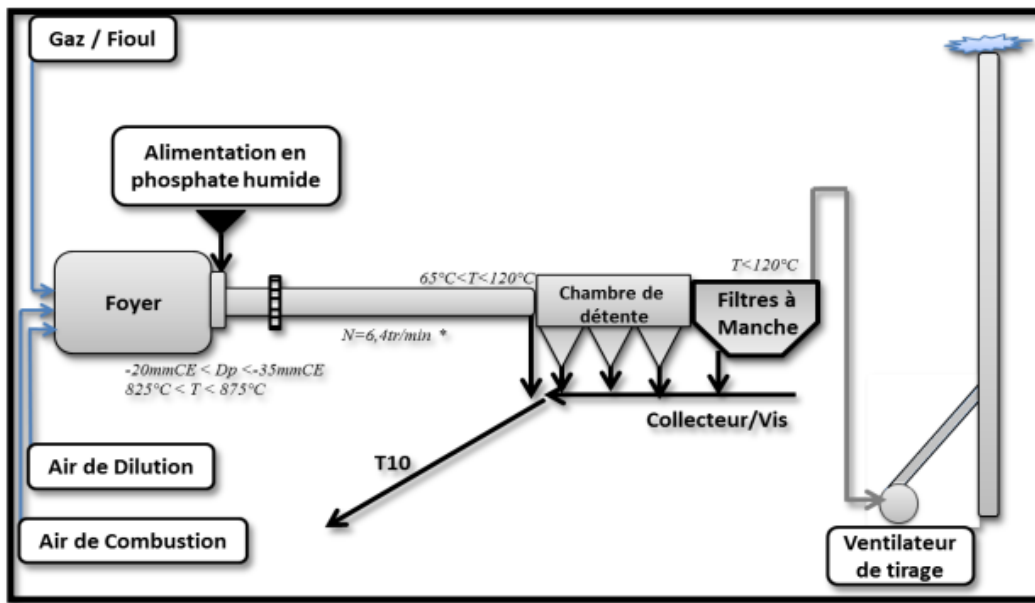


Figure 12:Schéma d'un four sécheur

Le séchage est effectué via des fours rotatifs dont les principaux composants sont :

#### 4.2.1 Brûleur :

C'est un organe mécanique situé à l'entrée du Foyer. Son but est de pulvériser le combustible , Fuel ou Gaz, pour favoriser la combustion en assurant un mélange entre Gaz ou Fuel et l'air de combustion.

##### 4.2.1.1 Brûleur Gaz :

Constitué par deux brûleurs :

- Brûleur central : Le brûleur central introduit une partie du gaz dans le Foyer et pulvérise le combustible via des petits orifices.
- Brûleur annulaire : répartit le gaz à l'intérieur du foyer et assure un bon mélange entre combustible et le comburant.

##### 4.2.1.2 Brûleur Fuel :

Ce brûleur est constitué par un injecteur résistant à des hautes températures, qui injecte le Fuel dans le Foyer.

#### 4.2.2 Foyer :

C'est l'élément principal de l'ensemble du four sécheur. C'est un compartiment cylindrique dans lequel il y a production de la masse gazeuse, source d'énergie nécessaire pour évaporer l'eau accompagnant le produit humide. Il est formé d'une virole en acier, revêtue intérieurement de deux couches de briques, l'une de **diatomite** et l'autre de **briques réfractaires** à base d'alumine



pour protéger la paroi et minimiser les échanges thermiques avec le milieu extérieur. L'air de combustion et l'air de dilution sont introduits dans la chambre de combustion au moyen de deux ventilateurs.

Les deux couches de briques :

- La première couche est de brique diatomite mise directement sur la tôle son épaisseur est 110 mm.
- La deuxième couche est de brique réfractaire mise sur la brique diatomite, donc il sera en contact direct avec la masse gazeuse, son épaisseur est 220 mm, lors du démontage du brique nous laissons un joint chaque mètre pour raison de laisser des oscillations des briques ;



Figure 13: l'intérieur du foyer

Cet espace a un rôle important pour faire en sorte que la flamme ne touche pas les parois intérieures de foyer, et c'est à cause de l'air qui le travers.

#### *Caractéristiques de la flamme dans un four sécheur*

- Flamme allongée 2/3 de la longueur du foyer.
- Ne pas lécher les parois .
- Pas de forme éventail qui provoque la détérioration rapide de briques réfractaire .
- Pas d'effet chalumeau (flamme ayant une couleur jaunâtre foncée);
- Pas de paillettes.
- Réglage de la flamme

Pour avoir une flamme convenable nous pouvons agir sur :

- Position du brûleur
- Quantité d'air de combustion
- Position du déflecteur

#### 4.2.3 Ventilateur air de combustion :

Ce ventilateur a pour mission d'approvisionner le Foyer par l'air nécessaire à la combustion.

#### 4.2.4 Ventilateur air de dilution :

Ce ventilateur sert à alimenter le Foyer par l'air de dilution nécessaire pour :

- Le refroidissement des parois du Foyer
- Le guidage de la flamme

#### 4.2.5 Tube sécheur :



Figure 15:Le tube sécheur



Figure 14:L'intérieur d'un tube sécheur

C'est un tube cylindrique rotatif de 12 m de longueur et de 2 m de diamètre, le tube fait une rotation de 7 tours /minute, cette dernière est assurée par un moteur électrique et un réducteur, la transmission du mouvement s'effectue par un pignon et une croie dentée, le tube sécheur meurt sur des godets à l'intérieur nous trouvons des palettes ont pour rôle le déplacement du phosphate, et d'augets pour le brassage du phosphate, une goulotte si tiré en haut du tube assure l'alimentation en phosphate humide qui sera séché par contact direct entre des grains de phosphate et l'air chaud (masse gazeuse).

#### 4.2.6 Chambre à poussières

Les fines particules emportées par les gaz ayant servi au séchage, sont récupérées au niveau de la chambre à poussière. La chambre à poussière est constituée de :

- 1-chambre de détente.
- 2-filtres à manches.

##### *Chambre de détente*

Dans cette chambre les gaz sont détendus grâce à l'augmentation de la section. En effet, les particules de poussières acquièrent à leur sortie de la dernière virole une faible vitesse du fait de la détente des gaz dans une chambre de section plus importante que dans les viroles. Les particules moyennement fines se trouvent ainsi moins agitées et tombent sous l'effet de leurs poids dans des trémies pour être récupérées par les collecteurs à bande (Cas de la deuxième batterie) ou par des vis sans fin (Cas de la première batterie).

##### *Filtre à manches : FAM*

Son rôle est de récupérer les très fines particules, La récupération des particules fines se fait au niveau du filtre à manche principale, le ventilateur de tirage crée une dépression à l'intérieur des manches, ce qui amène les particules à se déposer sur les manches, Un système séquentiel de

secouage fait secouer ces filtres, Les fines récupérées par les deux compartiments se dirigent vers les convoyeurs, pour rejoindre le produit criblé {5}.

Le filtre en question contient 525 manches reparties comme suivant :

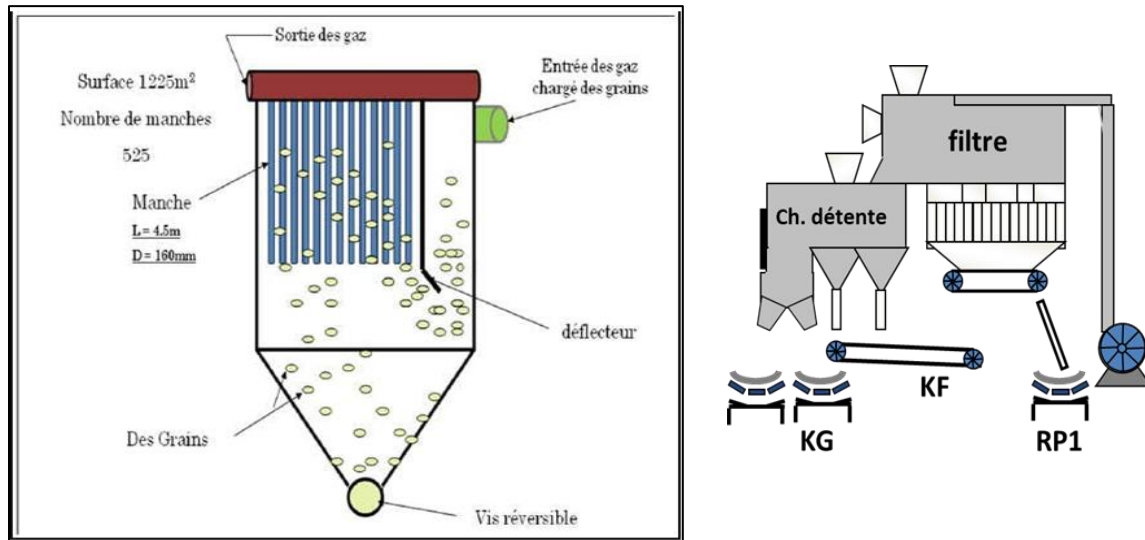


Figure 16: filtre à manches

#### 4.2.7 La cheminée et le ventilateur de tirage :

Le ventilateur de tirage est placé à la base de la cheminée et consiste à mettre le four en dépression et évacuer les gaz sortants du tube sécheur vers l'atmosphère. Il a pour but la mise en dépression de toute l'installation : nous avons la formation d'un vide partiel à l'intérieur du four sécheur, il en résulte un débit d'air chaud à travers le ventilateur, la chambre à poussière et le tube sécheur, ce qui a pour résultat l'aspiration d'une quantité d'air de séchage nécessaire à l'évacuation de la masse gazeuse par la cheminée. Il faut éviter une grande dépression car elle diminue le temps de séjour du produit, cette diminution a pour conséquence la variation de l'humidité du produit à la sortie du tube sécheur.

Tube sécheur	
Puissance moteur	45 kw
Vitesse de rotation	1000 tr/min
Vitesse tube sécheur	6,4 tr/min
Longueur	10.8 m
Diamètre	2.2 m
Foyer	
Longueur	9.46 m
Diamètre	2.9 m
Ventilateur de tirage	
Débit	120000 m3/h
Puissance moteur	180 KW
Pression	165 mm CE
Ventilateur de combustion	
Débit	15300 m3/h
Puissance moteur	10 CV
Pression	120 mm CE
Ventilateur de dilution	
Débit	31200 m3/h
Puissance moteur	10 CV
Pression	90 mm CE

Tableau 1:Caractéristiques d'une ligne de séchage{3}

## 5 Conclusion :

Chaque opération de séchage est caractérisée simultanément par un transfert de chaleur et un transfert de masse et chaque produit a une cinétique de séchage qui lui est spécifique. A la différence de beaucoup d'autres phénomènes comportant un transfert de matière, le séchage met en œuvre des phénomènes multiples qui sont compliqués du fait que les conditions du séchage se modifient lors du départ de l'humidité.

Les impuretés des phosphates varient d'une région à l'autre, d'où la difficulté d'optimiser l'énergie de séchage, même de dimensionner ces procédés. Ce qui nécessite une installation assez flexible qui nous favorise un produit fini satisfaisant aux exigences clients, et ce qu'on va traiter dans le chapitre suivant.

**Etude critique des usages  
énergétiques et de la  
consommation énergétique  
selon la norme NM ISO 50001  
version 2018**

## 1 Introduction :

Dans cette étude, nous présentons les résultats de l'étude paramétrique effectuée avec le modèle dynamique du Complexe de Séchage YOUSOUFIA.

Afin d'augmenter la production, l'exploitant procède à différents essais portant sur les conditions de fonctionnement de ce procédé. Les divers paramètres permettent de prévoir la consommation de différentes énergies lors du changement de l'un des paramètres de fonctionnement (humidité, dosage, MP MC, BT...). En pratique les paramètres fixes (longueur et diamètre du four, ..., etc.) ne peuvent pas être modifiés. Ainsi, leurs effets ne sont pas étudiés.

L'objectif de cette étude paramétrique est l'analyse de l'influence des différents paramètres sur la consommation énergétique selon la norme NM ISO 50001 version 2018.

## 2 La norme NM ISO 50001 version 2018 :

ISO 50001 se fonde sur l'amélioration continue, un modèle de système de management que l'on retrouve dans d'autres normes bien connues, dont ISO 9001 et ISO 14001. Grâce à ce modèle, il est plus facile pour un organisme d'intégrer le management de l'énergie à l'ensemble des efforts qu'il met en œuvre pour améliorer son management de la qualité et son management environnemental {6}.

ISO 50001 définit un cadre d'exigences pour que les organismes puissent :

- Élaborer une politique pour une utilisation plus efficace de l'énergie
- Fixer des cibles et des objectifs pour mettre en œuvre cette politique
- S'appuyer sur des données pour mieux comprendre les problèmes liés à la consommation d'énergie et prendre des décisions pour y remédier
- Mesurer les résultats
- Examiner l'efficacité de la politique
- Améliorer en continu le management de l'énergie

### 2.1 Objectif de l'ISO 50001:

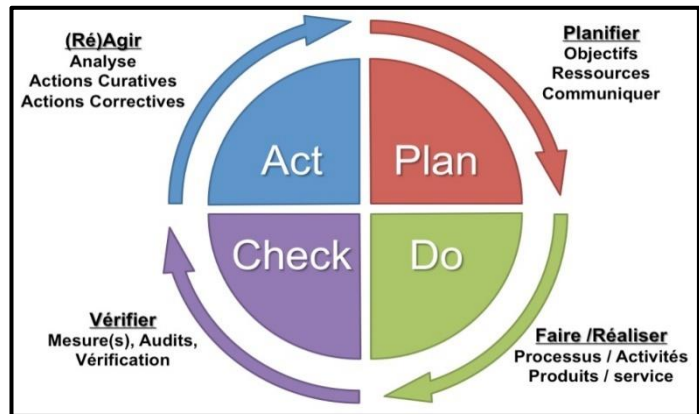
L'objectif de la Norme ISO 50001 est de rendre possible aux organisations l'implantation de systèmes et processus nécessaires pour améliorer la performance énergétique des installations.

La version 2018 de l'ISO 50001 explique comment réduire les coûts des énergies à long terme en améliorant le retour sur investissement. Cette norme ISO 50001:2018 apporte des précisions sur les indicateurs de performance énergétique et la situation de référence {7}.

## 2.2 Roue de Deming (PDCA) de la norme ISO 50001:

Le Système de management de l'énergie comprend un ensemble d'éléments ayant une interaction entre eux pour établir la politique énergétique, les objectifs énergétiques et les processus et procédures pour atteindre ces objectifs.

Pour ce faire, la norme est basée sur un système d'amélioration en continu:



Roue de Deming (PDCA), qui intègre le SMÉ dans toutes les pratiques de l'entreprise (8).

**P (Plan, Planifier)** : Le volet planification de la norme ISO 50001 consiste à :

- Réaliser la révision énergétique
- Établir la consommation de référence, les indicateurs de performance énergétique, les objectifs, les cibles énergétiques et plans d'action.

**D (Do, Faire)** : Cette partie consiste à mettre en œuvre le plan d'action de management de l'énergie.

**C (Check, Vérifier)** : Le volet vérification consiste à :

- Surveiller et mesurer les processus et leurs caractéristiques opérationnelles qui permettent de les comparer avec la politique et les objectifs.
- Informer des résultats.

**A (Act, Agir)** : Mener à bien des actions pour améliorer en permanence la performance énergétique et le SMÉ.

Le concept d'amélioration en continu est associé à la nécessité d'avoir constamment un retour d'information et que celui-ci soit enregistré pour une analyse ultérieure, de telle sorte à pouvoir :

- Vérifier si les objectifs visés ont été accomplis.
- Réaliser un suivi des plans d'action d'amélioration de la performance énergétique conçus et implantés. Dans le cas contraire, des mesures pertinentes seront prises.

## 2.3 Structure de la norme

Avant de pouvoir entrer dans la procédure de l'implantation de la norme la direction a pour mission de :



- Définir la politique énergétique, le périmètre du système et constitue/approuve l'équipe de management de l'énergie
- S'assurer de la disponibilité des ressources nécessaires
- Communiquer à tout le personnel l'importance du management de l'énergie
- S'assurer que les objectifs et cibles énergétiques sont fixés, que les IPé sont adaptés à l'organisme, que les résultats sont mesurés et communiqués à intervalles définis
- Inclure la performance énergétique dans la planification à long terme et conduit les revues de management
- Nommer un représentant compétent et lui transfère autorité et responsabilité pour la mise en œuvre du système de management

### 2.3.1 Politique énergétique:

Les engagements de la Direction :

- Amélioration continue des performances
- Disponibilité de l'information et des ressources
- Encourager l'amélioration continue de la performance énergétique (achats, conception...)
- Conformité aux exigences légales et aux autres exigences souscrites nécessaires

Les missions de la Direction

- Fixer le cadre des objectifs et cibles énergétiques, réviser si nécessaire la politique pour l'adapter à l'organisme
- Communiquer au sein de l'organisme (9).

### 2.3.2 Planification énergétique :

#### 2.3.2.1 Conformité aux autres exigences et autres :

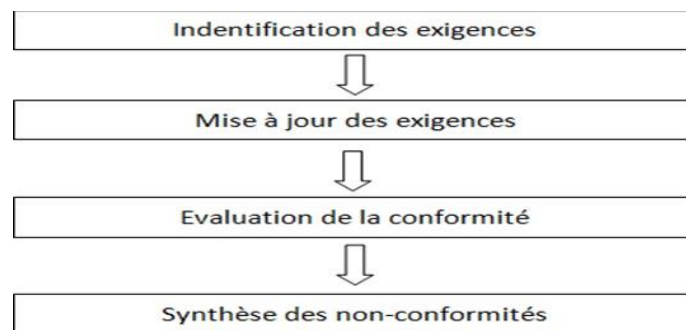


Figure 18:Schéma caractérisant les exigences légales et autres

#### 2.3.2.2 Revue énergétique:

- Analyser les usages et la consommation énergétique.
  - Sources énergétiques.

- Données disponibles : mesurage, relevés de consommation (services).
- Suivi des consommations passées et présentes.
- Mise en place d'une actualisation du suivi.
- Identifier les secteurs d'usage significatifs.
  - Les équipements, les installations, systèmes, procédés, personnels.
  - Les facteurs pertinents avec un impact significatif sur les usages.
  - Déterminer la performance énergétique actuelle liée aux usages énergétiques significatifs identifiés.
  - Estimer usages et consommations futurs.
- Identifier, hiérarchiser et enregistrer les potentiels d'amélioration de la performance énergétique.

### 2.3.2.3 Consommation de référence :

- Consommation « historique » servant de base à la comparaison de la performance énergétique.
- Identifiée par rapport à la revue énergétique initiale.
- Adaptation en fonction des modifications sur site.
- Actualisation et enregistrement

### 2.3.2.4 Indicateurs de performance énergétique :

- Etablissement d'une méthodologie pour définir le choix des IPé (production, management) et pour actualiser les IPé.
- Actualisation et enregistrement de la méthodologie

### 2.3.2.5 Objectifs et cibles énergétiques/ Plans d'actions:

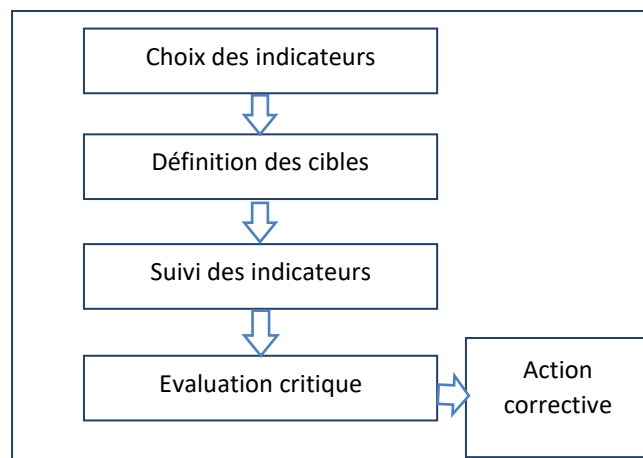


Figure 19: Procédure d'obtention du plan d'action

## 2.4 Mise en œuvre et fonctionnement:

### 2.4.1 Compétence, Formation et sensibilisation :

L'organisme doit :

- Déterminer les compétences nécessaires du personnel.
- Pourvoir à la formation ou entreprendre d'autres actions pour satisfaire ces besoins
- Evaluer l'efficacité des actions entreprises.
- Assurer que le personnel a conscience de la pertinence et de l'importance de ses activités et de la manière dont ils contribuent à la réalisation des objectifs.
- Assurer que le personnel interne ou externe soit informé :
  - De l'importance de la conformité à la politique, aux procédures et au SMé.
  - De leurs rôles et responsabilités.
  - Des effets bénéfiques de l'amélioration de la performance énergétique.
  - Des impacts de leur contribution et des conséquences des écarts par rapport aux procédures spécifiées.

### 2.5 Maitrise opérationnelle :

- Empêcher des situations qui pourraient mener à s'écarter de la politique énergétique, les objectifs énergétiques.
- Fixer des critères pour le fonctionnement et l'entretien des installations, l'équipement des bâtiments, ...
- Maintenance préventive / Contrôles réglementaires.
- Mesurer et enregistrer les facteurs significatifs de la consommation énergétiques et les facteurs associés.
- Calibration des appareils de suivi et mesurage.
- Etablir les relations entre la consommation énergétique et les facteurs énergétiques associés.
- Evaluer la consommation énergétique réelle par rapport à celle prévue.
- Enregistrement de tous les écarts accidentels significatifs par rapport à la consommation énergétique prévue (causes et remèdes compris) {10}.

## 2.6 Vérification:

### 2.6.1 Surveillance, mesure et analyse :

- Planifier et mettre en œuvre les processus de surveillance, de mesure, d'analyse et d'amélioration nécessaires pour :

- Les usages énergétiques significatifs et autres données (revue énergétique).
- Les facteurs pertinents associés.
- Les IPé.
- L'efficacité des plans d'action dans l'atteinte des objectifs et cibles.
- L'évaluation de la consommation énergétique réelle par rapport à celle attendue.
- Révision périodique des besoins en mesure.
- Fiabilité des équipements de mesure.
- Suivi des écarts.
- Enregistrement / documentation des résultats.

### 3 Etude critique des usages énergétiques :

Dans cette partie, nous allons traiter le volet planification de la norme ISO 50001. L'usine séchage YOUSOUFIA a pour but ultime de minimiser sa consommation énergétique tout en se certifiant. Afin de pouvoir réaliser ces deux objectifs nous avons opté pour la démarche suivante :

- L'identification et l'analyse qui consistent en les étapes suivantes :
  - ❖ Identifier les sources énergétiques au sein du site
  - ❖ Identifier les usages énergétiques (Equipement, Procédés, Unité...) en relation avec la source énergétique
  - ❖ Prélever des mesures sur la base d'une durée prédéterminée (Actuels ou passés) des Sources d'énergies existant dans le site
  - ❖ Calculer les ratios relatifs à chaque usage énergétique (Consommation/Production ou consommation/consommation globale)
  - ❖ Fixer un seuil à ne pas dépasser
  - ❖ Identifier, à partir de ce seuil, les usages énergétiques significatifs
- Etablir un plan d'action pour un potentiel d'amélioration ceci afin de pouvoir :
  - ❖ Atteindre l'objectif énergétique fixé par la direction,
  - ❖ Diminuer la consommation énergétique afin d'atteindre la cible énergétique.

Dans notre rapport nous avons décidé de traiter chaque source énergétique existante dans l'usine.

- Les sources énergétiques existantes sont :
  - Electricité
  - Gaz

- Fuel
- Gazoline

Afin d'établir un suivi de la consommation énergétique, nous avons pu établir tout au long de la revue énergétique, des ratios que nous pouvons considérer comme des indicateurs de performances.

### 3.1 Identification des usages énergétiques :

L'énergie électrique est utilisée par l'usine pour le fonctionnement des moteurs des différents équipements, la production de l'air comprimé, l'éclairage, la climatisation...

Les usages qui utilisent l'électricité sont :

- Les ventilateurs de tirage
- Les compresseurs
- Les convoyeurs
- Les brûleurs
- Les projecteurs (éclairage)

### 3.2 Production et consommation :

#### 3.2.1 Données sur la consommation :

Le tableau de l'**Annexe 1** explicite les données sur la consommation énergétique en 2018 jusqu'à l'année 2022.

➤ L'évolution de la consommation électrique est schématisée dans le graphe suivant :

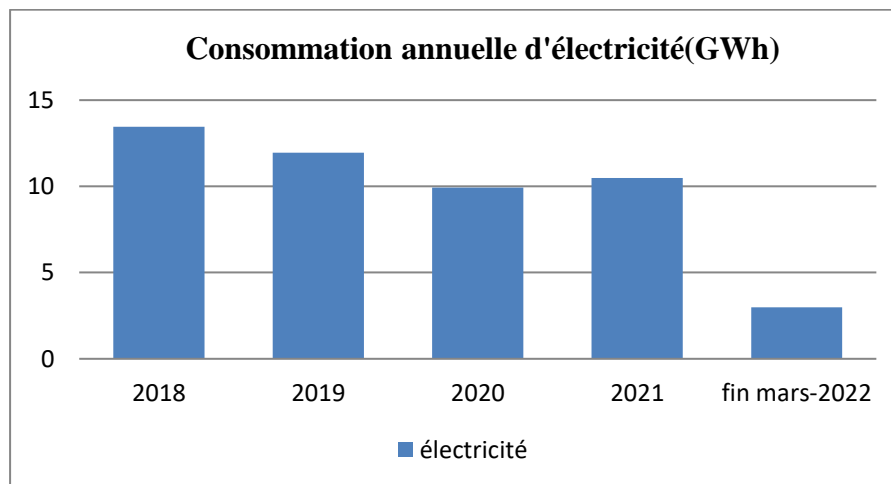


Figure 20: Evolution de la consommation électrique

La consommation annuelle moyenne est de 11.5GWh, la valeur maximale est de 13,452GWh en 2018, la valeur minimale a été enregistrée en 2020 d'une valeur de 9,93236GWh.

- L'évolution de la consommation de gaz est schématisée dans le graphe suivant :

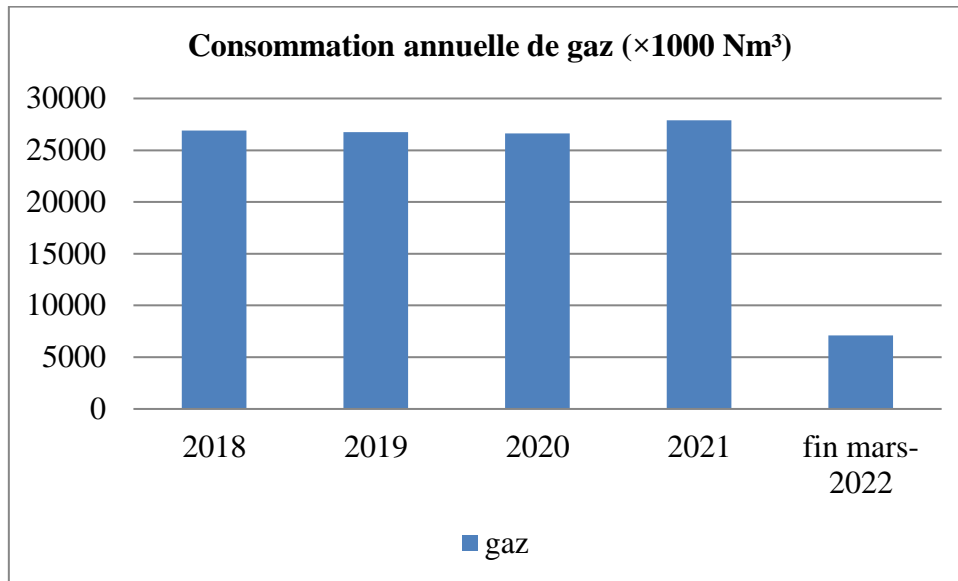


Figure 21: Evolution de la consommation de gaz

La consommation annuelle moyenne est de  $27040(\times 1000\text{Nm}^3)$ , la valeur maximale est de  $27881,213(\times 1000\text{Nm}^3)$  en 2021, la valeur minimale a été enregistrée en 2020 d'une valeur de  $26638,82(\times 1000\text{Nm}^3)$ .

- L'évolution de la consommation de fuel est schématisée dans le graphe suivant :

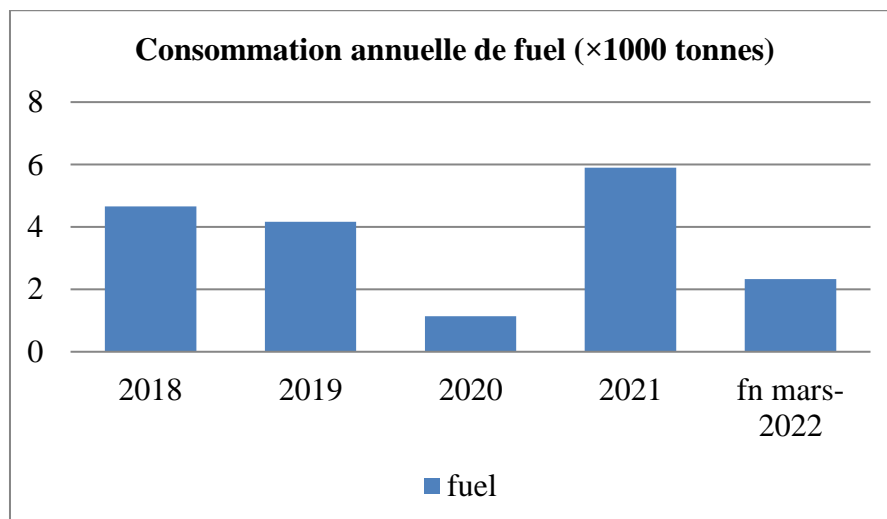


Figure 22: Evolution de la consommation de fuel

La consommation annuelle moyenne est de  $3.95(\times 1000\text{tonnes})$ , la valeur maximale est de  $5.89(\times 1000\text{tonnes})$  en 2021, la valeur minimale a été enregistrée en 2020 d'une valeur de  $1.14(\times 1000\text{tonnes})$ .

- L'évolution de la consommation de gazoline est schématisée dans le graphe suivant :

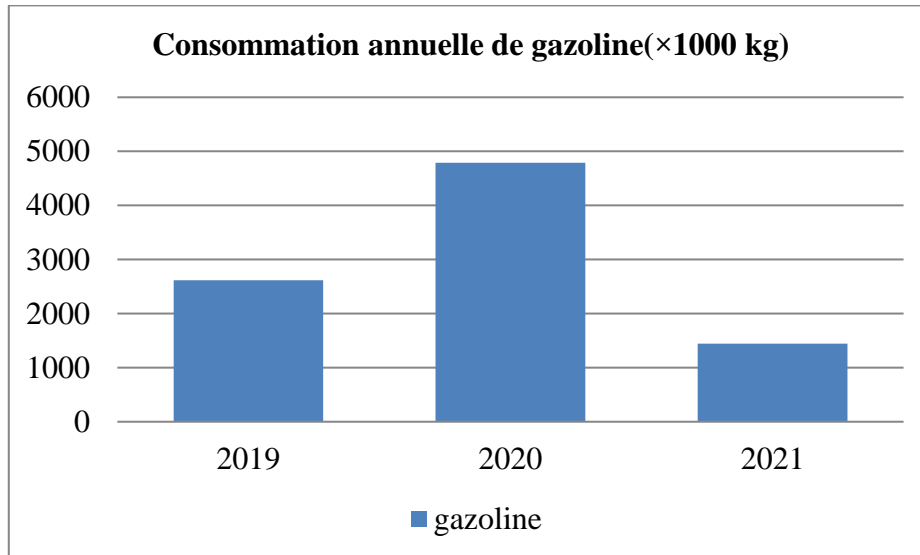


Figure 23: Evolution de la consommation de gazoline

La consommation annuelle moyenne est de 2950 (×1000Kg), la valeur maximale est de 4791 (×1000 Kg) en 2020, la valeur minimale a été enregistrée en 2021 d'une valeur de 1442 (×1000 Kg) {3}.

### 3.2.2 Données sur la production :

Les données sur la production pendant les années 2018 jusqu'à 2022 sont données de l'Annexe 2.

Le tableau contient aussi le suivi des facteurs pertinents qui impactent sur la consommation des énergies qui sont : Humidité, dosage, Maroc Chimie, Maroc Phosphore, BT.

➤ Le graphe suivant montre l'évolution de la production :

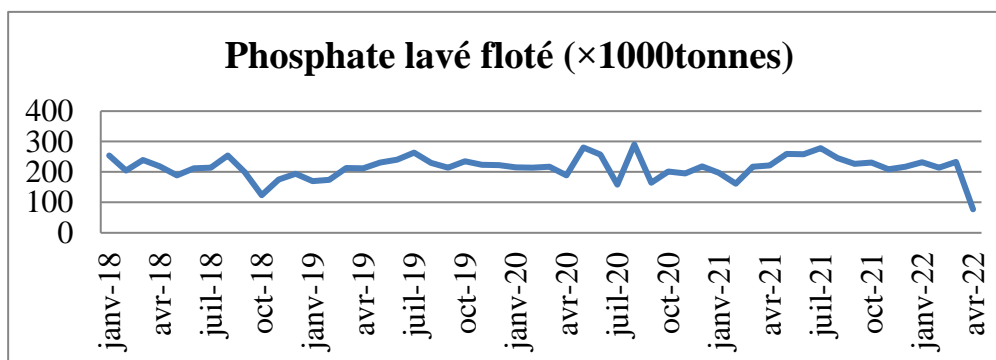


Figure 24: Evolution de la production

La Production moyenne mensuelle est de 215 (×1000 tonnes), la production maximale a été réalisée en aout 2020 avec une valeur de 290 (×1000 tonnes) alors que la production minimale a été enregistrée en octobre 2018 d'une valeur de 123 (×1000 tonnes) {3}.

### 3.3 Analyse

#### 3.3.1 Données

préliminaires :

##### 3.3.1.1 Energie :

Consommation Electrique :

- ✓ Effet de saisonnalité (mois 1,2,3)
- ✓ Mise en service fours en fuel(fév.)
- ✓ Effet qualité (Avril)
- ✓ Démarrage 03 fours en fuel suite chute cadence gaz naturel (sept)

Consommation Gaz naturel:

- ✓ Effet de saisonnalité (Janvier, Février, Mars)
- ✓ Effet qualité (reprise) durant mois avril
- ✓ Effet mélange fuel et gazoline

Consommation FUEL :

- ✓ Effet de saisonnalité (mois 1 2 3)
- ✓ Effet qualité (reprise) durant mois avril
- ✓ Effet mélange fuel et gazoline

Consommation Gazoline:

- ✓ Effet de saisonnalité (mois 1 2 3)

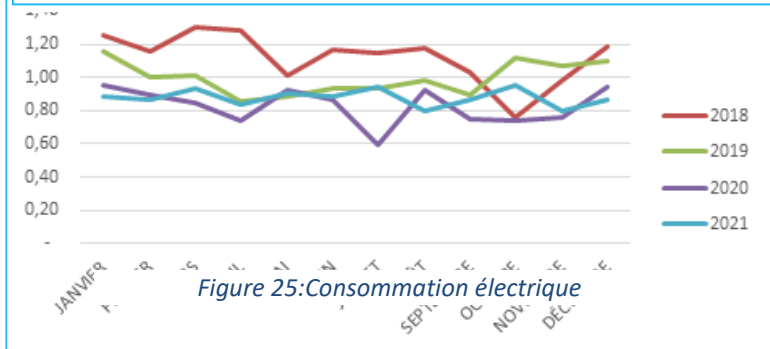
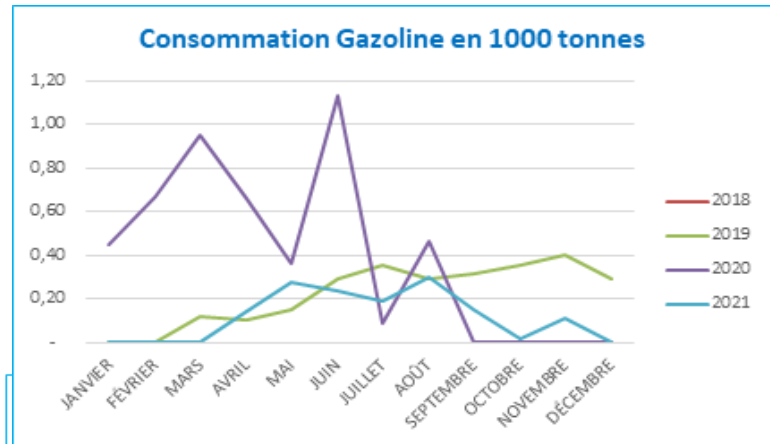


Figure 25: Consommation électrique

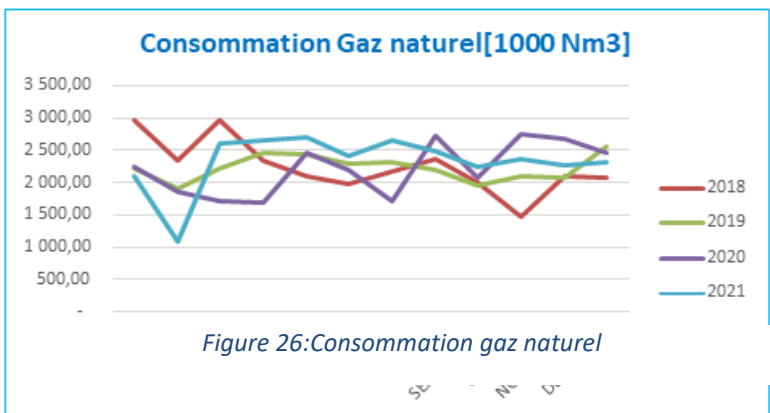


Figure 26: Consommation gaz naturel

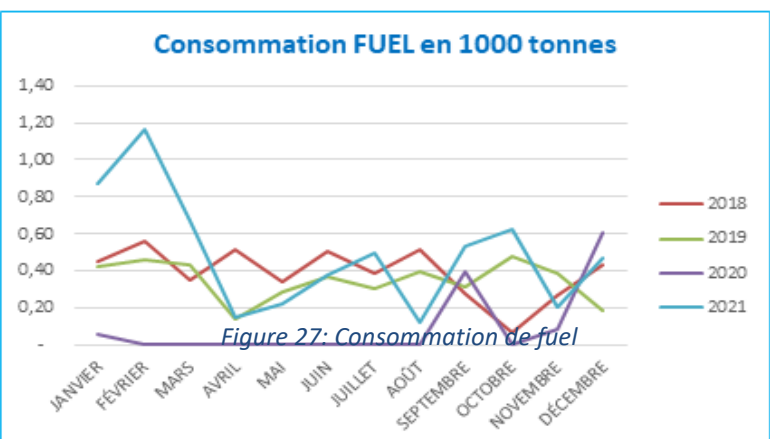


Figure 27: Consommation de fuel



- ✓ Effet qualité (reprise) durant mois avril
- ✓ Effet mélange fuel et gazoline

Figure 28: Consommation de gazoline

3.3.1.2 Production:

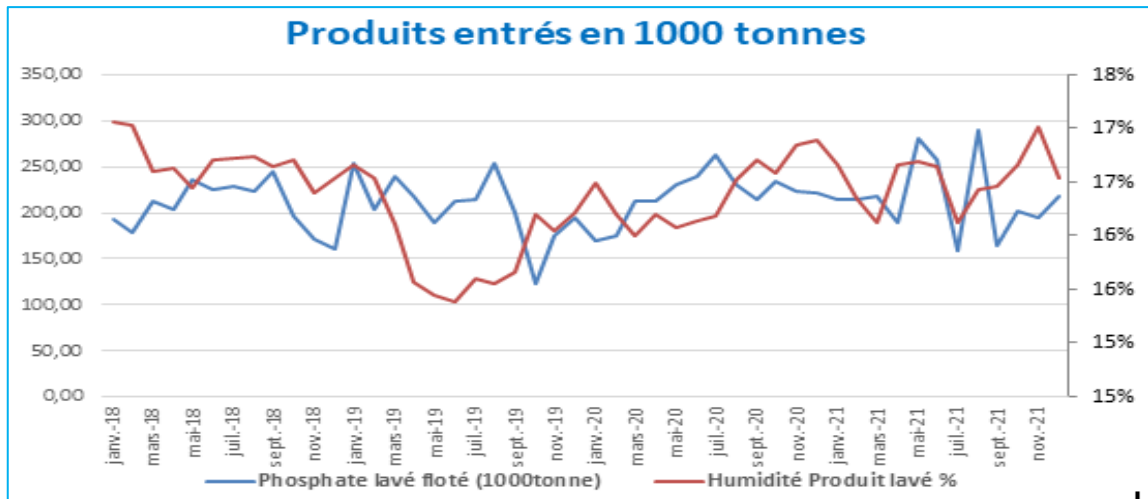


Figure 29: Produits entrés

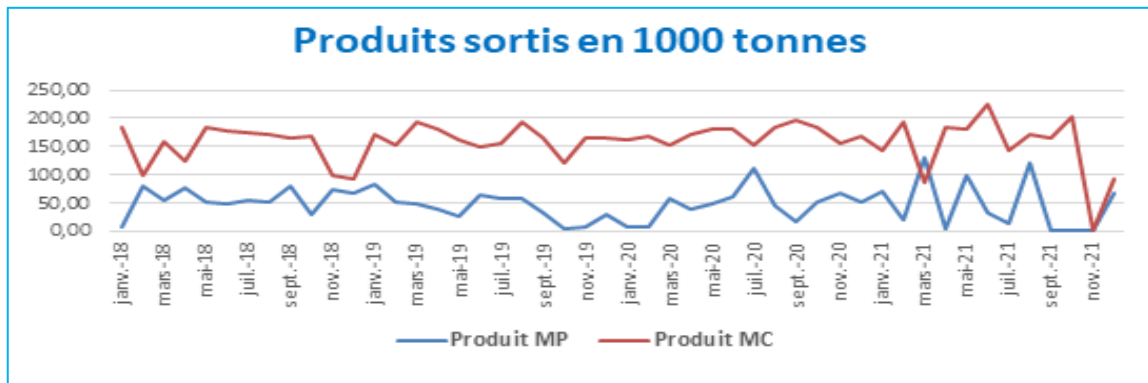


Figure 30: Produits sortis

La production suit la cadence des expéditions {3}.

3.3.2 Bilan énergétique global :

Pour répartir les énergies, toutes les énergies doivent avoir la même unité. L'unité commune est Tonne d'équivalent pétrole TEP.

La tonne d'équivalent pétrole est une unité de mesure d'énergie. Elle représente l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole, soit 42 GJ, 10 Gcal ou 11 630 kWh.

Cette mesure où l'énergie est rapportée au pétrole ne fait pas partie du système international d'unités, et a une vocation principalement économique, permettant notamment de comparer les différentes sources d'énergie produites et consommées.

On sait que le gaz naturel a un pouvoir calorifique d'environ 9020 Kcal/Nm<sup>3</sup>, fuel 9200kcal/Kg, et gazoline 9700kcal/Kg.

A noter : 1TEP= 1.001\*10<sup>7</sup> kcal, et 1TEP=11630kwh {11}

	2018	2019	2020	2021
<b>Électricité (1000tep)</b>	1,156726556	1,027431392	0,854029804	0,9008756
<b>Gaz (1000tep)</b>	24205,0671	24066,9513	23974,938	25093
<b>Gazoline (1000tep)</b>	0	2,88	5,13	1,54
<b>Fuel (1000tep)</b>	4,4701728	3,9938496	1,0935552	5,6626368

Tableau 2: Consommation annuelle des énergies en TEP

D'après ce tableau où tous les paramètres avec une même unité TEP nous avons maintenant la possibilité de répartition.

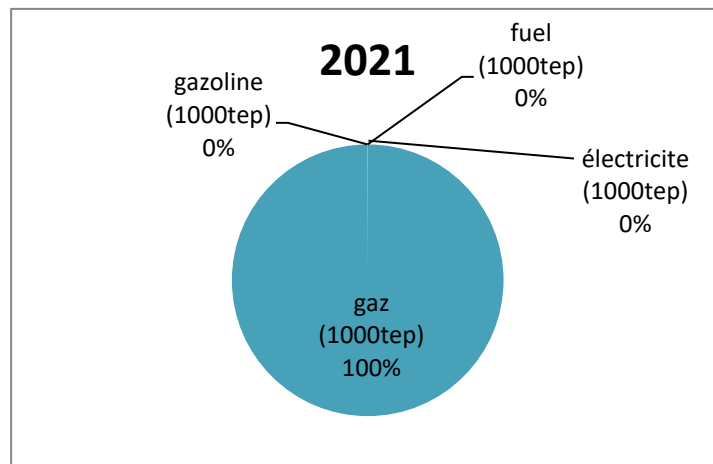


Figure 31: Répartition par sources énergétiques

D'après cette figure, nous constatons que le gaz naturel est l'énergie la plus consommée.

### 3.3.3 Analyse tendance de la consommation et production :

D'après le tableau de l'**annexe 1**, nous avons fait les figures suivantes :

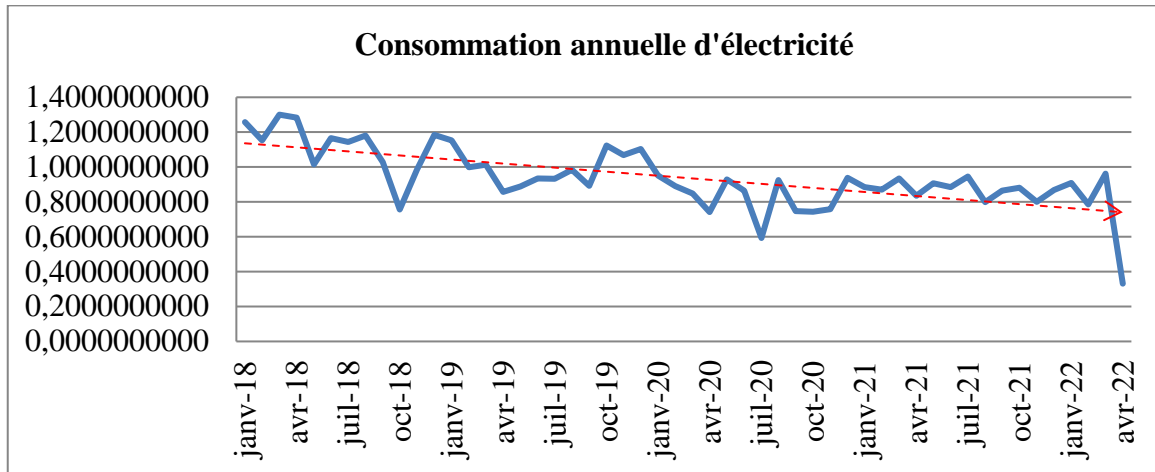


Figure 32: Consommation annuelle d'électricité

✓ Au fil des jours, la consommation d'électricité diminue.

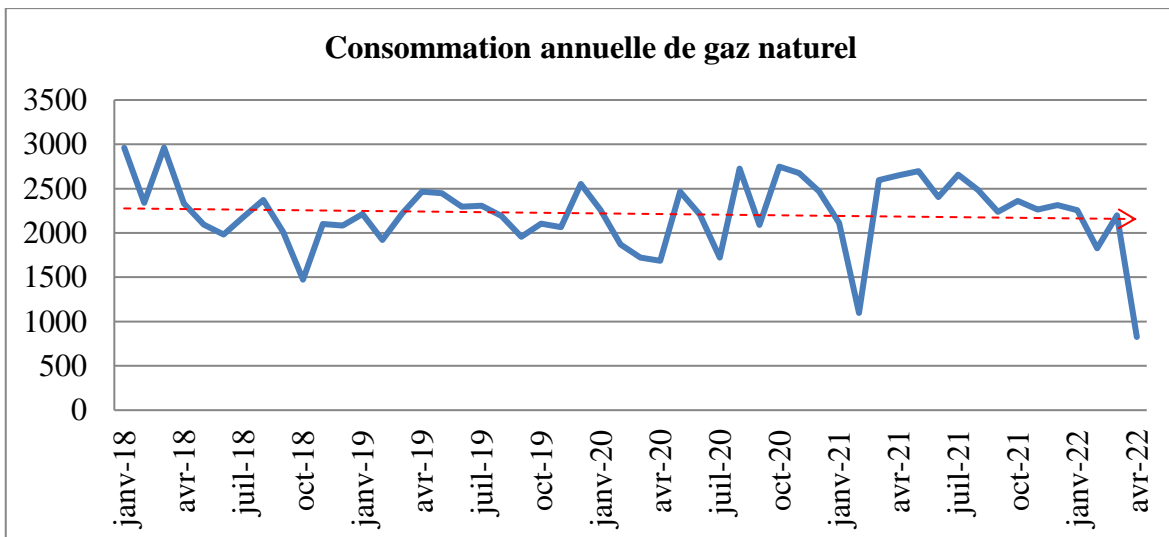


Figure 33: Consommation annuelle de gaz naturel

✓ La consommation de gaz est réduite grâce à la rupture de stock d'ONHYM (Office National des Hydrocarbures et des Mines).

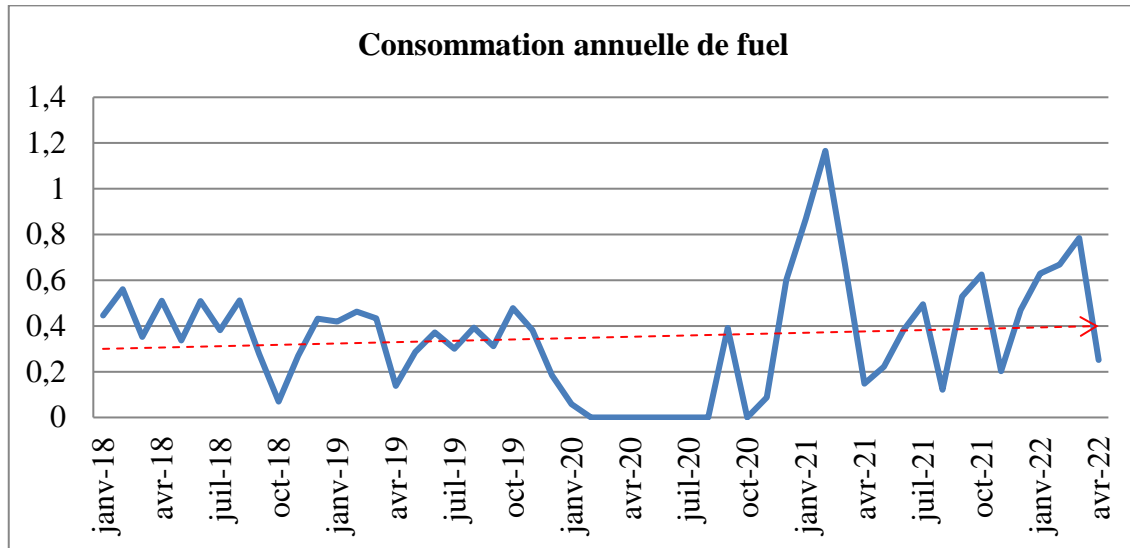


Figure 34: Consommation annuelle de fuel

- ✓ La consommation de FUEL élevé grâce à :
  - L'épuisement de stock ONHYM.
  - L'ajout des fours en fuel.

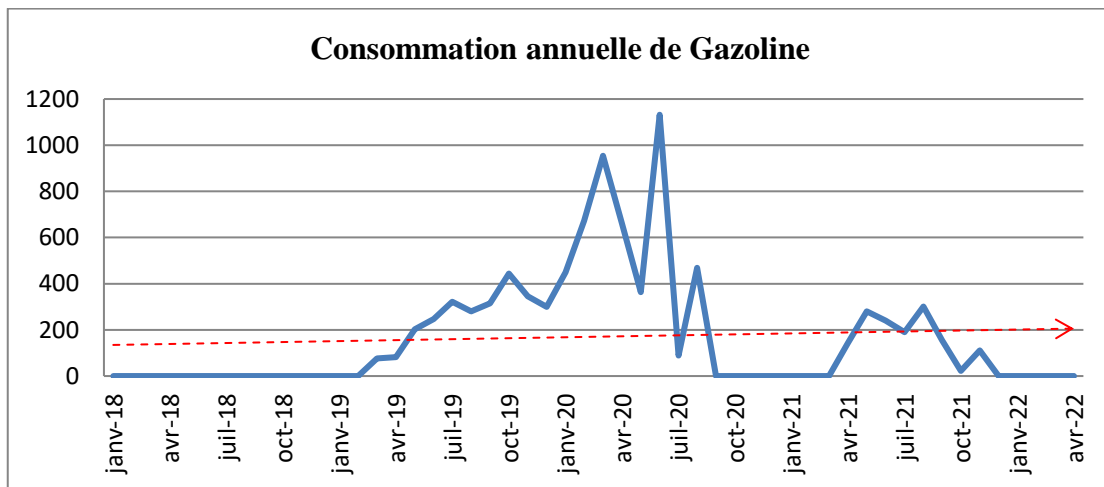


Figure 35: Consommation annuelle de Gazoline

- ✓ Augmentation de la consommation de gazoline grâce à :
  - Faible production de gaz depuis l'ONHYM {3}.

### 3.4 Répartition par coût

La facture énergétique du séchage pour l'année 2019 s'élève à 94276986,5DH, Répartie entre les sources énergétiques.

Le tableau suivant explicite les données sur la facturation énergétique en 2019 {3}.

Type d'énergie	Consommation	Coût Total en DH	%
Electricité	11,9490302504 (GWh)	13112268,3	14%
Fuel	4,16026 (1000 tonnes)	15392,962	0%
Gaz naturel	26741,057 (1000 Nm3)	74874959,6	79%
Gazoline	2614,319 (1000 tonnes)	6274365,6	7%
Total coût en DH		94276986,5	

Tableau 3: Les données sur la facturation énergétique en 2019

➤ Le graphe suivant représente la répartition de la facture énergétique pour l'année 2019.

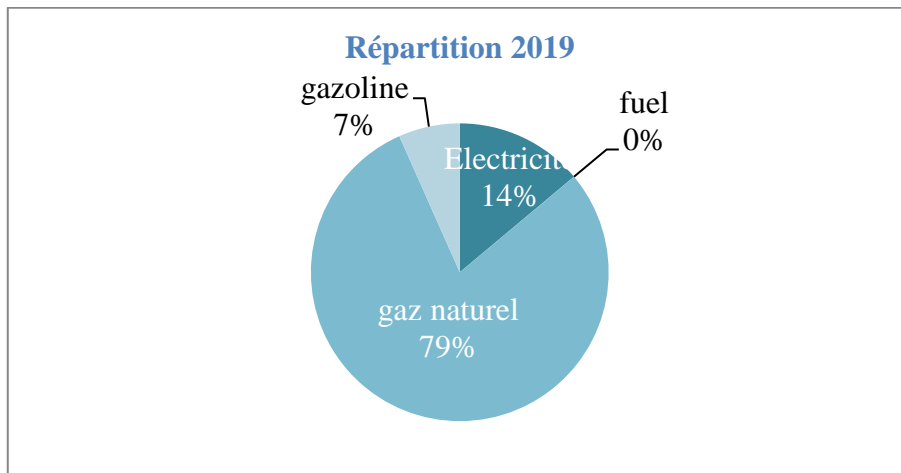


Figure 36: La répartition de la facture énergétique pour l'année 2019

Le gaz naturel représente presque la totalité des coûts.

### 3.5 Usages Énergétiques Significatifs « UES »

Pour mettre en place un système permettant de piloter, mesurer et contrôler la consommation énergétique plus efficacement et ainsi d'identifier les potentiels d'amélioration énergétique, il faut tout d'abord définir les consommations de référence, les UES et les Indicateurs de Performance Énergétique (IPÉ).

Selon la norme ISO 50001, les UES sont les usages énergétiques représentant une part importante de la consommation d'énergie et/ou offrant un potentiel considérable d'amélioration de performance énergétique.

Pour décider les UES nous allons déterminer :

- Les usages
- L'équipement
- Nombre d'équipement

- Puissance nominale
- Heurs de fonctionnement par an
- Charge de puissance nominale
- Puissance réelle
- Energie annuelle (KWh)
- Les facteurs pertinents qui impactent la consommation
- Opportunités d'amélioration possibles, par la suite nous allons les traiter dans le plan d'action

Le détail des consommations des différents usages est cité dans l'Annexe 3.

### 3.6 Référence

La nouvelle norme ISO 50001 version 2018 introduit la notion de situation énergétique de référence pour évaluer les performances énergétiques.

Voilà les calculs effectués pour la détermination de l'équation de la consommation de référence ainsi que les graphiques de comparaison entre les données mesurées et les valeurs théoriques calculer par Régression linéaire.

On prend l'année 2019 comme référence {3}.

➤ **L'équation de la consommation de référence d'électricité :**

$$\text{Consommation} = -867,365053 + 0 * \text{Phosphate lavé flotté} + 20371,9208 * \text{humidité} + 19,6256 * \text{dosage} + (-3,0242) * \text{MC} + (-4,2444) * \text{MP}$$

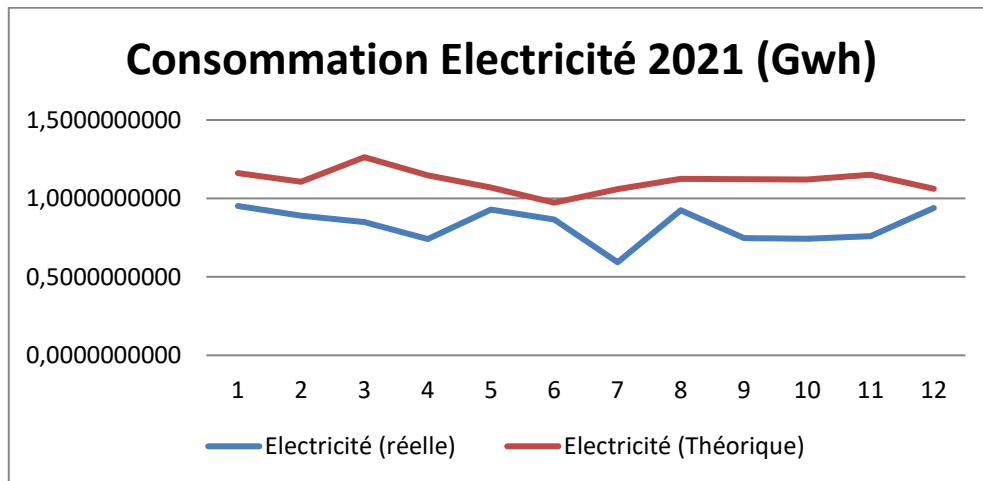


Figure 37: Consommation électrique réelle et théorique

Les valeurs réelles pour 2021 sont inférieures aux valeurs de référence, donc au fil des jours nous avons amélioré la consommation électrique.

➤ L'équation de la consommation de référence du gaz :

$$\text{Consommation} = -0,58068855 + 0 * \text{phosphate lavé flotté} + 13,5077918 * \text{humidité} + (-3,668E-06) * \text{dosage} + (-0,00331276) * \text{MC} + 8,4984E-05 * \text{MP}$$

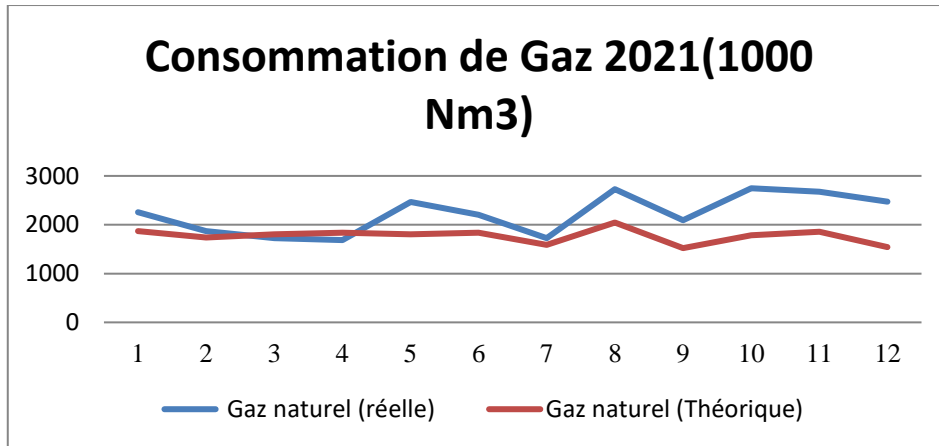


Figure 38: Consommation de gaz réelle et théorique

Les valeurs réelles sont supérieures aux valeurs de référence, car en 2019, la consommation de gaz s'est un peu stabilisée car nous travaillions avec du fuel et de gazoline, mais en 2021 la part du gaz va augmenter car nous ne travaillions qu'avec un peu de gazoline.

➤ L'équation de la consommation de référence de fuel :

$$\text{Consommation} = 3,51122 + 0 * \text{phosphate lavé flotté} + (-19,3152) * \text{humidité} + (-1,1056E-05) * \text{dosage} + 0,0007829 * \text{MC} + 0,002882 * \text{MP}$$

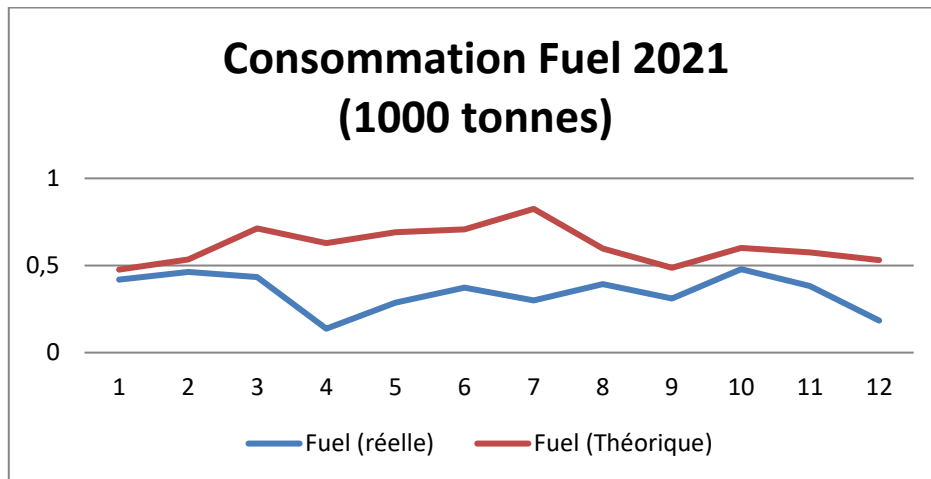


Figure 39: Consommation de fuel réelle et théorique

Les valeurs réelles pour 2021 sont inférieures aux valeurs de référence, donc au fil des jours nous avons amélioré la consommation de fuel.

➤ **L'équation de la consommation de référence de gazoline :**

$$\text{Consommation} = -4249,6682 + 0 * \text{ProduitLavéFlotté} + 19158,07784 * \text{humidité} + (-0,003984578) * \text{dosage} + 6,691465 * \text{MC} + 5,735858 * \text{MP}$$

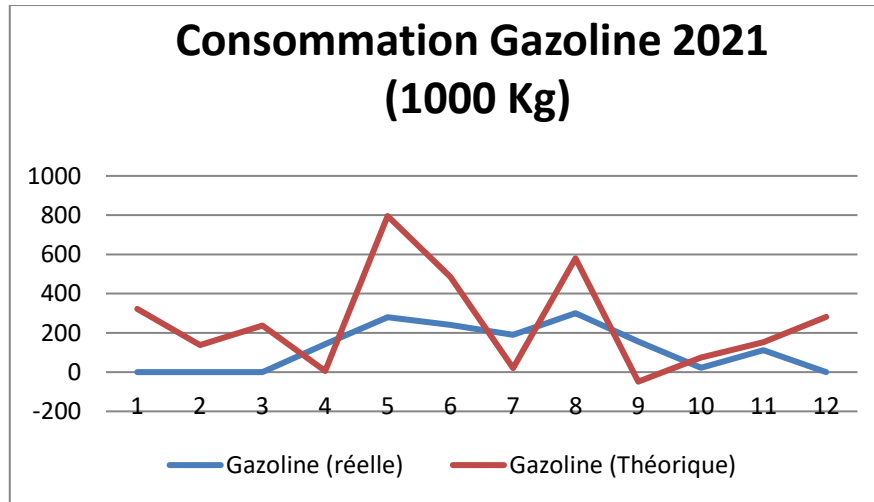


Figure 40: Consommation de gazoline réelle et théorique

Les valeurs réelles pour 2021 sont inférieures aux valeurs de référence, donc au fil des jours nous avons amélioré la consommation de gazoline sauf les mois 4, 7 et 9.

### 3.7 Mesurage et collecte des données

Avec la planification de collecte des données énergétiques, nous anticipons la mise en œuvre des actions de performance énergétique. En effet, la donnée est essentielle dans une démarche de management de l'énergie, la nouvelle version de la norme incite donc à faire le nécessaire le plus tôt possible pour avoir des données exploitables.

La collecte des données nécessite les éléments suivants :

- La nature du comptage
- Le lieu de la mesure
- La nature du relevé
- La date du dernier étalonnage du compteur
- La fréquence de mesure
- Le responsable des mesures

Pour l'atelier séchage nous avons collecté les données dans le plan de surveillance et mesurage suivant :



Atelier	Usages	Energies concernée	Nature de comptage : (estimée, rée)	Détail de la méthode : (les éléments estimé)	Lieu de mesure	Nature du Relevé (manuel ou automatique)	Date du dernier étalonnage du compteur	Fréquence de la mesure	Responsable de la mesure
Atelier Séchage	Convoyage/ Séchage	Électricité	Estimée	Puissance convoyeur*HM			Bouclage des données		Responsable électricité
			Reel	Central de mesure	Local	Automatique /manuel	Bouclage des données		Responsable électricité
	Séchage zone centrale	Gaz naturel	Reel	compteur débit gaz	DCS	Automatique	Bouclage des données	1/3ans	
	Séchage zone centrale	Fuel	Reel	compteur débit fuel	DCS	Automatique	Bouclage des données	1/3ans	
	Séchage zone centrale	Gasoline	Reel	compteur débit gazoline	DCS	Automatique	Bouclage des données	1/3ans	

Tableau 4: Mesurage et collecte des données

### 3.8 Maitrise opérationnelle

La maitrise opérationnelle correspond aux actions récurrentes qui le plus souvent permettent de maintenir la performance énergétique (maintenance, pilotage au quotidien), il faut toujours vérifier que tout se déroule correctement, en cas de détection d'une anomalie spécifier les actions à réaliser pour y remédier dans le plan d'action {10}.

Pour l'atelier séchage nous avons le tableau ci-dessous :

ID	SEU	Verifier	Méthode	Attentes	Action corrective
1	Compresseurs	Absence de bruit/vibration anormal Pas d'échauffement	Visuelle	Pas de vibration ni bruit ni échauffement	Informers le service maintenance et analyse des problèmes
2	Ventilateurs tirage	Absence de bruit/vibration anormal Pas d'échauffement Absence de la marche à vide	auditive visuelle	Pas de vibration ni bruit ni échauffement	Informers le service maintenance et analyse des problèmes
3	Brûleurs	Absence de bruit/vibration anormal Pas d'échauffement	auditive visuelle	Pas de vibration ni bruit ni échauffement	Informers le service maintenance et analyse des problèmes
4	Convoyeur	Absence de la marche à vide	visuelle et bascule	Pas de marche à vide	Suivi systematique des bascules
5	Séchage gaz naturel	Absence de fuite absence rejet CO	visuelle DCS	Combustion complète pas de fuite	Réglage de combustion Etanchement fuite
6	Séchage fuel	Absence de fuite absence rejet CO	visuelle DCS	Combustion complète pas de fuite	Réglage de combustion Etanchement fuite
7	Séchage gazoline	Absence de fuite absence rejet CO	visuelle DCS	Combustion complète pas de fuite	Réglage de combustion Etanchement fuite

Tableau 5: Maitrise opérationnelle



### 3.9 Paramètre critique

Un paramètre du procédé dont la variabilité a un impact direct sur un attribut qualité et qui de ce fait nécessite d'être contrôlé pour s'assurer que le procédé conduit bien au niveau de qualité attendu.

Un paramètre critique du procédé reste critique même s'il est contrôlé.

Toujours il faut vérifier que les paramètres critiques restent dans les valeurs adéquates, en cas d'anomalie spécifier les actions à réaliser dans le plan d'action.

Les paramètres critiques pour l'atelier séchage :

UES	Paramètre	Unité	Valeur nominale	Limite supérieure	Limite inférieure	l'instrument de mesure	fréquence d'étalonnage	Qui a besoin d'être informé de ces valeurs?	Qui doit être informé des déviations?	Remarque
Compresseur	Ampérage moteur	A	61	68	27	Ampèremètre	4ans	*Ingénieur maintenance	Chef d'atelier maintenance Responsable zone	Contrôle des courants consommés par pince ampérométrique
ventilateurs tirage	Ampérage moteur	A	251	197	100	Ampèremètre		*Chef d'atelier maintenance		Contrôle des courants consommés par pince ampérométrique
Brûleurs	Ampérage moteur	A	40	34	18	Ampèremètre		*Ingénieur process *Technicien process		Contrôle des courants consommés par pince ampérométrique
Convoyeurs	Ampérage moteur	A	14	20	10	Ampèremètre				02 moteurs MT du convoyeur CV2
Séchage gaz naturel	Débit horaire	Nm3/h	650	700	600	Débimètre	2ans	Ingénieur process Technicien process	Technicien process Responsable de zone	Vérification mensuelle de la quantité consommée par le fournisseur
Séchage fuel	Débit horaire	Kg/h	650	700	600	Débimètre		Ingénieur process Technicien process	Technicien process Responsable de zone	Vérification mensuelle de la quantité consommée par le fournisseur
Séchage gasoline	Débit horaire	Kg/h	650	700	600	Débimètre		Ingénieur process Technicien process	Technicien process Responsable de zone	Vérification mensuelle de la quantité consommée par le fournisseur

Tableau 6:Les paramètres critiques pour l'atelier séchage

### 3.10 Plan d'action

Le plan d'action contient les actions qui vont être menées pour économiser l'énergie

Au niveau de l'atelier séchage en spécifiant :

- Description de l'action
- Energie concernée
- Usage concerné
- Estimation des économies d'énergie
- Estimation de valeur d'économies
- Suivi de la mise en œuvre
- Vérification des résultats

Les plans d'actions seront établis sur la base des analyses et données relatives à chaque source énergétique.

La génération d'idées			Suivi de la mise en œuvre			Vérification des résultats	
Description de l'occasion d'économie	Économie d'énergie estimée (Tep / an)	Estimation la valeur d'économies (kMAD par an)	Statut	Responsable	Date de réalisation de cible effective	Économie d'énergie réelle (Tep / an)	Coûts d'économies réelles (kMAD par an)
Optimisation de la marche à vide (Refroidissement des fours et Balayage)	21,41014617	273	Complete	Responsable de process	Oct 21	4,62	59,00
Réduction humidité d'entrée (mélange par produit brut)	8629,038	32010	En continu	Responsable de la production		1419,10	5130,58
Fiabilisation des filtres à manches	84,74	1081	Complete	Responsable de maintenance		59,32	756,77
Fiabilisation de circuit de drainage	3481,75	13437	En continu	Responsable de la production		1483,15	6353,06
Réglage de combustion	3108,39	10959	En continu	Responsable de la production		1889,954685	6780,24
Débouchage et contrôle systématique des chambres à poussière des fours sécheurs	6,60	84,25	Complete	Responsable de maintenance		3,30	42,12
Suivi des paramètres de marche VT (Assurer les Prélèvement automatique)	292,85	3736,26	En continu	Responsable de maintenance		183,03	2335,16
Respect de standard des conduites brûleurs	0,28	3,55	Complete	Responsable de manutention		0,07	0,868824
Entretien systematique des compresseurs	28,24591574	360,3645	Complete	Responsable de maintenance	Fev 21	14,12295787	180,18225
Réglage alignement de la bande et déport bande	9276,75	10,17659475	Complete	Responsable de maintenance		1,196485383	15,26489213

Tableau 7: Plan d'action



	Economie d'énergie estimée (Tep / an)	Estimation la valeur d'économies (kMAD par an)	Economie d'énergie réelle (Tep / an)	Coûts d'économies réelles (kMAD par an)
Somme	24930.05	61954.60109	5057.864128	21653.24597

 **35% d'économie d'énergie réelle.**

#### 4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé tout dans la NM ISO 50001 version 2018 qui parle d'énergie et comment l'optimiser, en adoptant des étapes organisées et séquentielles pour étudier et analyser les données qu'on a, et finalement nous sommes arrivés aux solutions pratiques pour optimiser le coût et la consommation énergétique en gagnant un taux de 35%.





è

**Etude critique sur la maîtrise  
de l'humidité du produit à la  
sortie**

# 1 Introduction

Après avoir terminé le plan d'action, nous avons effectué une inspection visuelle et nous avons trouvé des anomalies dans la maîtrise de l'humidité de sortie et dans la consommation d'électricité. Nous avons donc abordé la méthode de résolution des problèmes (MRP) pour effectuer l'analyse et rétablir l'état initial.

## 2 Mise en situation :

L'usine de séchage est conçue pour une production de 10000T/J soit une humidité de 4%. Mais en réalité la production journalière n'arrive pas à atteindre cet objectif d'où la nécessité d'intervenir. Il est donc nécessaire de rechercher tous les moyens permettant de maîtriser l'humidité de sortie et par la suite la réduction des consommations spécifique, et se pencher sur ce sujet pour déterminer les principaux facteurs qui influent d'une façon ou d'une autre sur la maîtrise de l'humidité de sortie et de proposer les solutions qui s'imposent.

## 3 Etapes de résolution du problème :

La méthode de résolution de problèmes repose sur le principe de PDCA :

- P qui signifie Plan ou Préparer
- D qui signifie Do ou Dérouler
- C qui signifie Check ou Contrôler
- A qui signifie Act ou Assurer

Cette méthode permet de résoudre définitivement les problèmes en procédant étape par étape. Dans chaque étape, il existe des points importants :

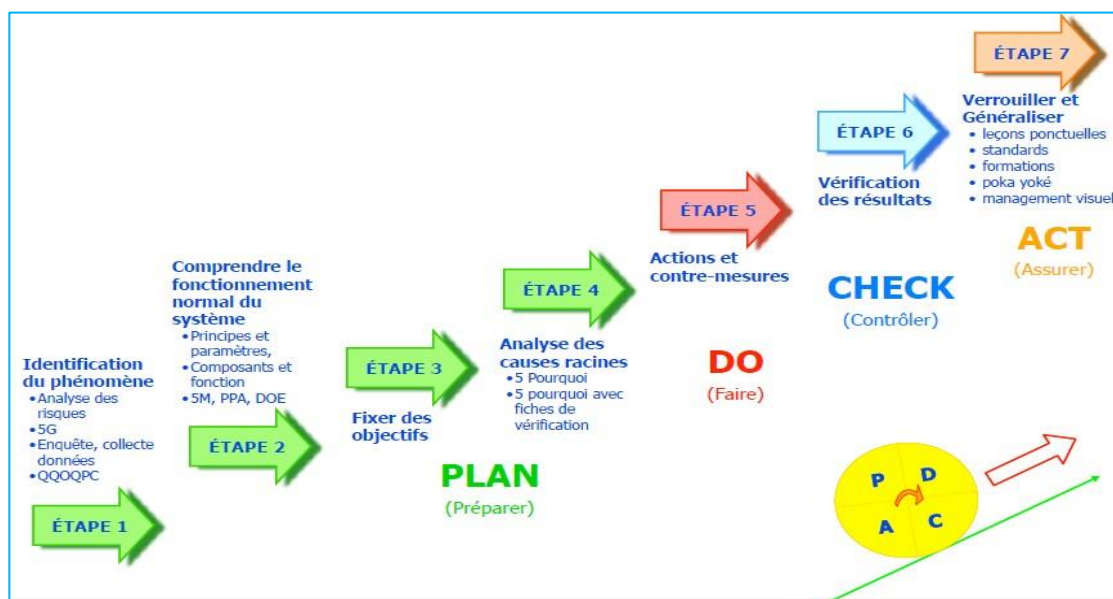


Figure 41: Schéma représentatif des 7 étapes de la résolution d'un problème.

Avant de commencer à traiter ces étapes une par une, il faut tout d'abord collecter les informations nécessaires et entamer **L'étape de préparation**.

### *Etape 0 : Etape de préparation*

L'étape de préparation est une étape essentielle dans la résolution de problèmes, et vise à rassembler les informations nécessaires pour définir le problème et le présenter efficacement et avec le moins de ressources et de temps.

D'après les performances d'avril 2022 en termes d'humidité de sortie, il a été constaté qu'il y a un manque de maîtrise de ce paramètre.

### *Etape 1 : Identification du problème*

Quel est le problème?	Humidité de sortie non maîtrisé (des dépassements des seuils d'humidité cible)
Quand a-t-il été détecté ? (Équipe, date)	Equipe : toutes les équipes durant les 3 postes Date : 05/ 2022
Où a-t-il été détecté ?	Rapport de qualité
Où a-t-il été généré ?	mise en stock
Qui l'a détecté?	Nous (stagiaires) + Opérateur + client (Maroc chimie)
Comment a-t-il été détecté ?	Mesure d'humidité, rapport des trains, suivi des qualités laboratoire central Safi
Combien?	La valeur d'humidité supérieur à la valeur cible
Pourquoi est-ce un problème ?	Impact: qualité, client
Y-a-t-il un Risque sécurité ou impactant le client ?	Oui, client/qualité
Le process était-il en mode dégradé ?	Non

Tableau 8: Identification du problème

### Reformulation du problème :

Suite la surcharge du tube sécheur (augmentation de l'ampérage) les opérateurs de la Salle de contrôle intervient pour diminuer la consigne du variateur de vitesse de l'extracteur

afin de diminuer le débit d'alimentation et par conséquent la chute du débit de sortie des fours sécheurs tout cela pour maîtriser l'humidité de sortie du produit.

### *Etape 2 : Fonctionnement normal du système*

#### Identification des écarts :

Pour mieux cerner le problème, nous allons déployer la méthode d'ISHIKAOUA (ou la méthode des 5M) mentionnée sur les figures suivantes :

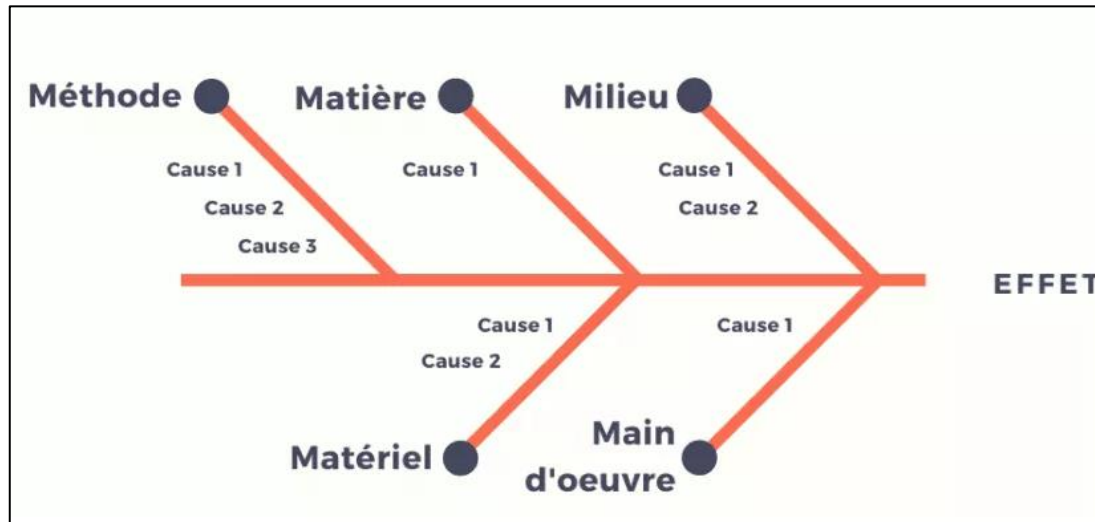


Figure 42: Méthode générale des 5M.

Le diagramme d'Ishikawa, aussi appelé diagramme de causes et effets ou encore diagramme en arêtes de poisson, est un outil de résolution de problème d'entreprise. Conçu par Kaoru Ishikawa, ce diagramme prend la forme d'un arbre avec plusieurs branches (ou d'une arête de poisson). On y retrouve l'effet, le problème que rencontre l'entreprise, à la tête et les causes sont modélisées par des branches. Ces causes, les 5 M, représentent chacune une composante de l'entreprise, nous reviendrons sur ces 5 M au cours de l'article {1}.

Le tableau suivant montre l'application de cette méthode pour notre cas :

5 M	Facteur	Situation Normale/Bonne (Valeur conforme (standard) du facteur )	Situation Mauvaise (Valeur du facteur dans la situation actuelle ou lors de l'apparition du problème)	Facteur conforme? (Oui/Non)
<b>Machines :</b> TS, FAM, bruleurs, stock, instrument (appareil d'humidité)	<ul style="list-style-type: none"> <li>*surcharge TS suite manque de palettes et augets</li> <li>*delta P élevé</li> <li>*mauvaise combustion des fours</li> <li>*temps de séjour de stockage insuffisant</li> <li>*état de système drainage</li> <li>*variabilité d'humidité d'entrée</li> <li>*manque d'entretien des instruments</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*présence de palettes et augets</li> <li>*&lt;= -80mmCE</li> <li>* combustion complet</li> <li>*j-5</li> <li>*système de drainage fonctionnel</li> <li>*variabilité acceptable</li> <li>*bon indication (fiabilité de l'instrument de mesure)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*manque de palettes et augets</li> <li>*delta P élevé au niveau fours de 2<sup>ème</sup> batterie</li> <li>*non maîtrise de rapport air/fuel (manque de paramètre de mesure) au niveau F8</li> <li>*temps de séjour inférieur à j-5</li> <li>*système de drainage non fonctionnel</li> <li>*variabilité inacceptable</li> <li>*fausse indication (valeur non fiable)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*oui</li> <li>*oui</li> <li>*oui</li> <li>*oui</li> <li>*oui</li> <li>*non</li> <li>*oui</li> </ul>
<b>Méthode:</b> Mode opératoire, la conduite, échantillon, dosage	<ul style="list-style-type: none"> <li>*manque de formation</li> <li>*standard des conduites non appliqué</li> <li>*Prélèvement manuel de l'échantillons</li> <li>*non maîtrise de quantité de dosage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*formation sur le mode opératoire</li> <li>*Application et respect des standards des conduites</li> <li>*préleveurs automatique</li> <li>*maîtrise de la quantité de dosage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*personnel non formé sur le mode opératoire</li> <li>*non-respect des standards des conduites</li> <li>*Prélèvement manuel de l'échantillons</li> <li>*débit de dosage élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*non</li> <li>*non</li> <li>*oui</li> <li>*oui</li> </ul>
<b>Matière:</b> humidité d'entrée, gaz, fuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>*temps de séjour insuffisant</li> <li>*variabilité d'humidité de sortie des fours</li> <li>*qualité de produit d'alimentation (la granilo)</li> <li>*mauvaise combustion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*temps de séjour supérieur ou égale j-5</li> <li>*variabilité acceptable</li> <li>*cas de BG22</li> <li>*bon flamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*temps inférieur à j-5</li> <li>*variabilité inacceptable</li> <li>*cas de G10</li> <li>*mauvaise flamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*oui</li> <li>*oui</li> <li>*oui</li> <li>*oui</li> </ul>
<b>Main d'œuvre:</b> formation, compétence	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Manque de formation des opérateurs/chef de post</li> <li>*pénurie de compétences du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*formé les opérateurs/chef de post</li> <li>*personnelles qualifiés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*personnel non formé</li> <li>*personnel incompétent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*non</li> <li>*non</li> </ul>
<b>Milieu:</b> climat/ taux d'humidité couverture convoyeur	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Pluie</li> <li>*taux d'humidité d'air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*la couverture des cv</li> <li>*faible taux d'humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*manque de la couverture</li> <li>*Taux d'humidité élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>effet de saisonnalité</li> </ul>

Tableau 9: Application de la méthode Ishikawa

*Etape 3 : Fixer des objectifs*

L'objectif est que l'humidité de sortie soit inférieure ou égale à 4 %.

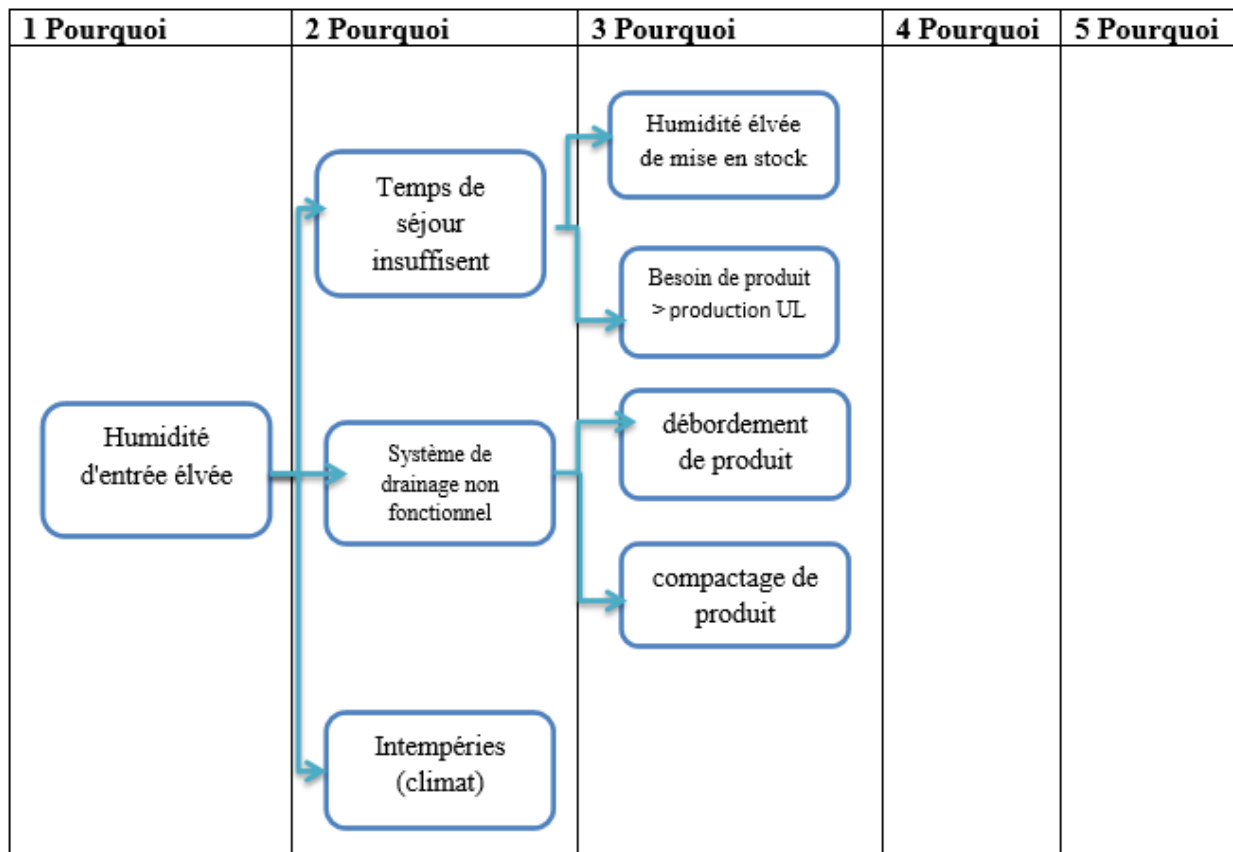
*Etape 4 : Analyse des causes racines*

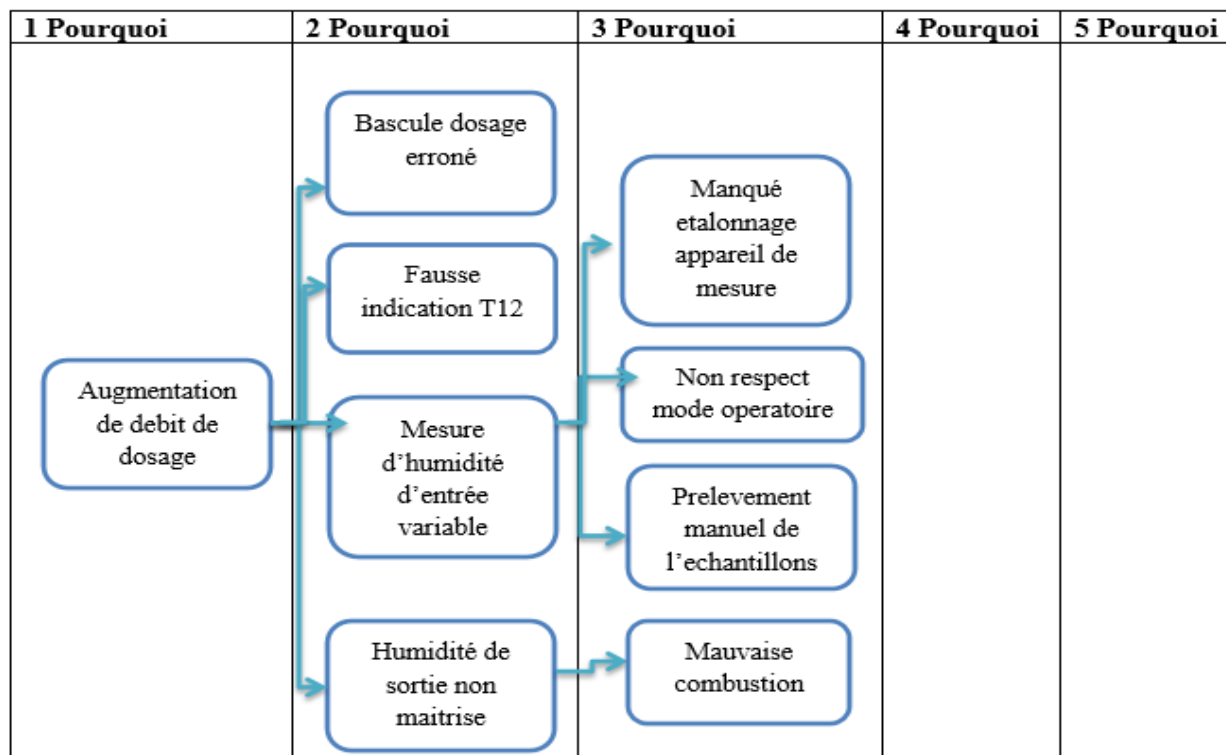
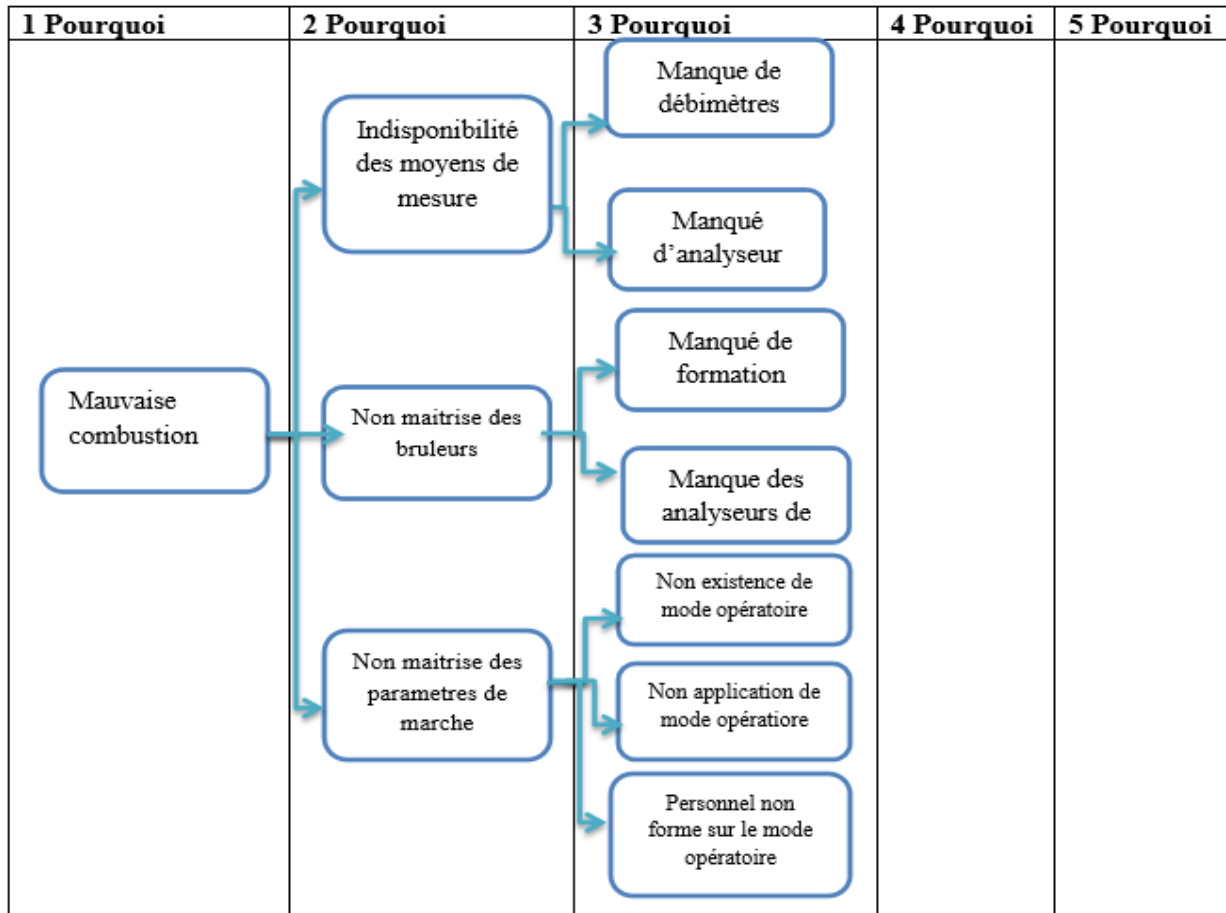
Pour estimer les causes racines du problème traité, il faut faire une comparaison entre le processus de fonctionnement réel et le processus normal.

En se posant la question «POURQUOI ?» plusieurs fois, les causes racines des problèmes peuvent être identifiées et des améliorations durables et efficaces mises en place.

Le 5 pourquoi est une méthode d'analyse pour identifier tous les facteurs qui ont généré les écarts qui ont causé le problème : les causes racines ;

La figure suivante montre la procédure suivie (5 pourquoi) dans l'analyse des causes racines {13}.







*Etape 5 : Actions et contre-mesures*

Après avoir identifié les causes racines qui sont à l'origine du problème, il faut maintenant lister les contre-mesures nécessaires :

<b>Cause Racine</b>	<b>Action</b>	<b>Responsable</b>
Non existence de mode opératoire	Mise à jour du Mode opératoire	Responsable de process
Personnel non formé sur le mode opératoire	Formation du personnel sur le Mode Opérateur	Responsable de la production
Humidité élevée de mise en stock	Respect du standard de mise en stock	Responsable de manutention
Besoin de produit > production UL	Adapter la cadence de US à la cadence de UL	Responsable de manutention
débordement de produit	Débouchage de drainage	Responsable de manutention
Manque d'analyseur de combustion	fiabilisation d'analyseur de combustion	Responsable de maintenance
Débitmètre d'air non fiable	fiabilisation Débitmètre d'air	Responsable de maintenance
Bascule dosage erroné	Entretien systématique des Cv	Responsable de maintenance
Fausse indication T12	Etalonnage T12 et T12 bis	Responsable d'installation
Manque étalonnage appareil de mesure	Etalonnage systématique de l'appareil de mesure	Responsable de maintenance
Prélèvement manuel de l'échantillons	Assurer les Prélèvement Automatique	Responsable de maintenance

*Tableau 10:Actions et contre-mesures*

### Etape 6 : Vérifications

La vérification des résultats consiste à contrôler les actions mises en place pour atteindre l'objectif visé « maîtrise de l'humidité de sortie », et voir si le problème apparaît de nouveau par un suivi de trois mois minimums, pour juger l'efficacité de ses actions correctrices.

Alors, après la réalisation de quelques actions correctrices nous avons observé les résultats suivants :

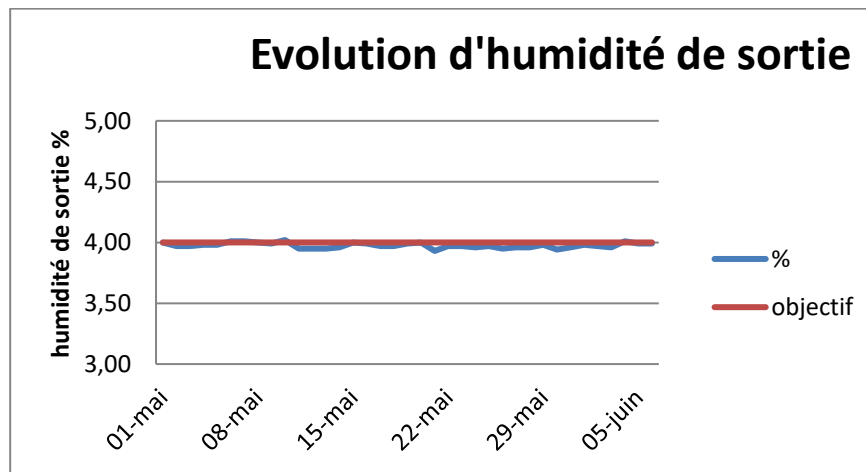


Figure 43: Evolution humidité sortie après correction

### Etape 7 : Verrouillage et généralisation

A ce niveau nous nous assurons que le problème est résolu de manière définitive. Cette méthode fournit un enregistrement si le problème réapparaît ultérieurement, et permet de garder une trace des critères qui sont à l'origine d'une décision. En effet, la communication et la formation des équipes sont essentielles pour la réussite du groupe et la durabilité des contre-mesures dans le temps.

## 4 Conclusion :

Nous savons que l'exactitude et la qualité de la production et tout ce qui satisfait les clients augmentent la valeur de l'entreprise, lui confèrent une image pure et une bonne réputation.

Pour l'entreprise de phosphate de Youssoufia, la satisfaction de Maroc Phosphore et de Maroc Chimie est l'un des objectifs les plus importants qu'il vise, donc dans ce chapitre, nous avons travaillé pour rapprocher l'humidité du niveau requis par les clients, grâce à la méthode de résolution des problèmes qui a permis d'atteindre le niveau souhaité.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans ce rapport, nous avons présenté la méthodologie suivie pour la réalisation des essais sur les fours rotatifs de séchage des phosphates, après nous avons fait une description générale d'usine de séchage ainsi une description de procédé de séchage pour avoir une idée précise sur le processus de séchage des phosphates.

Cette recherche constitue l'avant-projet de certification ISO 50001 au sein de l'OCP Youssoufia. La maîtrise de l'énergie, le respect de l'environnement et la réduction de la facture énergétique sont les principales raisons pour lesquelles OCP souhaite être certifié ISO 50001. Le rapport aux éléments de la norme ISO 50001 s'est avéré nécessaire pour avoir une approche globale de l'état d'avancement de l'OCP avant la mise en place de la norme.

Après avoir développé la liste de contrôle, nos recherches dans les deux derniers chapitres se sont concentrées sur la partie planification de la norme, la revue énergétique, qui consiste principalement en une analyse des factures, la détermination des ratios clés sur site et l'élaboration d'un plan d'action pour réaliser le potentiel d'amélioration, ce qui nous amène à des solutions pratiques pour l'optimisation des coûts, la consommation d'énergie et le maîtrise de l'humidité du produit à la sortie.



# Bibliographie

## Références

- {1} <https://www.etudier.com/dissertations/Historique-De-l'Ocp/459886.html>
- {2} <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01121950/document>
- {4} <https://dataelouardi.com/wp-content/uploads/2019/06/TRAITEMENT-THERMIQUE-DES-PHOSPHATES-SECHAGE-CALCINATION.pdf>
- {4} [https://www.cder.dz/download/smsts08\\_30.pdf](https://www.cder.dz/download/smsts08_30.pdf)
- {5} <https://www.tamaaernova.com/fr/blog/detail/operation-principe-of-baghouse-and-cartridges-filters.html>
- {6} <https://www.iso.org/fr/iso-50001-energy-management.html>
- {7} <https://www.orygeen.eu/docs-actus/glossaire/norme-iso-500001/#:~:text=L'objectif%20de%20la%20norme%2050001&text=L'objectif%20est%20d'expliquer,%C3%A0%20r%C3%A9duire%20leur%20bilan%20carbone.>
- {9} <https://mapecology.ma/actualites/norme-internationale-iso-50001-outil-pratique-ameliorer-performance-energetique-operateurs-marocains-responsable/>
- {10} <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/systeme-de-management-environnemental-site-42442210/management-environnemental-et-maitrise-operationnelle-des-activites-g5132/rappel-des-exigences-definitions-et-concepts -g5>
- {11} <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/unites-de-lenergie>

## Documents

- {3} Documents de la société
- {8} TAJRI.I, Management industriel, cours LST GI-FST FES
- {12} RAMADANI.M, Gestion de projet, cours LST GI-FST FES
- {13} RZINE.B, Logistique & Gestion de l'environnement, cours MST GI-FST FES



Annexes :

Annexe 1: Données sur la consommation

	Types d'énergies	Gaz(1000Nm3)	Fuel(1000tonne)	Gazoline(1000Kg)	électricité(GWh)
2018	Janv-18	2959,44	0,44582	0	1,2575856587
	Févr-18	2340,238	0,56078	0	1,1535986886
	Mars-18	2962,483	0,35242	0	1,3002932311
	Avr-18	2333,652	0,51053	0	1,2834811103
	Mai-18	2092,196	0,33606	0	1,0154677601
	Juin-18	1983,092	0,50932	0	1,1651545336
	Juil-18	2181,611	0,38147	0	1,1431953437
	Août-18	2373,678	0,51204	0	1,1797467752
	Sept-18	2009,74	0,27725	0	1,0282759362
	Oct-18	1472,891	0,06935	0	0,7562141950
	Nov-18	2101,35	0,26905	0	0,9864571218
	Déc-18	2084,148	0,43234	0	1,1832630519
2019	Janv-19	2211,57	0,41948	0	1,1521473739
	Févr-19	1920,102	0,46256	0	0,9995250749
	Mars-19	2218,69	0,43329	76,396	1,0141595607
	Avr-19	2466,568	0,13728	82,398	0,8581660000
	Mai-19	2449,17	0,28702	202,98	0,8891133578
	Juin-19	2297,308	0,37203	246,801	0,9338403844
	Juil-19	2307,626	0,29977	322,382	0,9325011280
	Août-19	2191,507	0,39297	280,293	0,9840390000
	Sept-19	1957,307	0,31084	314,58	0,8916249443
	Oct-19	2103,815	0,47868	443,579	1,1226375664
	Nov-19	2066,236	0,38213	344,91	1,0682784000
	Déc-19	2551,158	0,18421	300	1,1029974600
2020	Janv-20	2255,229	0,05832	448,72	0,9518625124
	Févr-20	1870,796	0	672	0,8903166948
	Mars-20	1723,24	0	954,68	0,8483219303
	Avr-20	1685,393	0	661,25	0,7412624036
	Mai-20	2466,198	0	363,74	0,9280615124
	Juin-20	2205,727	0	1131,92	0,8655962399
	Juil-20	1723,481	0	89,46	0,5930339022



	Août-20	2725,638	0	469,32	0,9249426349
	Sept-20	2089,535	0,39103	0	0,7478806096
	Oct-20	2746,991	0	0	0,7432043833
	Nov-20	2675,605	0,08799	0	0,7589411999
	Déc-20	2470,987	0,60178	0	0,9389452290
2021	Janv-21	2112,278	0,86888	0	0,8851922670
	Févr-21	1098,155	1,16569	0	0,8693799807
	Mars-21	2597,197	0,67094	0	0,9337673267
	Avr-21	2650,461	0,14712	143,42	0,8361435692
	Mai-21	2697,85	0,22207	279,81	0,9073608982
	Juin-21	2405,051	0,38119	240,473	0,8846582536
	Juil-21	2657,918	0,49507	190,347	0,9462122811
	Août-21	2484,574	0,12064	300,413	0,7980484694
	Sept-21	2238,129	0,52898	155,12	0,8648663455
	Oct-21	2362,634	0,62503	22,14	0,8817662147
	Nov-21	2263,393	0,20272	111,06	0,8007716124
	Déc-21	2313,573	0,47025	0	0,8690188400
2022	Janv-22	2257,402	0,62884	0	0,9083168500
	Févr-22	1828,416	0,66906	0	0,7865250000
	Mars-22	2199,761	0,78473	0	0,9622712000
	Avr-22	826,141	0,25100841	0	0,3312790000
	Mai-22				
	Juin-22				
	Juil-22				
	Août-22				
	Sept-22				
	Oct-22				
	Nov-22				
	Déc-22				



Annexe 2: Données sur la production

	Produits	Phosphate lavé flotté (1000tonne)	Humidité	Dosage	MC(1000tonne)	MP(1000tonne)	BT(1000tonne)
<b>2018</b>	Janv-18	254,383	16,66%	19,438	170,01	84	
	Févr-18	204,169	16,54%	12,285	153,773	50	
	Mars-18	239,609	16,11%	19,297	192,118	47	
	Avr-18	218,604	15,57%	32,179	180,291	38	
	Mai-18	188,955	15,45%	28,635	161,84	27	
	Juin-18	211,801	15,38%	30,703	148,07	64	
	Juil-18	213,845	15,60%	27,636	155,973	58	
	Août-18	253,798	15,55%	45,741	194,716	59	
	Sept-18	199,745	15,66%	21,849	165,846	34	
	Oct-18	123,151	16,20%	8,933	119,982	3	
	Nov-18	175,332	16,05%	17,502	166,077	9	
	Déc-18	194,287	16,22%	0	163,978	30	
<b>2019</b>	Janv-19	169,704	16,49%	9,473	161,053	9	
	Févr-19	174,58	16,20%	0,52748	167,554	7	
	Mars-19	213,426	15,99%	34,3235	154,078	59	
	Avr-19	211,763	16,20%	38,3978	173,076	39	
	Mai-19	231,444	16,08%	31,8968	182,113	49	
	Juin-19	240,344	16,14%	30,455	180,429	60	
	Juil-19	263,597	16,18%	42,03	152,531	111	
	Août-19	230,254	16,52%	26,1968	184,037	46	
	Sept-19	214,565	16,71%	13,395	197,153	17	
	Oct-19	234,769	16,58%	22,53	182,919	52	
	Nov-19	223,483	16,85%	20,4051	154,765	69	
	Déc-19	222,377	16,90%	20,7566	169,691	53	
<b>2020</b>	Janv-20	214,718	16,66%	25,6327	154,912	59,805	
	Févr-20	214,158	16,35%	17,3466	157,846	34,799	
	Mars-20	217,261	16,13%	31,2869	104,074	122,205	
	Avr-20	188,525	16,66%	10,7266	157,924	1,051	



	Mai-20	280,33	16,69%	37,6777	184,73	106,804	
	Juin-20	257,478	16,65%	22,279	210,248	24,344	
	Juil-20	158,142	16,13%	17,3489	162,701	16,013	
	Août-20	290,266	16,44%	47,1362	158,264	108,409	
	Sept-20	164,511	16,46%	8,9729	156,67	0	
	Oct-20	201,759	16,67%	10,5868	165,8637778	3,574	
	Nov-20	195,151	17,01%	6,7246	170,831	0	
	Déc-20	218,09	16,71%	10,01344	186	14,98	
<b>2021</b>	Janv-21	197,68	16,85%	12,8849	159	35,842	0
	Févr-21	161,852	18,15%	9,2998	137	13,258	0
	Mars-21	216,754	18,19%	12,405	178	37,719	0
	Avr-21	221,32	17,44%	20,2376	172	34,428	0
	Mai-21	259,479	16,72%	37,6059	197	46,78	0
	Juin-21	257,842	16,09%	45,4607	154	74,148	0
	Juil-21	277,784	15,64%	56,9191	212	78,757	0
	Août-21	246,101	15,47%	41,0492	207	45,417	0
	Sept-21	227,202	16,01%	46,2113	177	57,3	0
	Oct-21	230,667	16,41%	37,971	203	38,98	0
	Nov-21	208,915	16,61%	16,882	168	25,943	0
	Déc-21	217,461	16,46%	23,1857	180	36,816	14,354
<b>2022</b>	Janv-22	231,908	17,10%	33,04666	188,49	40,368	12,34
	Févr-22	213,671	16,96%	39,18843	78,203	132,823	0
	Mars-22	233,182	17,19%	34,14098	192,585	38,613	0,33
	Avr-22	77,317	16,01%	10,648	54,236	21,674	0
	Mai-22			0			
	Juin-22			0			





Type d'énergie : ELECTRICITÉ

Usages	Équipement	Nombre	Puissance nominale (kW)	Heures de fonctionnement par an	% charges de Puissance nominale	Puissance Réelle (kW)	Energie Annuelle (kWh)	Existe-t-il un moyen de mesure (Auto/Manuel) ?	Quels sont les facteurs pertinents qui impactent sa consommation?	Opportunités d'amélioration possibles (réalisées, ou encourus ou proposées)
Séchage	Ventilateurs tirage	8	1440	7884	75	108 000,00	851 472 000	Manuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Problème sur filtres à manche(encrassement des manches )</li> <li>*Surcharge Tube Sécheur</li> <li>*Mauvaise Combustion</li> <li>*Bouchage sortie chambre à poussière</li> <li>*Humidité d'entrée non conforme</li> <li>*Fausse indication Dépression</li> <li>*Marche à vide</li> <li>*état turbine dégradé</li> <li>* Air parasites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Fiabilisation des filtres à manches</li> <li>*Fiabilisation de circuit de drainage</li> <li>*Réglage de combustion</li> <li>*Contrôle de chambre à poussière</li> <li>*Suivi des paramètres de marche</li> <li>*Optimisation de la marche à vide(Refroidissement des fours et Balayage)</li> </ul>
	Brûleurs mixtes	8	240	7884	70	16 800,00	132 451 200	Manuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Température et pression d'injection</li> <li>*Débit de combustion</li> <li>*Humidité d'entrée non conforme</li> <li>*Débit d'air</li> <li>*Débit dilution</li> <li>*Etat mécanique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Pilotage de paramètre de marche</li> <li>*Respect de standard des conduites des fours</li> <li>*Pilotage des fours</li> <li>*Réglage de</li> </ul>



									de bruleur *Mauvaise Combustion(Rapp ort air gaz) *la marche à vide	combustion *Optimisation de la marche à vide *
	Compresseurs	8	385	5256	60	23 100,00	121 413 600	Manuel	*Fuites sur circuit d'air *Régulation compresseur *Dépassement des heures de marche *échauffement compresseur *Coincement soupape de décharge position ouverte *usure d'équipements *Bouchage des filtres d'admission compresseur	*Elimination des fuits de circuit *Vérification systématiques des équipements et circuits d'air *Contrôle de l'instrumentation *Suivi de temps de marche *Entretien systématique des compresseurs
<b>Convoya ge</b>	Convoyeurs extracteurs	2	598	7884	70	41 860,00	330 024 240	Manuel	*Patinage des convoyeurs *problème de système tension des convoyeurs *déport bande *Surcharge de la bande *Retour produit vers la base *la marche à vide	*Réglage de système de tension *Réglage alignement de la bande et déport bande *Optimiser les courants de démarrage *Eviter la marche à vide



Type d'énergie : Gaz Naturel

Usages	Équipement	Nombre	Débit nominal en Nm3/h	Heures de fonctionnement par an	% de charges	Débit réel Nm3/h	Consommation Annuelle en Nm3	Existe-t-il un moyen de mesure (Auto/Manuel) ?	Quels sont les facteurs pertinents qui impactent sa consommation ?	Opportunités d'amélioration possibles (réalisées, ou encourus ou proposées)
Séchage zone centrale	Bruleurs mixtes	6	1000	47304	0,65	650,00	747 600 <sup>30</sup>	Manuel	*Humidité de produit d'entrée *Humidité de sortie *Mauvaise Combustion *fuite de gaz	*Réglage de combustion (analyseurs de combustion) *Installation des débitmètres d'air de combustion



Type d'énergie : Gazoline

Usages	Équipement	Nombre	Débit nominal en tonne/h	Heures de fonctionnement par an	% de charges	Débit réel tonne/h	Consommation Annuelle en tonne	Existe-t-il un moyen de mesure (Auto/Manuel) ?	Quels sont les facteurs pertinents qui impactent sa consommation ?	Opportunités d'amélioration possibles (réalisées, ou encourus ou proposées)
Séchage zone centrale	Bruleurs mixtes	1	1000	7884	0,65	650,00	124 600 <sup>5</sup>	Manuel	*Humidité de produit d'entrée *Humidité de sortie *Mauvaise Combustion *fiute de gazoline	*Réglage de combustion (analyseurs de combustion) *Installation des débitmètres d'air de combustion



Type d'énergie : Fuel

Usages	Équipement	Nombre	Débit nominal en tonne/h	Heures de fonctionnement par an	% de charges	Débit réel tonne/h	Consommation Annuelle en tonne	Existe-t-il un moyen de mesure (Auto/Manuel) ?	Quels sont les facteurs pertinents qui impactent sa consommation ?	Opportunités d'amélioration possibles (réalisées, ou encourus ou proposées)
Séchage zone centrale	Bruleurs mixtes	1	1000	7884	0,65	650,00	124 600 <sup>5</sup>	Manuel	*Humidité de produit d'entrée *Humidité de sortie *Mauvaise Combustion *fuite de fuel	*Réglage de combustion (analyseurs de combustion) *Installation des débitmètres d'air de combustion