



**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES  
Génie Electrique**

**RAPPORT DU PROJET DE FIN D'ETUDES**

**Intitulé :**

**LA REVUE ENERGETIQUE  
ET PROPOSITION D'UN PLAN  
D'ACTION D'AMELIORATION  
AU SEIN DE SUNABEL**

**Réalisé Par :**  
- ETTOUHAMI AHLAM

**Encadré par :**

**P<sup>r</sup> Ali BOHARB(FST FES)**

**Mr. AZOUZI HOUSSAM(SUNABEL)**

**Soutenu le 6 Juillet 2021 devant le jury**

**Pr Ali BOHARB (FST FES)**

**Pr HASSANE ELMARKHI (FST FES)**

## DEDICACE

Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour, sincérité et fierté à :

Ma mère, je lui dois tout et je lui dois tant. Aucun mot aucune dédicace ne pourrait exprimer l'ampleur de l'amour. Tu es tout pour moi, tu es le symbole de la bonté, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui m'a beaucoup encouragé. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout-puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

Mes frères, trouvez ici le témoignage de mon profond attachement. Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer ma gratitude, mon respect, ma considération. Je vous souhaite le bonheur et prospérité.

À mes professeurs de FST qui ont tout le temps veillé pour que je puisse acquérir une formation à la hauteur. Sans vous je ne pourrai jamais être ce que je suis aujourd'hui.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cet humble travail

Merci.

## Remerciement

Le présent travail est le fruit de mon projet de fin d'études effectuée à l'usine SUNABEL EL KSAR EL KBIR . Ce projet m'a été profitable du fait que j'ai pu acquérir beaucoup de connaissances utiles dans la suite de ma vie professionnelle.

Avant de commencer la présentation de ce rapport, je profite de l'occasion pour remercier du fond du cœur :

Pr .ALI BOHARB, mon encadrant de FST de Fès d'avoir accepté de m'encadrer durant ce travail et pour le temps précieux qu'il m'a accordé, pour son encouragement et son suivi continu de la progression de mon travail.

Mr. **JIBRIL**, Directeur de la sucrerie SUNABEL Ksar EL KBIR, pour tous les efforts qu'il a fournis pour nous procurer les conditions favorables pour l'élaboration de ce travail. Ses encouragements et sa sympathie ont été pour nous une source de motivation importante.

M. **AZZOUZI**, Directeur d'usine, mon encadrant de stage pour son éternelle disponibilité et son esprit enthousiaste, ont été nos plus grands atouts. son soutien sans failles, même dans les moments de doute j'ai été des sources d'encouragement et de motivation .et pour son encadrement technique, son suivi quotidien et tout le temps qu'il a consacré pour veiller au bon déroulement de mon projet de fin d'études.

M. Younes HIBOUR, responsable de maintenance de stage pour ses conseils qui m'ont permis d'apprendre énormément de choses et donc d'acquérir de nouvelles connaissances et compétences. Et pour son suivi quotidien .je le remercie également pour la confiance qu'il m'a accordée dès les premiers instants.

À tout le corps professoral qui m'avait pu travailler. Ils ont su se rendre disponibles ainsi que le personnel pédagogique et administratif de la filière génie électrique est à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du Jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail et à tous ceux qui ont contribué d'une façon directe ou indirecte à la réussite de ce stage, de près ou de loin, trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus distingués.

## Sommaire

<b>REMERCIEMENT.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTES DES FIGURES .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUME :.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>8</b>
<b>I. CONTEXTE GENERAL DU PROJET.....</b>	<b>9</b>
1. PRESENTATION DU COSUMAR-SUNABEL .....	9
2. ORGANISME DU SUNABEL KEK .....	9
3. PROCESSUS DE FABRICATION DE SUCRE .....	10
3.1. RECEPTION DE BATERAVE.....	10
3.2. DECHARGEMENT ET STOCKAGE .....	11
3.3. LAVAGE(DANS LE LAVOIR) .....	11
3.4. EXTRACTION.....	12
3.4.1. DECOUPAGE : .....	12
3.4.2. DIFFUSION.....	12
3.5. EPURATION .....	12
3.6. CRISTALLISATION .....	13
<b>II. PLANIFICATION ENRGETIQUE.....</b>	<b>17</b>
1. PRESENTATIONS.....	17
2. DETERMINATION DES USAGES ENERGETIQUES SIGNIFICATIFS : .....	17
2.1. METHODE ET CRITERES D'IDENTIFICATION DES UES : .....	17
2.2. LA CONSOMMATION D'ENERGIE THERMIQUE .....	17
2.3. UES :.....	19
3. DETERMINATION DES USAGES ENERGETIQUES SIGNIFICATIFS ELECTRIQUE : .....	19
4. LES TYPES DES EQUIPEMENTS DES MACHINES ELECTRIQUES : .....	21
5. ANALYSE DE L'HISTORIQUE : .....	22
6. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE : .....	22
6.1. LA CONSOMMATION DANS LES TURBOS .....	23
6.2. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU FUEL DANS SECHERIE .....	23
6.3. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU FUEL DANS CHAUFFERIE .....	24
6.4. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU COKE : .....	25
6.5. ELECTRICITE RESEAU COMPAGNE.....	26
6.6. ELECTRICITE RESEAU TOTAL.....	27
6.7. TOTAL COMPAGNE.....	28
6.8. TOTAL GENERAL .....	28
7. ESTIMATION DE LA CONSOMMATION FUTURE : .....	29
<b>III. SYSTEME DE CONSOMMATION.....</b>	<b>30</b>
1. PROBLEMATIQUE :.....	30
2. ARCHITECTURE : .....	30
<b>IV. SOLUTION D'OPTIMISATION ENERGETIQUE : .....</b>	<b>33</b>
1. AU NIVEAU DU TAPIS ROULANT : .....	33
2. AU NIVEAU DES INSTALLATIONS D'AIR COMPRI ME : .....	35
2.1. LE FONCTIONNEMENT DU COMPRESSEUR ET SES CARACTERISTIQUES .....	35
2.2. ACTION D'OPTIMISATION : .....	37

**BIBLIOGRAPHIES.....40**  
**ANNEXES.....41**

## Listes des figures

Figure 1: l'organisme du SUNABEL .....9  
 Figure 2: processus de fabrication de sucre .....10  
 Figure 3: RECEPTION de betterave .....10  
 Figure 4 :déchargement et stockage du betterave .....11  
 Figure 5: lavage du betterave .....11  
 Figure 6: des cossettes .....12  
 Figure 7: répartition des énergies dans SUNABRL .....13  
 Figure 8: Composant du centrale électrique .....14  
 Figure 9: schème du turbine .....14  
 Figure 10: Des alternateurs .....15  
 Figure 11: Des alternateurs .....15  
 Figure 12: fonctionnement du centrale .....16  
 Figure 13: répartition des usages thermique ..... **Erreur ! Signet non défini.**  
 Figure 14: répartition des usages électrique .....20  
 Figure 15: La consommation en KWH hebdomadaire et totales .....23  
 Figure 16 : couts Hebdomadaire et annuelles .....23  
 Figure 17: consommation fuel sécherie hebdomadaire et totale 18-19-20 .....24  
 Figure 18: couts fuel sécherie hebdomadaire et totale 18-19-20 .....24  
 Figure 19: consommation fuel hebdomadaire et totale 19-20 .....25  
 Figure 20: couts fuel hebdomadaire et totale 19-20 .....25  
 Figure 21: consommation coke fuel hebdomadaire et totale 18-19-20 .....26  
 Figure 22: couts coke hebdomadaire 19-20 .....26  
 Figure 23: conso du réseau compagne hebdomadaire et totale 19-20 .....26  
 Figure 24: couts du réseau compagne hebdomadaire et Total 19-20 .....27  
 Figure 25: conso du réseau Total hebdomadaire et Total 19-20 .....27  
 Figure 26: couts du (réseau Total) hebdomadaire et Total 19-20 .....27  
 Figure 27: conso du Total compagne hebdomadaire et Total 19-20 .....28  
 Figure 28 : couts du Total compagne hebdomadaire et Total 19-20 .....28  
 Figure 29: Total de consommation général et Total de couts énergies Total 19-20 .....29  
 Figure 30: Schéma du système de consommation .....31  
 Figure 31: la base de données .....32  
 Figure 32: Interface Web pour afficher les puissances .....33  
 Figure 33: LE DEMARRAGE DU TAPIS ROULANTS .....34  
 Figure 34: LE DEMARRAGE DU TAPIS ROULANTS .....35  
 Figure 35: Le fonctionnement en charge et a vide du compresseur .....36  
 Figure 36 : fonctionnement des compresseurs .....37  
 Figure 37: fonctionnement en charge du compresseur après l'installation du variateur .....37

## Liste des tableaux

Tableau 1:usage thermique.....	17
Tableau 2:organise,activites,equipement .....	18
Tableau 3:Définition des UES à partir du score final.....	19
Tableau 4:usages électrique.....	19
Tableau 5:Les turbos(taux de charge) .....	21
Tableau 6:les moteurs électriques .....	21
Tableau 7:équipements électriques.....	22
Tableau 8:énergie de référence .....	22
Tableau 9:ensemble des usages et essaie énergies futures .....	30
Tableau 10: les types des compresseurs.....	36
Tableau 11:Les caractéristiques des compresseurs .....	36
Tableau 12:Les caractéristiques du compresseur après l'installation du variateur .....	38
Tableau 15:matrice de notation.....	41
Tableau 13:part de consommation .....	41
Tableau 14:MARGE D'EFFICACITE .....	41
Tableau 16:la consommation électrique dans les turbos .....	42
Tableau 17:la consommation du fuel sécherie 2018-2019 .....	42
Tableau 18:la consommation du fuel sécherie 2020 .....	43
Tableau 19:la consommation du fuel chaufferie 2019-2020 .....	43
Tableau 20:la consommation du coke 2018-2019 .....	44
Tableau 21:la consommation du coke 2020 .....	44
Tableau 22:la consommation du réseau compagne 2019-2020 .....	45
Tableau 23:la consommation du réseau Total2019-2020.....	45
Tableau 24:la consommation du Total compagne Total2019-2020 .....	46
Tableau 25:la consommation du globales Total2019-2020 .....	46

## Liste d'abréviations

**USG** : usages significatifs énergétiques

**TR** : turbos

## Résumé :

Le but de ce travail est de faire une planification énergétique qui est une étape clé dans le processus de la revue énergétique qui permet à l'organisme SUNABEL KSAR EL KBIR de conduire sa démarche énergétique. Et aussi de faire une proposition d'un plan d'action d'amélioration.

La première partie de ce travail a été réservée à la réalisation d'une revue énergétique qui est basée sur les tâches suivantes : on a commencé par le choix de la période de référence, qui doit être une période pertinente et ne représente aucune dérivé majeure. Ensuite on a passé au recensement de l'ensemble des sources d'énergie utilisé par le site et aussi l'ensemble des usages énergétiques existants et évaluation des consommations énergétiques afférentes. Après on a classé les USE selon leurs scores finaux > 6%. Suivi par la détermination des équipements des usages énergétiques et l'estimation des consommations énergétiques en KWH futures à travers le traitement betterave prévue et le ratio de consommation actuelle.

La deuxième partie a été consacrée à un système de surveillance de la consommation énergétique. On propose de réaliser un système de consommation qui va calculer la consommation électrique en temps réel dans des cabines électriques qui contiennent des machines électriques.

Pour finir on a fait une étude d'optimisation énergétique: la première au niveau des tapis roulants à l'aide du PROTEUS 8 et MIKRO. La deuxième au niveau d'un compresseur d'air par la proposition d'installation d'un variateur de vitesse.

## Introduction générale

L'électricité fait partie intégrante de notre vie, et nous comptons sur elle à chaque fois que nous appuyons sur un bouton. Alors la question peut paraître étrange lorsque l'on sait l'utilisation quasi permanente que l'on fait de cette précieuse énergie et plus particulièrement des électriciens.

L'électricité est aujourd'hui la forme d'énergie la plus aisée à exploiter. Mais avant de la consommer, il faut d'abord la produire, en général dans des unités de production de grande puissance, la transporter, puis la distribuer vers chaque consommateur.

L'énergie permet de répondre aux besoins d'ajustement de la production électrique, notamment le combustible brûlé sert à chauffer l'eau pour la transformer en vapeur. Le dégagement de vapeur va faire tourner la turbine. Puis la turbine entraîne l'alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

L'objectif de mon projet est de calculer la consommation électrique globale et identifier les causes qui engendrent la consommation élevée d'énergie toute en tirant des solutions visant à optimiser la consommation d'énergie électrique et proposer un système de calcul et supervision de la consommation d'énergie. Le système doit avoir pour principales fonctionnalités :

- La surveillance et calcul de la consommation électrique en temps réel des machines à travers un système de consommation ;
- Dégager des solutions conduisant à l'optimisation d'énergie électrique.

La première partie est consacrée à la présentation de l'usine SUNABEL EL KSAR EL KBIR. Il permet d'avoir une idée sur la société du COSUMAR-SUNABEL, les caractéristiques de ses équipements, ainsi que sa consommation énergétique.

La deuxième partie est dédiée à la présentation de la planification énergétique existante. Cette présentation nous a permis de proposer une amélioration d'efficacité énergétique aux usages et à la consommation énergétiques.

La troisième partie a pour but de concevoir un système de surveillance de la consommation énergétique qui va nous aider à calculer la consommation électrique en temps réel et d'afficher les résultats sur une interface web.

Finalement la quatrième partie représente les solutions d'optimisations énergétiques au niveau des tapis roulants et aussi au niveau d'un compresseur d'air comprimé. Et en clôture ce rapport par une conclusion générale.

## I. CONTEXTE GENERAL DU PROJET

### 1. PRESENTATION DU COSUMAR-SUNABEL

L'entreprise a été fondée en avril 1929 sous le sigle de «SUNABEL» par la société Française Saint-Louis de Marseille.

Suite à la politique de la marocanisation entamée en 1973 l'État marocain a racheté 50% du capital de la SUNABEL : Compagnie sucrière Marocaine et de raffinage.

La SUNABEL a aujourd'hui plus de 72 ans, son objet social est la production, la commercialisation des produits sucriers et des dérivés : le morceau, le lingot ; le pain de sucre, le granulé de 50 kg, de 1 et 2 kg.

### 2. ORGANISME DU SUNABEL KEK

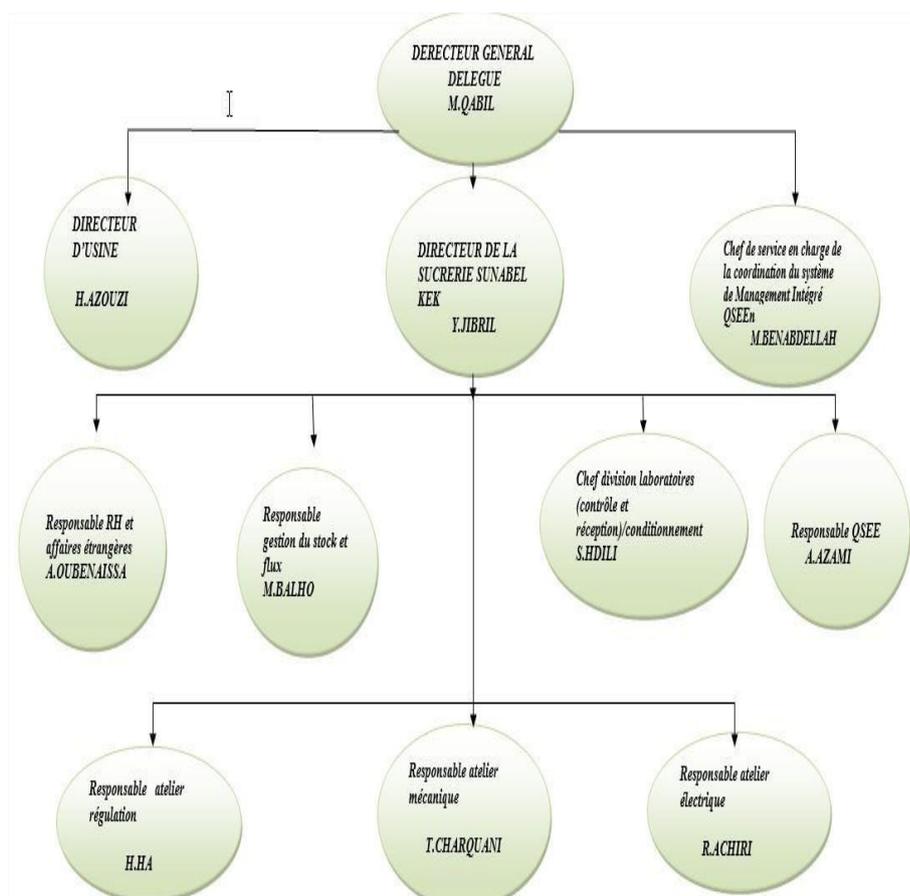


FIGURE 1: L'ORGANISME DU SUNABEL

### 3. PROCESSUS DE FABRICATION DE SUCRE

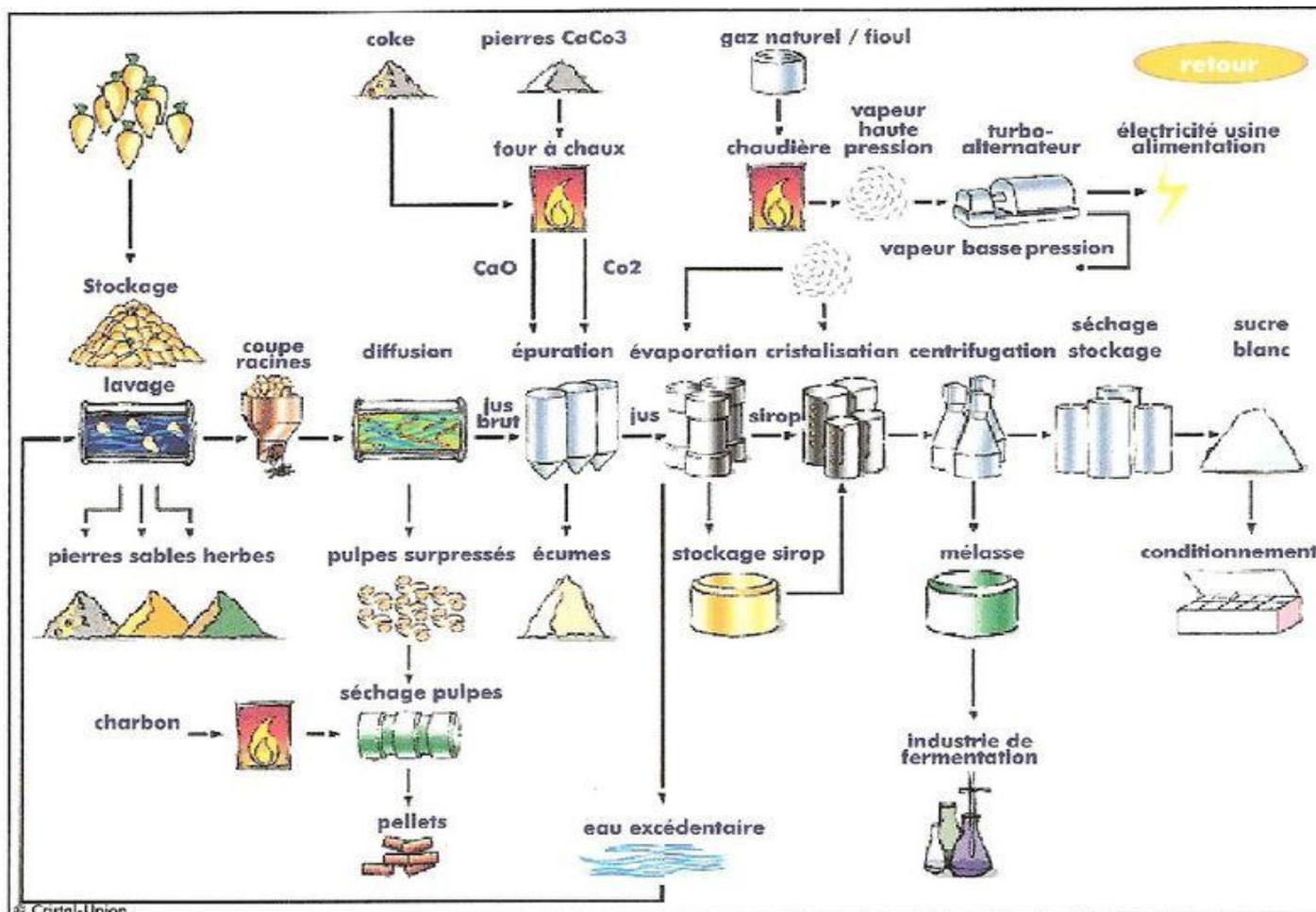


FIGURE 2:PROCESSUS DE FABRICATION DE SUCRE

#### 3.1. RECEPTION DE BATERAVE

- ❖ La **réception** est la première étape dans la technique sucrière. Elle consiste à déterminer la quantité des betteraves fournies par le planteur et leurs richesses.
- ❖ La contrepartie accordée au planteur est proportionnelle avec le pourcentage de sucre polarisable, contenu dans les betteraves nettes, qui représente la qualité de la betterave



FIGURE 3:RECEPTION DE BETTERAVE

### 3.2. DECHARGEMENT ET STOCKAGE

- ❖ Après l'échantillonnage, le déchargement des camions se fait par des plates-formes à vérins hydrauliques vers un silo de stockage conditionné par de l'air ambiant.
- ❖ Ce conditionnement est effectué pour éviter l'hydrolyse enzymatique du saccharose par l'invertase, car la betterave est un produit facilement périssable.



FIGURE 4 : DECHARGEMENT ET STOCKAGE DE LA BETTERAVE

### 3.3. LAVAGE (DANS LE LAVOIR)

La betterave à destination du traitement est abattue par des lances sous pression puis soulevée par des pompes centrifuges vers la station de lavage où elle subit les opérations suivantes :

- désherbage (élimination des herbes et racines non décollées).
- Épierrage (qui enlève les pierres venant avec la betterave).
- Lavage sous pression.
- Rinçage à l'eau décantée et javellisée.

Les eaux de lavage subissent un traitement antiseptique et une correction de pH. Pour la désinfection l'eau de javel et/ou le chlore sont les plus utilisés : les antiseptiques sont ajoutés dans les eaux.



FIGURE 5: LAVAGE DE LA BETTERAVE

### 3.4. Extraction

#### 3.4.1. Découpage :

La betterave ainsi lavée est découpée en lanières fines appelées cossettes dans des machines coupe-racines à couteau afin de favoriser les échanges de matière et donc l'extraction de sucre.



FIGURE 6: DES COSSETTES

#### 3.4.2. Diffusion

- ✓ La diffusion permet d'extraire le maximum de sucre tout en extrayant un minimum de non-sucres (les impuretés restantes notamment les matières azotées et les pectines).
- ✓ La diffusion s'effectue par un phénomène nommé **osmose** : les deux solutions de concentrations différentes (eau et jus extrait des cossettes) sont séparées par une membrane et ils s'échangent par osmose à travers la membrane. (à voir dans la partie Index).
- ✓ La sortie de la diffusion sera un jus d'un ph maintenu au voisinage d'une valeur optimale de 5.8 jusqu'à 6.2.

### 3.5. Epuration

Le jus filtré c'est du sucre en dissolution dans l'eau, avec certaines impuretés. Le maximum des impuretés est enlevé. Il reste alors de concentrer le jus. C'est l'étape de **l'évaporation**.

Le jus avant évaporation (JAE) comporte de 13 -14 % de MS (matière sucrière). Après l'évaporation, le sirop obtenu a une concentration proche de la saturation, soit 65 à 72 % de MS.

L'évaporation a lieu dans un évaporateur multiple effet, sous pression pour les premiers et sous vide pour le dernier.

Seul le premier évaporateur qui utilise de la vapeur vive produite dans une chaudière à fuel et ramenée à 3 bars après passage dans un turboalternateur qui génère l'électricité nécessaire à

l'usine.

Les évaporateurs qui restent sont chauffés par la vapeur extraite du jus de la caisse précédente. Le processus d'évaporation se suit jusqu'à la dernière caisse. (Optimisation d'énergie).

En fin d'évaporation, le jus devient un sirop jaune brun de 65 à 70 % de matières sèches (86 à 92 % de sucre).

### 3.6. Cristallisation

- ❖ C'est la dernière étape de la purification du sucre. Elle permet de séparer et purifier le sirop obtenu par évaporation du jus.
- ❖ Inversement à l'opération calo carbonique, le saccharose qui sera éliminé sous forme de cristaux, tandis que les impuretés restent concentrées dans le liquide pour donner en finale une solution résiduelle épuisée : **la mélasse**.
- ❖ Le sirop termine sa concentration dans les chaudières, et est amené au-delà de sa limite de solubilité, à l'état de "sursaturation". À ce stade, un cristal de sucre plongé dans le sirop se met à grossir. Si l'on évapore encore un peu plus d'eau, le sucre se cristallise spontanément

Pour bien contrôler le processus, on ajoute dans le sirop "sursaturé" des petits cristaux sous forme de sucre glace, qui sert à amorcer à la cristallisation. Les molécules de sucre en solution vont venir s'y "agglutiner" et les faire grossir. Une étape de malaxage permet d'achever le grossissement des cristaux tout en refroidissant l'ensemble.

## 4. Les ressources énergétiques du SUNABEL

Les principales ressources énergétiques du SUNABEL : l'électricité fournie par l'ONE et unité de production locale (coke, fuel) .

la figure ci-dessus représente la les ressources énergétiques du SUNABE :

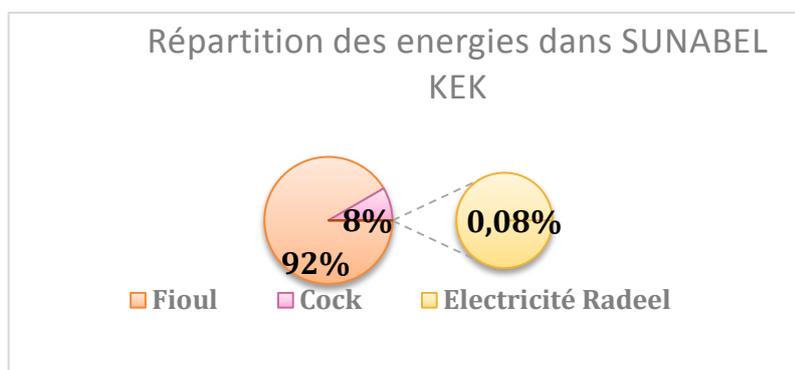


FIGURE 7: REPARTITION DES ENERGIES DANS SUNABRL

On remarque à partir de cette représentation graphique une forte consommation de l'énergie fuel qui représente 92% de l'énergie globale sachant que l'énergie coke ne présente que 8% de l'énergie totale et l'énergie électricité RADEEL représente 0.08% de l'énergie globale .

### La production énergétique locale

Une centrale (de production d'énergie) électrique est un site industriel destiné à la production d'électricité. Les centrales électriques transforment différentes sources d'énergie naturelles en énergie électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointains. Le réseau électrique permet de transporter puis de distribuer l'électricité jusqu'aux consommateurs. Généralement On peut dire que la centrale électrique est l'ensemble turbine-alternateur, peut transformer l'énergie mécanique (liée au mouvement) en énergie électrique.

### Les composants principaux d'une centrale électrique:

les composants principaux d'une centrale électrique sont la turbine l'alternateur et le transformateur.

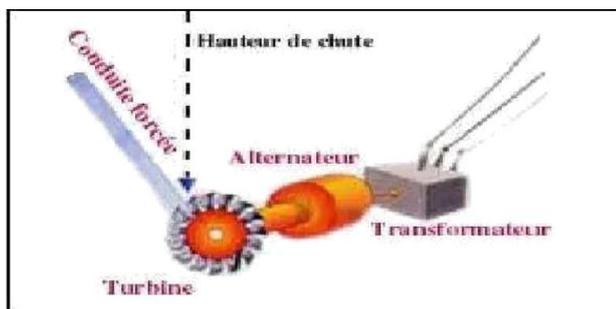


FIGURE 8: COMPOSANTS DE LA CENTRALE ELECTRIQUE

### Turbine :

Une turbine à vapeur est constituée d'un grand nombre de roues (une centaine pour un modèle de puissance) portant des ailettes. La vapeur sous pression traverse d'abord les roues de petit diamètre avant d'atteindre les roues de plus grands diamètres. La turbine tourne alors en entraînant l'alternateur qui lui est accouplé.



FIGURE 9: SCHEMA DE LA TURBINE

### Alternateur :

constitué des éléments suivants :

- un stator
- un rotor de nombre de pôles 18.
- Un pivot est situé au-dessus de l'alternateur
- des paliers.

Pour que l'alternateur puisse fonctionner, il faut que le rotor se comporte comme un aimant. Ainsi, l'inducteur est :

- ✓ soit un aimant permanent.
- ✓ Soit on crée artificiellement un aimant en alimentant l'inducteur avec une alimentation continue.
- ✓ Si on ne dispose pas d'une alimentation continue externe pour alimenter l'inducteur, crée l'alimentation directement avec la machine; on parle alors de **machine auto-excitée**.

L'induit est composé de 3 bobines chacune décalée entre elles du rotor (aimant naturel ou artificiel) crée le flux.

Lorsque le rotor tourne, chaque bobine est soumise à un flux magnétique variable et il se crée alors une tension alternative sinusoïdale  $e(t)$  aux bornes de chaque enroulement du stator.

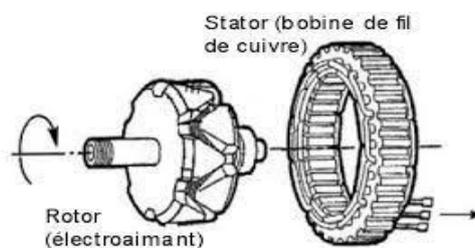


FIGURE 10:DES ALTERNATEURS

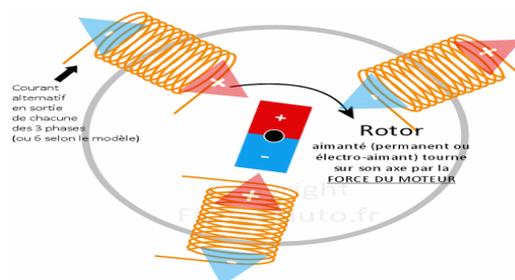


FIGURE 11:DES ALTERNATEURS

## Transformateurs

Un transformateur sert à modifier la valeur efficace d'une tension alternative. Il peut l'abaisser ou l'élever.

### Fonctionnement :

En déplaçant un aimant près d'une bobine, on crée une tension variable dans la bobine (voir alternateurs). La tension induite dans la bobine est due à la variation du champ magnétique de l'aimant que l'on déplace.

Ici, c'est la variation du champ magnétique créé par le courant variable circulant dans la bobine primaire qui induit une tension variable dans la bobine secondaire

### Le fonctionnement de la centrale électrique :

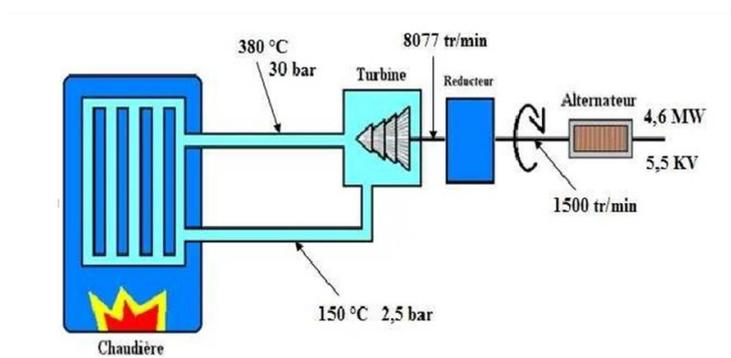


FIGURE 12:FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Une centrale électrique est le noyau de la production de l'énergie électrique. La vapeur surchauffée est à 380°C et à 30 bars à l'entrée de la turbine, et sort avec une température de 150°C, la chaleur extraite permet de faire tourner la turbine avec une vitesse de 8077tr/min et la vitesse à l'entrée d'alternateur est 1500 tr/min c'est une vitesse constante à l'aide d'un réducteur par ce que l'alternateur est une machine synchrone et d'après cette énergie mécanique l'alternateur va la transformer en énergie électrique

## II. PLANIFICATION ENRGETIQUE

### 1. Présentations

Le tableau suivant présente l'organisme d'accueil, ses activités et de son équipe de management de l'énergie.

1. Présentation de l'organisme, de ses activités et de son équipe de management de l'énergie				
REFERENC E DU DOCUMENT	SUNABEL			POLITIQUE
Adresse				
Ville	Ksar el kebir			
Périmètre	Tout le site			
Domaine(s) d'application				
Surface des locaux (m²)				
Surface du site (m²)				
Produits	Sucre (1, 2 et 50KG )	Mélasses	Pellets	
Energie(s)	Électricité	Fioul No:2	Coke	
Représentant de la direction	El Hassnaoui abdelhadi	Fonction	Directeur d'usine	
Equipe de management de l'énergie	Imad Laoutid		Responsable maintenance	
	Kalda Mustapha		Responsable process	
	Azzouzi Hossam		Responsable énergie	
	Hdili Said		Responsable QSEE	
	Sahili Ahmed		Achats et approvisionnement	
	Jbilou El Hachmi	Responsable électricité et régulation		

TABEAU 1:USAGE THERMIQUE

### 2. Détermination des Usages Energétiques Significatifs :

#### 2.1. Méthode et critères d'identification des UES :

La détermination des UES consiste à déterminer en premier lieu la consommation d'énergie thermique de l'ensemble des stations consommatrices de l'usine. Ensuite, on calcule la part par rapport à la consommation totale de chaque usage puis de chaque station. Enfin, calculer et classer les usages selon le score final obtenu et faire sortir ceux qui sont significatifs. Les usages dont le score final dépasse 15 % sont les USG.

#### 2.2. La consommation d'énergie thermique

Pour calculer la consommation en KWh, il faut trouver la consommation de vapeur en tonnes dans chaque station. Alors, d'après les bilans thermiques de chaque station, on obtient les résultats suivants

Source d'énergie	Station	Usages	consommation de vapeur en t	consommation en KWH	%
Fioul	Diffusion	chauffage du jus de circulation	4,08	4 909 056,00	5,27%
		Chauffage du jus vert	7,30	8 884 586,67	9,53%
		chauffage des eaux de presse	2,90	3 489 280,00	3,74%
		<b>Total</b>	<b>14,28</b>	<b>17 282 922,67</b>	<b>18,54%</b>
	Epuraton	chauffage du jus chaulé	5,20	6 226 133,33	6,68%
		Chauffage du jus clair	4,50	5 344 800,00	75,73%
		<b>Total</b>	<b>9,70</b>	<b>11 570 933,33</b>	<b>12,41%</b>
	Evaporation	Chauffage du JAE	13,50	15 854 400,00	17,01%
		<b>Total</b>	<b>13,50</b>	<b>15 854 400,00</b>	<b>17,01%</b>
	Cristallisation	Cuisson 1,2 et 3éme jet	22,90	27 199 093,33	29,18%
		degraissage des appareils a cuire	1,20	1 418 880,00	1,52%
		chauffage d'air de séchage sucre	0,85	998 240,00	1,07%
		chauffage des bacs/Refonte	1,50	1 761 600,00	1,89%
		<b>Total</b>	<b>26,45</b>	<b>31 377 813,33</b>	<b>33,66%</b>
	chaufferie	Chauffage du fuel des chaudières&Sé	0,60	709 440,00	0,76%
		<b>Total</b>	<b>0,60</b>	<b>709 440,00</b>	<b>0,76%</b>
	Pelletisation	humidification des P.S	0,40	472 960,00	0,51%
		<b>Total</b>	<b>0,40</b>	<b>472 960,00</b>	<b>0,51%</b>
	centrale électrique	Production de l'électricité Turbo	---	-	11,30%
<b>Total</b>			-	<b>11,30%</b>	
<b>TOTAL</b>					
Source d'énergie	Station	Usages	consommation en ton	consommation en KWH	%
Fioul	sécherie	Séchage des pulpes humides	425,00	4 751 500,00	
		<b>Total</b>	<b>425,00</b>	<b>4 751 500,00</b>	
Coke	four a chaux	production de la chaux	85,00	671 500,00	0,72%
		<b>Total</b>	<b>85,00</b>	<b>671 500,00</b>	<b>0,72%</b>
<b>TOTAL</b>				<b>82 691 469,33</b>	<b>95%</b>

TABLEAU 2: ORGANISME, ACTIVITES, EQUIPEMENT

Pour calculer les valeurs du tableau ci-dessus, j'ai utilisé les formules suivantes :

- Consommation en KWH=(Tonnage vapeur /1000)\*enthalpie\*3600
- L'enthalpie =  $c_{pv} * (T_{vapeur} - T_0)$
- $c_{pv} = 1.55 \text{ kJ/kg.k}$
- Consommation en KWH de production de l'électricité turbo (centrale électrique)=[somme(Totale( cons diffusion)+totale(cons épuration)+totale(cons évaporation)+totale(cons cristallisation)+totale(cons chaufferie)+totale(cons pelletisation)-consommation en KWH de sortie turbine]\*[Enth (entrée Turbine)-Enth (sortie Turbine)/100- Enth (entrée Turbine)-Enth (sortie Turbine)]
- Consommation en KWH de sortie turbine=consommation en KW d'entrée turbine \*durée
- Consommation en KWH d'entrée turbine=Tonnage vapeur/1000\*(Enth\*3600)
- Consommation en KWH (sécherie)=Tonnage vapeur/1000\*enthalpie \*3600
- Consommation en KWH(four a chaux)=tonnage vapeur/1000\*enthalpie \*3600

➤ Part de consommation en % = consommation en KWh / totale consommation en KWh.

### 2.3. UES :

Ce tableau présente les usages énergétiques significatifs thermiques classés par leurs scores :

Usage	Part de consommation	Poids de consommation	NOTE	Marge d'efficacité	Score Total
Sécherie	34,05%	P > 20 %	5	3	15
Cristallisation	33,66%	P > 20 %	5	2	10
Diffusion	18,54%	p>20	3	3	9
Evaporation	17,01%	10% ≤ P ≤ 15 %	3	3	9
Four a chaux	0,72%	5% ≤ P ≤ 10 %	2	4	8
Centrale elect	8%	5% ≤ P ≤ 10 %	2	1	2
Epuration	12,41%	5% ≤ P ≤ 10 %	2	3	6
chaufferie	0,76%	P ≤ 5%	1	1	1
pelletisation	0,51%	P ≤ 5%	1	1	1

TABLEAU 3: DEFINITION DES UES A PARTIR DU SCORE FINAL

### 3. Détermination des Usages Energétiques Significatifs Electrique :

Usage	Puissance appelée en kW	%	Part Kwh	C	P	Maîtrise
Centrifugeuses et transporteurs à sucre	1 345	11%	> 10 %	10	10	Ni compté, ni régulé
Condenseurs barométriques /pompes à vide	1 050	9%	> 5%	5		Ni compté, ni régulé
Chaudières	1 024	9%	> 5%	5		Ni compté, ni régulé
Presses à pulpe	957	8%	> 5%	5		Ni compté, ni régulé
Séchage et manutention des pulpes séchées	824	7%	> 5%	5		Ni compté, ni régulé
Lavage et pompage gaz carbonique	705	6%	> 5%	5		Ni compté, ni régulé
Tours de refroidissement /pompes	655	5%	> 5%	5		Ni compté, ni régulé
Découpage betterave	604	5%	> 5%	5		
Circuit eau lavage betterave	557	5%	> 5%	5		
Agglomération/Ensachage et stockage pellets	533	4%	5 % <	3		
Epuration	529	4%	5 % <	3		
Diffusion	512	4%	5 % <	3		
Transport hydraulique betterave	400	3%	5 % <	3		
		0%				
TOTAL	11966	81%				

TABLEAU 4: USAGES ELECTRIQUES

Cette figure montre les usages significatifs énergétiques électriques

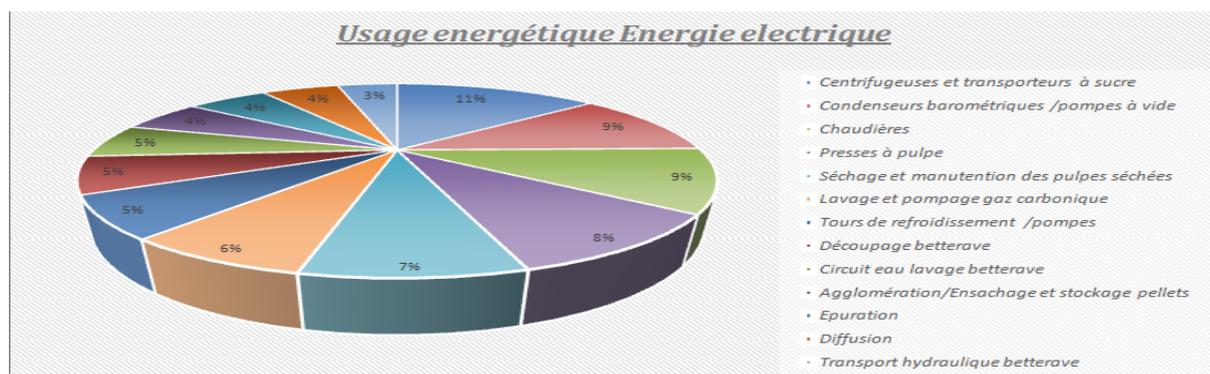


FIGURE 13:REPARTITION DES USAGES ELECTRIQUE

4. Les types des équipements des machines électriques :

TAG	Transformateur (Uprimaire/Usecondaire)	Marque	Type/Année	Puissance (KVA)
TR1	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR2	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR3	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR4	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR5	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR6	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR7	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR8	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR9	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR10	Transfo MT 5500/400	CGE maroc	7,2/1250EH/1981	1250
TR11	Transfo MT 5500/400	CGE maroc	7,2/1250EH/1981	1250
TR12	Transfo MT 22000/5500	CGE maroc	24-5000EH/1983	5000
TR13	Transfo MT 22000/5500	BELTRANSFO	2000	2500
TR14	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI		1000
TR115	Transfo MT 5500/400	CGE maroc	7,2/100 EH/1981	100
TR reserve 1	Transfo MT 22000/5500	BELTRANSFO	2008	1000
TR reserve 2	Transfo MT 22000/5500	ALSTHON SAVOISIENNE	19800	1000
TR reserve 3	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR reserve 4	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	1000
TR reserve 5	Transfo MT 5500/400	CEI-BFWNBOVERI	ICE253/1976	315

TABLEAU 5:LES TURBOS(TAUX DE CHARGE)

TAG	Moteur (Machine entraînée)	Marque	Type/Année	Puissance (KW)	Vitesse (TPM)
080.06/E3C	Moteur agitateur appareil à cuire 3ieme jet C	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
080.06/E3B	Moteur agitateur appareil à cuire 3ieme jet B	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
080.06/E3A	Moteur agitateur appareil à cuire 3ieme jet A	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
080.05/E2C	Moteur agitateur appareil à cuire 2ieme jet C	MIXEL	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
080.05/E2B	Moteur agitateur appareil à cuire 2ieme jet B	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
080.05/E2A	Moteur agitateur appareil à cuire 2ieme jet A	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
084.04/E1C	Moteur agitateur appareil à cuire 1er jet C	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
084.04/E1B	Moteur agitateur appareil à cuire 1erjet B	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
084.04/E1A	Moteur agitateur appareil à cuire 1er jet A	LEROY-SOMER	IE 1/1976	19,5/28	750/1500
122.03/K1D	Moteur pompe à vide D	FIMET	IE 3/2011	315	1450
041.02/ME1B	Moteur presse B(STORD 980)	ABB	IE 1/1992	315	1487
041.02/ME1C	Moteur presses MERCIER	ABB	IE3/2016	315	1487
081.01/MC1D	Moteur Turbine D 1er jet D	SIEMENS	IE3/2017	250	740
081.01/MC1A	Moteur Turbine A 1er jet A	SIEMENS	IE3/2012	230	740
081.01/MC1B	Moteur Turbine B 1er jet B	SIEMENS	IE3/2011	230	740
081.01/MC1C	Moteur Turbine C 1er jet C	SIEMENS	IE3/2011	230	740
052.02/K1A	Moteur pompe à CO2 A	TIBB	IE 1/1976	230	1485
052.02/K1B	Moteur pompe à CO2 B	TIBB	IE 1/1976	230	1485
052.02/K1C	Moteur pompe à CO2 C	TIBB	IE 1/1976	230	1485
052.02/K1D	Moteur pompe à CO2 D	TIBB	IE 3/2016	250	1485
160.02/P1A	Moteur pompe alimentaire A	TIBB	IE 1/1976	220	2950
160.02/P1B	Moteur pompe alimentaire B	TIBB	IE 1/1976	220	2950
160.02/P1D	Moteur pompe alimentaire D	SIEMENS	IE 3/2014	250	2950
020.03/P1A	Moteur pompe à betteraves A	ABB	IE 1/1996	200	991
020.03/P1B	Moteur pompe à betteraves B	ABB	IE 1/1996	200	991
122.03/K1A	Moteur pompe à vide A	TIBB	IE 1/1976	200	1450
122.03/K1B	Moteur pompe à vide B	TIBB	IE 1/1976	200	1450
122.03/K1C	Moteur pompe à vide C	TIBB	IE 1/1976	200	1450
101.07/K2A	Moteur ventilateur de tirage A	ABB	IE 1/1996	200	1450

TABLEAU 6:LES MOTEURS ELECTRIQUES

TAG	Variateur/demarreur (machine entraînée)	Marque	Type/Année	Puissance (KW)
030.12/A	Variateur Diuffusion RT 4	ABB	ACS 800/2009	135 KVA
030.12/B	Variateur Diuffusion RT 4	ABB	ACS 800/2009	135 KVA
030.12/C	Variateur secours Diuffusion RT 4	ABB	ACS 800/2009	135 KVA
031.12/1A	Variateur Coupes racines à plateau N°1	Schneider	ATV630D75N4/2018	100 KW
031.12/1B	Variateur Coupes racines à plateau N°2	Schneider	ATV630D75N4/2018	100 KW
031.12/1C	Variateur Coupes racines à tambour N° 3	ABB	ACS 800	160 KVA
031.12/1D	Variateur Coupes racines à tambour N°4	ABB	ACS 800	160 KVA
031.02/P1A	Variateur Pompe à jus de circulation A	Schneider	ALTIVAR 61	110 KW
031.02/P1B	Variateur Pompe à jus de circulation B	Schneider	ALTIVAR 61	110 KW
031.12/P2C	Variateur pompe bac d'ajournement eau des presses	Schneider	ATV630D75N4/2018	30KW
031.12/P2D	Variateur pompe bac d'ajournement eau des presses	Schneider	ATV630D75N4/2018	30KW
031.06/P2A	Variateur Pompe jus soutiré A	ABB	ACS880/2016	71 kw
031.06/P2B	Variateur Pompe jus soutiré B	ABB	ACS880/2016	71 kw
031;09/P5A	variateur pompe epulpeur A	Schneider	ATV630D75N4/2020	75 KW
031;09/P5B	variateur pompe epulpeur B	Schneider	ATV630D75N4/2020	75 KW
020.07/P1A	Variateur Pompe à betteraves A	ABB	ACS880/2016	251 KVA
020.07/P1B	Variateur Pompe à betteraves B	Schneider	ATV650C25N4F/2020	210 KW
031.12/P2A	Variateur Pompe aux eaux de presses A	ABB	ACS 880/2015	60 KVA
031.12/P2B	Variateur Pompe aux eaux de presses B	ABB	ACS 880/2015	73 KVA

alternateurs				
TAG	Turboalternateur	Marque	Type/Année	Puissance (KVA)
	Turboalternateur G1	CEM	MSBHD710L/4	5,8
	Turboalternateur G1	CEM	MSBHD710L/4	5,8

TABLEAU 7: EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

## 5. Analyse de l'historique :

- o La situation énergétique de référence choisi est la suivante :

Consommation de référence 1	
Facteurs	2020
Consommations totales kWh	156 854 000
Traitement total en tonnes	496 484
Ratio KWH/T	316

TABLEAU 8: ENERGIE DE REFERENCE

## 6. La consommation énergétique :

On peut gérer l'énergie en collectant les données de consommation énergétique à partir des bilans du laboratoire, factures, bilan hebdomadaire de production et des consommations, rapport des bilans énergétiques et assistance technique ...

Les résultats de la revue énergétiques sont documentés au niveau du formulaire de la planification énergétique.

### 6.1. La consommation dans les turbos

D’après le tableau 16 de l’électricité produite par les turbos (voir l’annexe), on obtient les résultats suivants

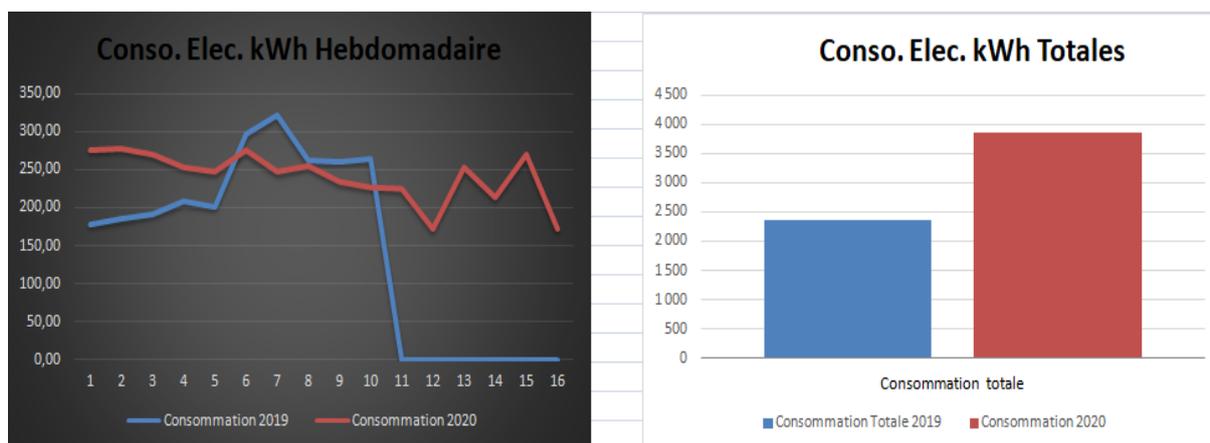


FIGURE 14: LA CONSOMMATION EN KWH HEBDOMADAIRE ET TOTALES

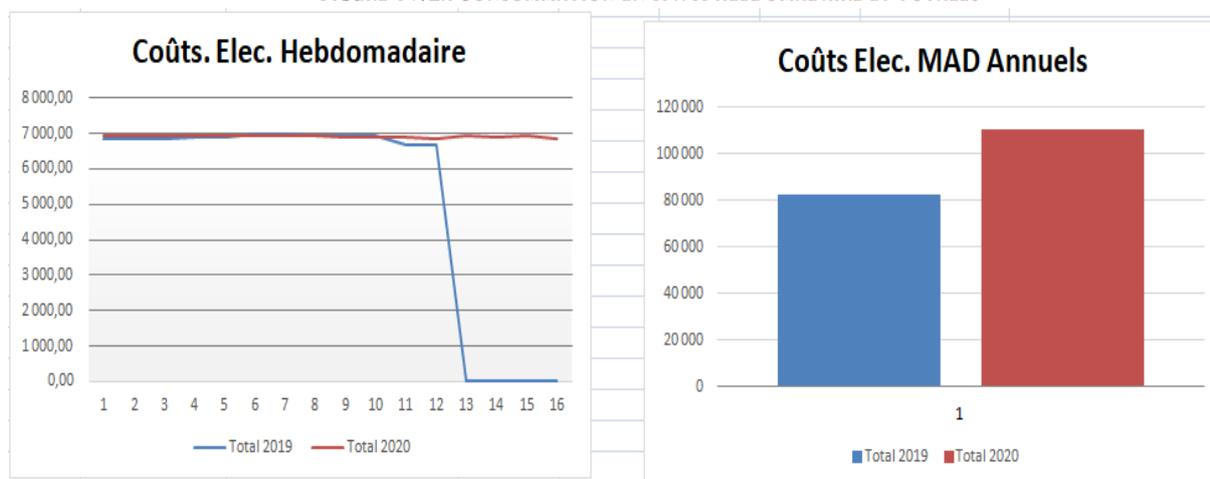


FIGURE 15 :COÛTS HEBDOMADAIRES ET ANNUELS

Dans ces diagrammes on constate que d’après la 11<sup>ème</sup> semaines il n’y a pas de consommation d’énergie électrique. Alors les turbos ne fonctionnent pas, celle-ci implique qu’il y a une baisse du cout électrique.

### 6.2. La consommation énergétique du fuel dans sécherie

D’après le tableau 17et 18 de la consommation du fuel sécherie (dans l’annexe), on dresse les graphes suivants :

Les formules suivantes permettent de calculer la consommation en KWh et le cout de consommation :

- ✓ la consommation en kWh = fuel sécherie\* 11180 (avec enthalpie=11180)
- ✓ cout en MAD : consommation = fuel sécherie \*11146.6667

✓ Total= cout en MAD : consommation+autres

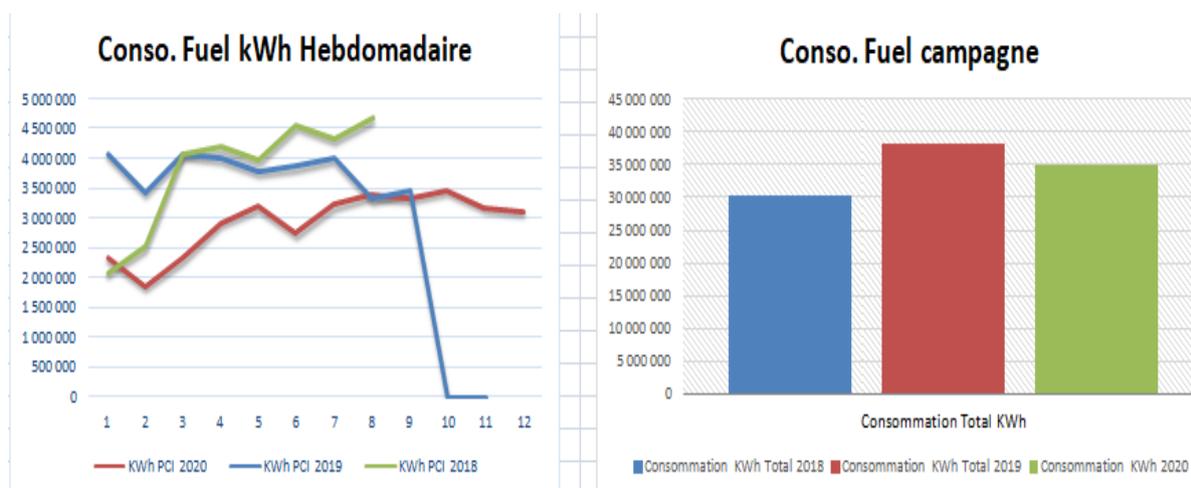


FIGURE 16: CONSOMMATION FUEL SECHERIE HEBDOMADAIRE ET TOTALE 18-19-20

Dans ces diagrammes on constate que la consommation d'énergie du fuel sécherie 2019-2020 est normale, car il y a pas un grand décalage, par contre après la 8ème semaine en 2018 la consommation n'existe pas.

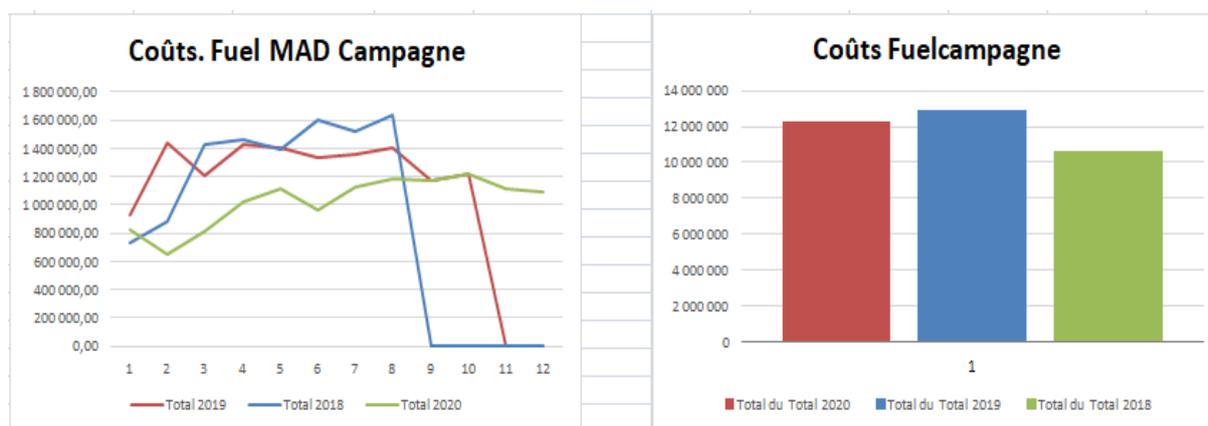


FIGURE 17: COÛTS FUEL SECHERIE HEBDOMADAIRE ET TOTALE 18-19-20

Les graphes montrent la baisse du coût électrique après la 9ème de 2018 et 2019

### 6.3. La consommation énergétique du fuel dans chaufferie

D'après le tableau 19 de la consommation du fuel chaufferie (voir l'annexe), on obtient les graphes suivants :

Les formules suivantes permettent de calculer la consommation en KWh et le coût de consommation :

- ✓ la consommation en kWh = fuel chaufferie\* 11180 (avec enthalpie=11180)
- ✓ coût en MAD : consommation = fuel chaufferie \*11146.6667

✓ Total : cout en MAD = consommation+autres

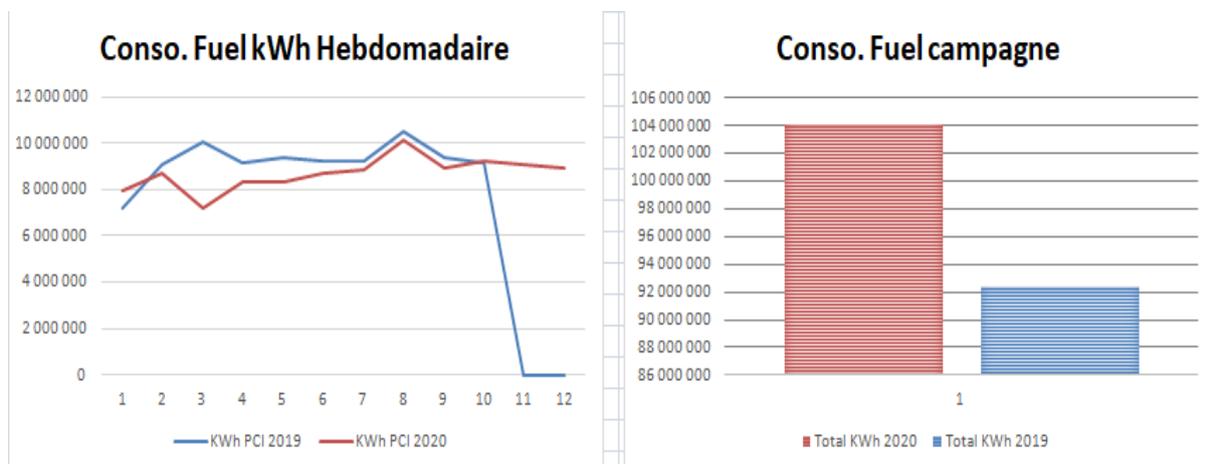


FIGURE 18: CONSOMMATION FUEL HEBDOMADAIRE ET TOTALE 19-20

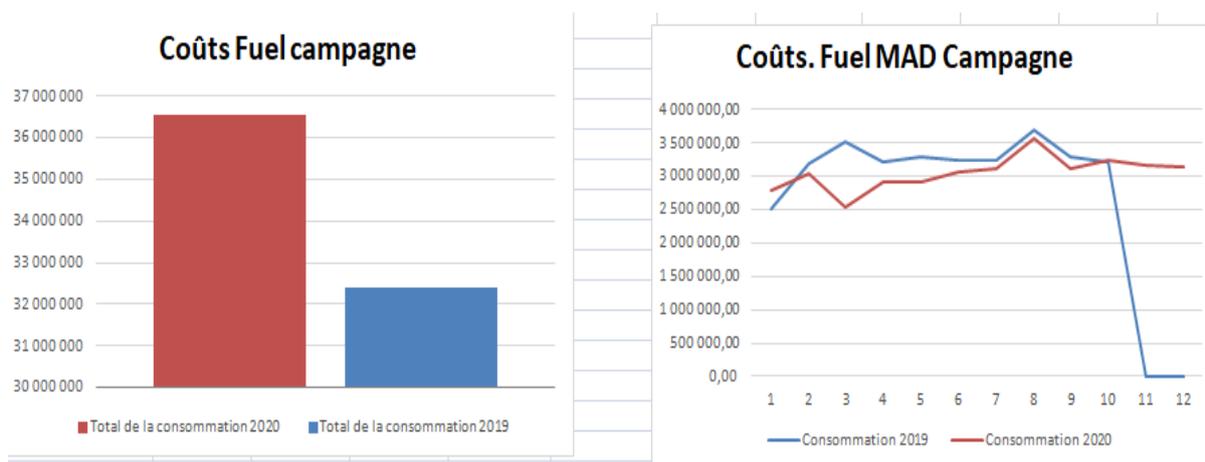


FIGURE 19: COÛTS FUEL HEBDOMADAIRE ET TOTAL 19-20

Les diagrammes montrent une baisse de couts et de consommation d'énergie électrique du fuel chaufferie durant la 11<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaines pour 2019.

#### 6.4. La consommation énergétique du coke :

Le tableau 20 et 21 de la consommation du coke (dans l'annexe), on obtient les résultats suivants :

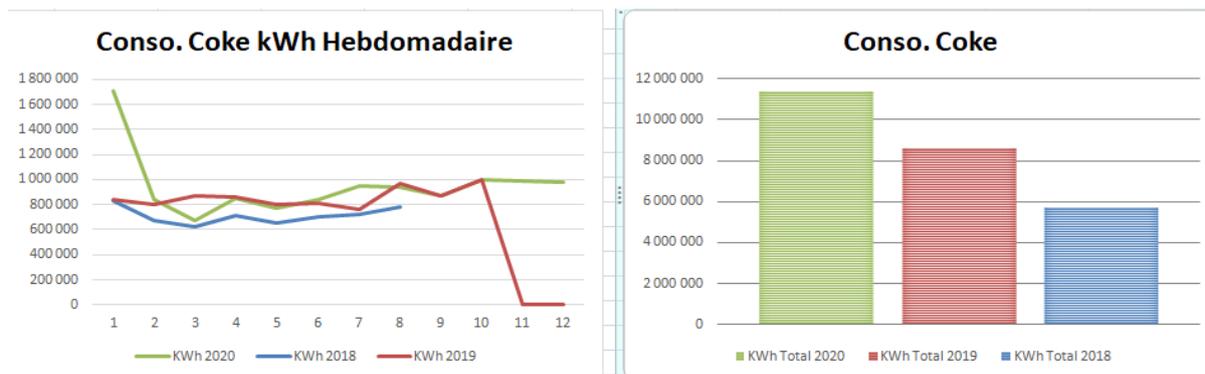


FIGURE 20: CONSOMMATION COKE FUEL HEBDOMADAIRE ET TOTAL 18-19-20

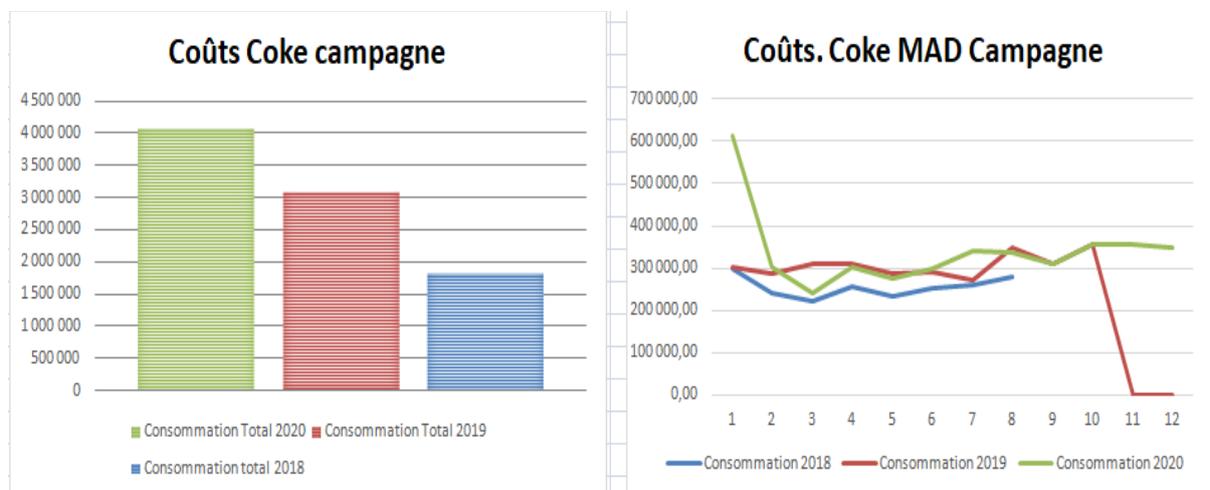


FIGURE 21: COÛTS COKE HEBDOMADAIRE 19-20

Les graphes montrent que les couts et la consommation énergétique du coke 2018-2020 est normale, car il y a pas un grand décalage entre les années . Par contre après la 10<sup>ème</sup> semaine on constate qu'il y a une baisse de la consommation durant l'année 2019.

### 6.5. Electricité réseau campagne

D'après le tableau 22 de la consommation du réseau campagne(voir l'annexe), on obtient les diagrammes suivants :

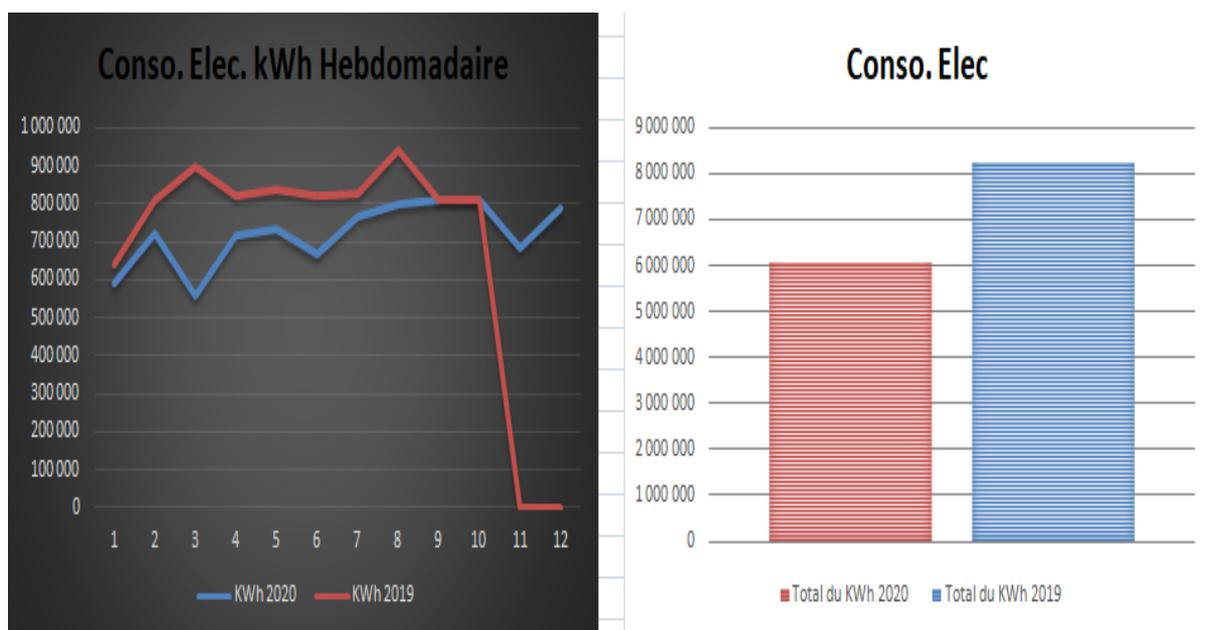


FIGURE 22: CONSO DU RESEAU COMPAGNE HEBDOMADAIRE ET TOTALE 19-20



FIGURE 23: COÛTS DU RESEAU COMPAGNE HEBDOMADAIRE ET TOTALE 19-20

Le diagramme montre une baisse de cout et la consommation électrique durant la 10<sup>ème</sup> semaines pour 2019.

### 6.6. Electricité réseau total

D’après le tableau 23 (voir l’annexe) de l’électricité fournie par ONE, on dresse les graphes suivants :

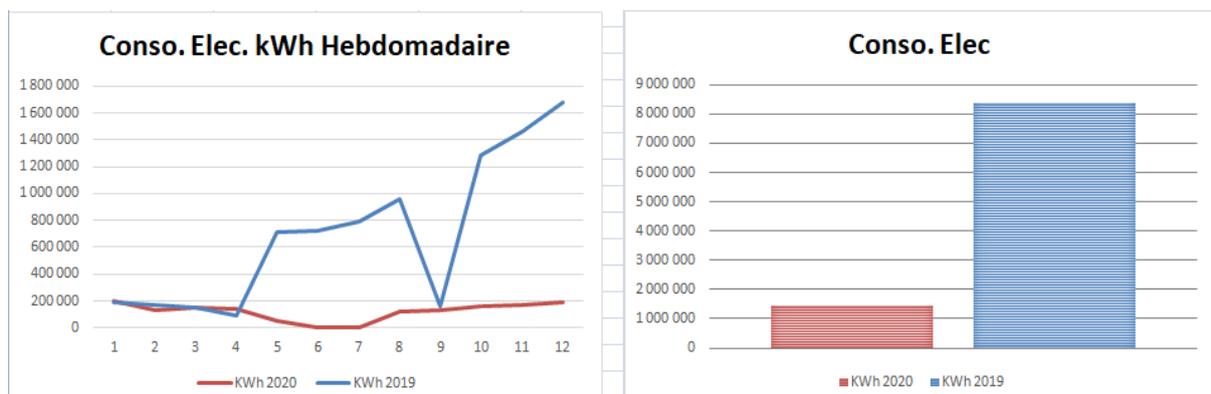


FIGURE 24: CONSO DU RESEAU TOTAL HEBDOMADAIRE ET TOTAL 19-20

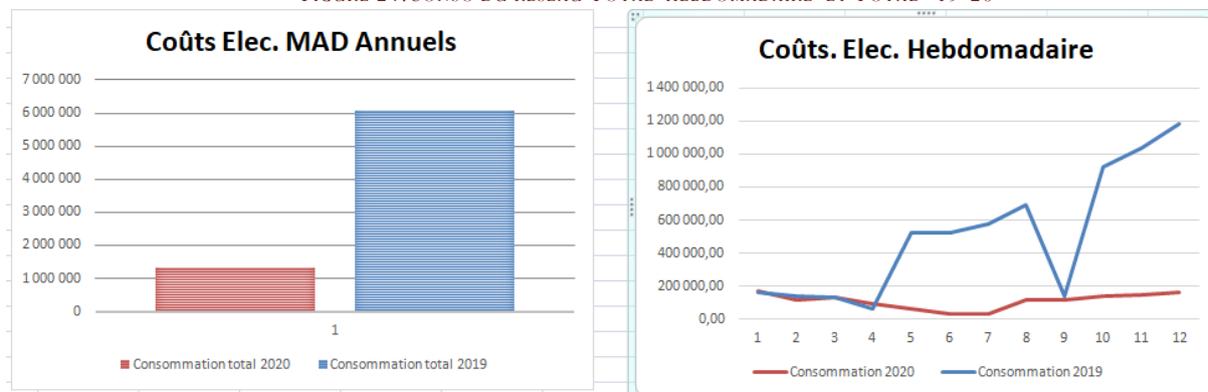


FIGURE 25: COÛTS DU (RESEAU TOTAL) HEBDOMADAIRE ET TOTAL 19-20

Ces diagrammes montrent que le cout et la consommation réseau total en 2020 sont élevés que ceux en 2019. Ensuite, on constate qu’il une baisse durant la 5<sup>ème</sup> semaine jusqu’à la 8<sup>ème</sup> semaine au niveau de la consommation et le cout en 2020.

### 6.7. Total compagne

D’après le tableau 24 (voir l’annexe) de Total compagne qui est la somme d’électricité fournie coke, fuel ,ONE et électricité réseau compagne on obtient les diagrammes suivants :

**Les formules :**

✓ Coke+fuel chaufferie +fuel sécherie +électricité réseau compagne

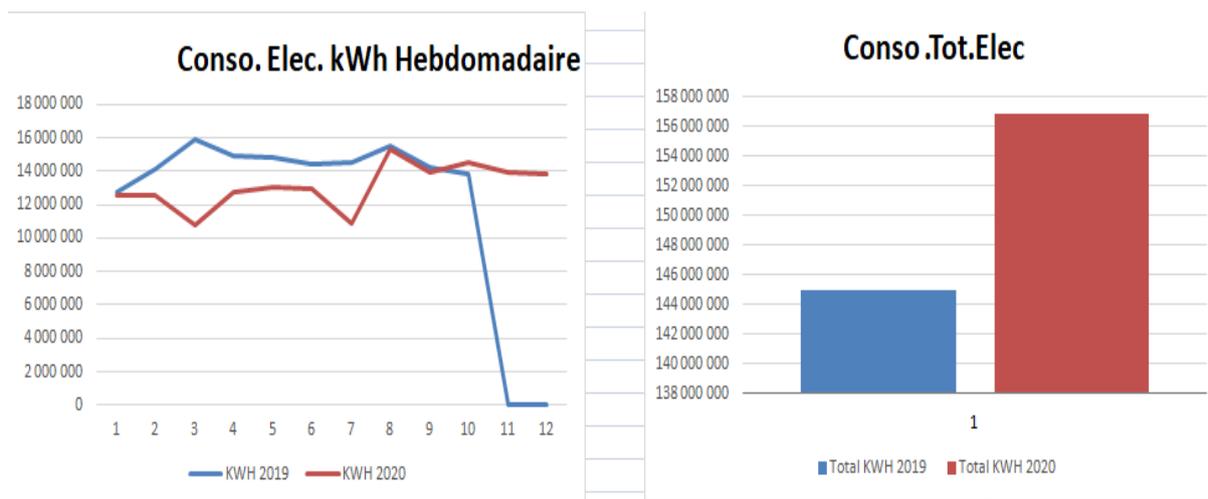


FIGURE 26: CONSO DU TOTAL COMPAGNE HEBDOMADAIRE ET TOTAL 19-20

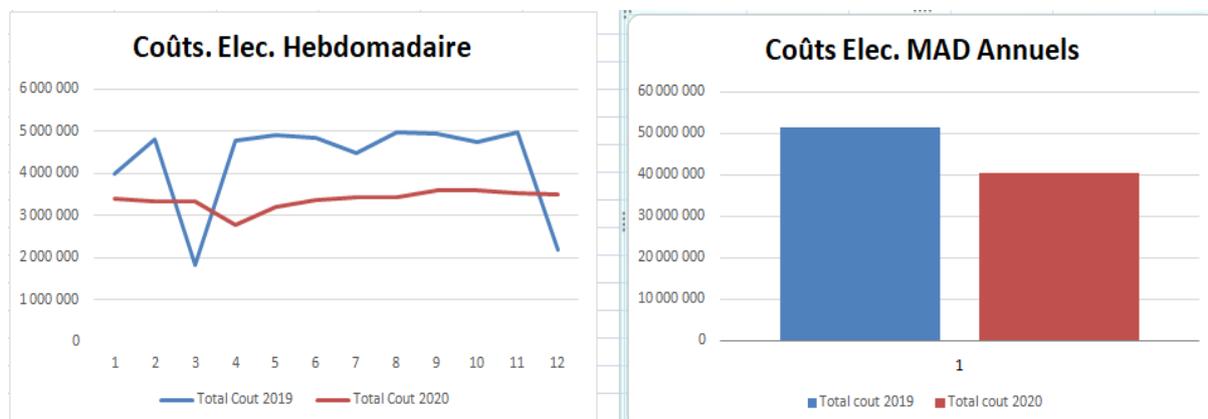


FIGURE 27 : COÛTS DU TOTAL COMPAGNE HEBDOMADAIRE ET TOTAL 19-20

Selon les diagrammes on remarque que la consommation électrique totale compagne en 2019 est plus élevée que celui en 2020. Ensuite on constate que le cout en 2020 est plus élevé que celui en 2019, car on observe qu’il y a une baisse de la consommation en 2019 durant la 11<sup>ème</sup> semaine.

### 6.8. Total général

D’après le tableau 25 (dans annexe) du total général qui est la consommation globale année (compagne et inter compagne du SUNABEL ).

**Les formules :**

- ✓ Totale compagne-électricité réseau compagne +électricité réseau Total
- ✓ Cout en MAD :consommation = consommation (Total Camp) +consommation(Electricité Réseau Total)

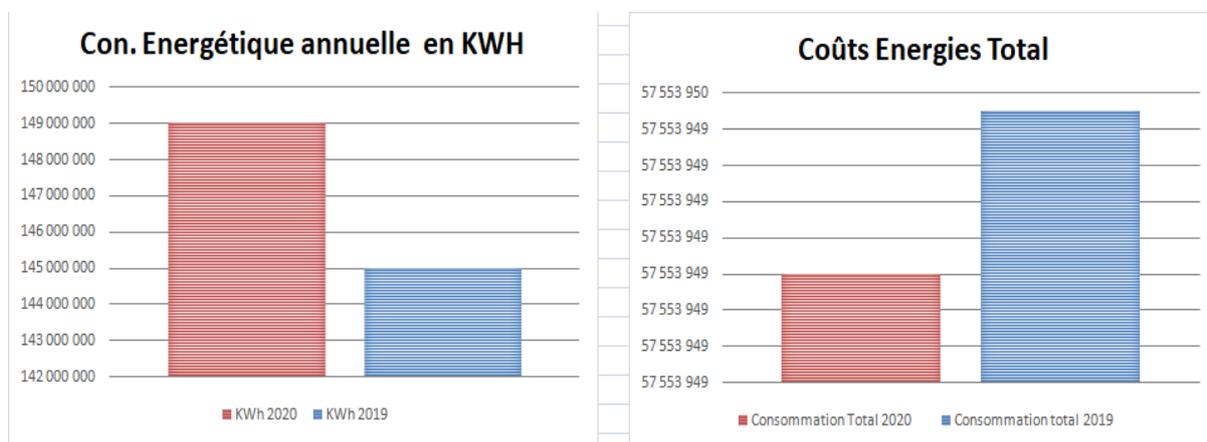


FIGURE 28: TOTAL DE CONSOMMATION GENERAL ET TOTAL DE COUTS ENERGIES TOTAL 19-20

Les diagrammes montrent que la consommation globale en 2020 est plus élevée que celui en 2019. Puis on relève que le cout en 2019 est plus élevé en 2020.

**7. Estimation de la consommation future :**

Estimation des consommations énergétiques en KWH future à travers le traitement betterave prévue et le ratio de consommation actuelle

UES	Facteur	élément de maitrise	Année	2020	2021
Ensemble des UES	Planning de livraison des betteraves	Suivi du CI entre la production et l'Amont agricole Suivi réalisation Planning des livraison de betterave	Consommation de référence KWH/ T	316	316
Ensemble des UES	Traitement Betterave / arrêt-démarrage de production	Assurer le bon fonctionnement des équipements par : 1) la réalisation du planning de maintenance préventive en intecampagne 2) La réalisation des essais mécaniques et le traitement des anomalie constaté 3) La réalisation des essais à chaud et le traitement des anomalie constatées 4) Assurance de la surveillance continue des équipements névralgiques pouvant l'arrêt du traitement		496 484	496 484

Ensemble des UES	Qualité technologique de la betterave	Suivi de la qualité betterave et communication à temps avec l'AA	Consommation MWH	156 888,94	156 888,94
Séchage des pulpes	des pulpes pressées	<p>Optimisation des paramètres de marche de la diffusion et des presses :</p> <p>1) contrôle du dosage du Gypse            2) Contrôle PH eau de presse et jus vert            3) Contrôle découpage            4) Vitesse des presse</p> <p>En vue d'augmenter la pressabilité des pulpes et optimiser la consommation fuel sécherie</p>			

TABLEAU 9: ENSEMBLE DES USAGES ET ESSAIS ENERGIES FUTURES

### III. SYSTEME DE CONSOMMATION

#### 1. Problématique :

Mon projet de Fin d'études s'inscrit dans l'optimisation de la consommation d'énergie électrique. Ce qui demande une connaissance de la consommation énergétique des machines en temps réel. Ce qui n'est pas disponible, car les machines ne sont pas munies des équipements de mesure adéquate. Pour faire face à ce problème, on a proposé de réaliser un système de supervision et de calcul de la consommation d'énergie des machines en temps réel à l'aide des logiciels PORTAUS 8 et MICKRO.

Cette partie concerne le système de supervision à développer. Le système à développer doit supporter une communication à base d'Ethernet.

#### 2. Architecture :

Les appareils choisis constituent la partie acquisition de l'information du système. Ils représentent les entrées de la solution de monitoring proposée et servent à relever les mesures.

Le PIC doit permettre la possibilité de prendre les caractéristiques (tensions, courant) des machines électrique via trois phases :

- Phase de la lecture : le wattmètre permet de mesurer les caractéristiques. Lire les valeurs à l'aide de protocole ADC.

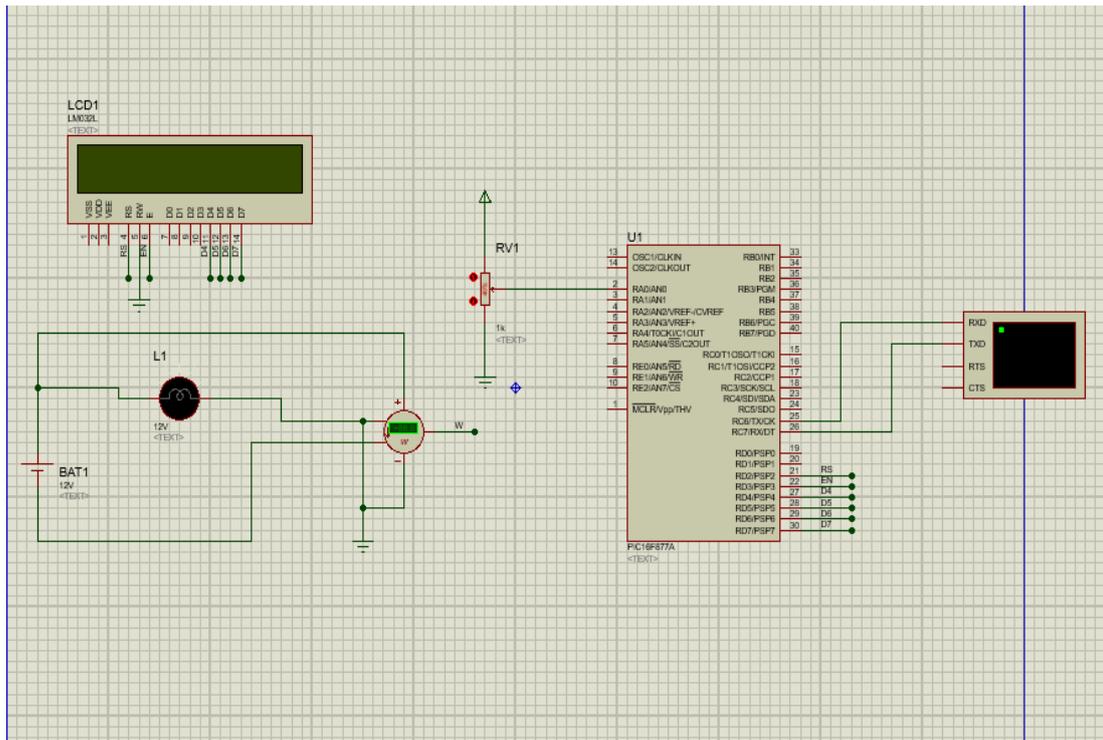


FIGURE 29: SCHEMA DU SYSTEME DE CONSOMMATION

Afin de programmer le microcontrôleur PIC pour envoyer des « commandes AT » en série en utilisant USART au module ESP8266, nous devons utiliser une bibliothèque. Comme l'utilisation des modules d'instructions ESP8266 pour vérifier chaque commande AT, puis trouver un moyen de les transmettre au module ESP.

**Fonctions dans la bibliothèque ESP8266 :**

- ce programme permet lorsque nous envoyons le « AT » au module ESP8266, il répond par « ok ». Cela nous garantit que le module ESP8266 est connecté avec succès.

```
do {
    Lcd_Out(1,1,"ESP not found");
}while (!esp8266_isStarted()); //wait till the ESP send back "OK"
Lcd_Out(1,1,"ESP is connected");
```

```
Delay_ms(1500);
```

```
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
```

- les lignes de code ci-dessus sont utilisées pour configurer le module ESP pour qu'il fonctionne en mode « soft AP ».esp8266\_mode(2); envoie les commandes AT au module et attend que le module réponde par « ok »

```
esp8266_mode(2);
```

```
Lcd_Out(1,1,"ESP set as AP");
```

```
Delay_ms(1500);
```

```
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
```

ce segment du mode est utilisé pour configurer le SoftAP.ici, nous avons nommé le SSID « circuitDigest » et le mot de passe « 619007123 ».pour indiquer que le processus est terminé, nous attendrons que module réponde par «ok »,puis imprimons le point d'accès configuré sur l'écran LCD.

```
esp8266_config_softAP("CircuitDigest","619007123");
```

```
Lcd_Out(1,1,"AP configured");
```

```
Delay_ms(1500);
```

```
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
```

- Phase de transfert : envoyer les données à une base de données à l'aide d'un esp8266.

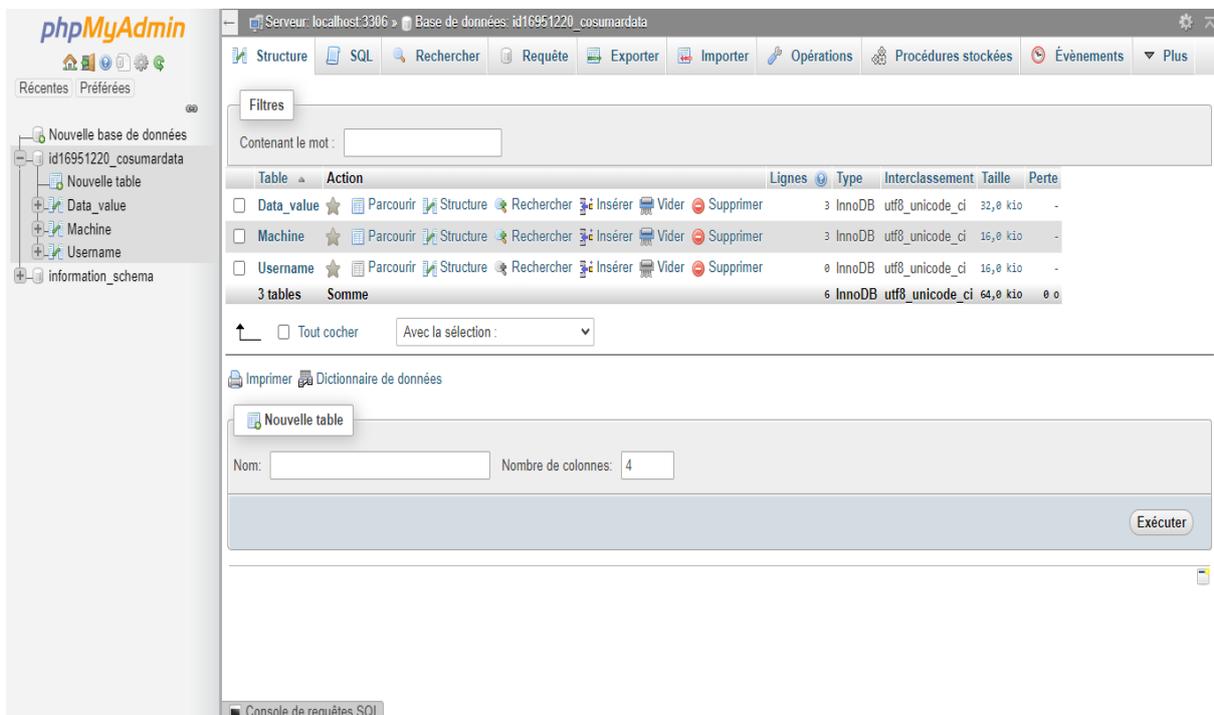


FIGURE 30: LA BASE DE DONNEES

- Phase d’affichage : Retirer les données de la base de données et les afficher dans une interface web sous forme d’un tableau (puissance en temps réel)

04/06/2021 00:00 Envoyer

Temps	Centrifugeuses et transporteurs a sucre	Fardeleuse	Malaxage
2021-06-04 10:00	2000	3000	2500

Powered by 000webhost

FIGURE 31:INTERFACE WEB POUR AFFICHER LES PUISSANCES

## IV. Solution d’optimisation énergétique :

### 1. Au niveau du tapis roulant :

D’après la planification énergétique, on constate que la consommation d’énergie électrique globale (compagne+réseau) en 2020 est 149 036 597 KWH et le cout de cette consommation est 575 541 55 Dh. cette consommation est très élevée par rapport à 2019

Pour trouver l’origine de ce problème, on a fait une tournée dans les stations, on a trouvé que dès le démarrage de la compagne .les tapis roulants au conditionnement sont toujours en marche même s’il n’y a pas de sachets du sucre ceci implique une perte d’énergie. Celui-ci vise à trouver une solution pour optimiser cette énergie.

- Solutions :**

La solution adoptée consiste en :

- L’installation des variateurs de vitesse : diminuer la vitesse des moteurs ;
- L’arrêt et marche du moteur.

La station du conditionnement contient 15 tapis roulants c.-à-d. 15 moteurs triphasés 3KW qui marchent avec une vitesse minimale. Ce qui rend l’installation du variateur de vitesse impossible(on ne peut pas contrôler la vitesse).

**Etude théorique :**

La puissance consommée par 15 moteurs triphasés (la présence et l'absence des sachets du sucre) :

$$3KW * 15 * 24 * 365 = 739125 \text{ KWH}$$

La puissance consommée par 15 moteurs triphasés l'or d'absence des sachets du sucre :

$$3KW * 15 * (10 / 60) * 365 = 2737.5 \text{ KWH}$$

La perte d'énergie = 2737.5 KWH

Le cout de cette perte =  $(2737.5 * 0.69) + 28607.63 = 30\ 496.505 \text{ MAD}$

Il est possible de réduire sensiblement la perte d'énergie dans les tapis roulants . En utilisant un capteur de distance pour la mesure de distance du sachet . Une fois les sachets entrent dans la range 15 cm. Le capteur va envoyer un signal au Pic . Ce dernier va donner l'accès aux leds pour simuler la partie commande du moteur montrant la marche du tapis roulant.

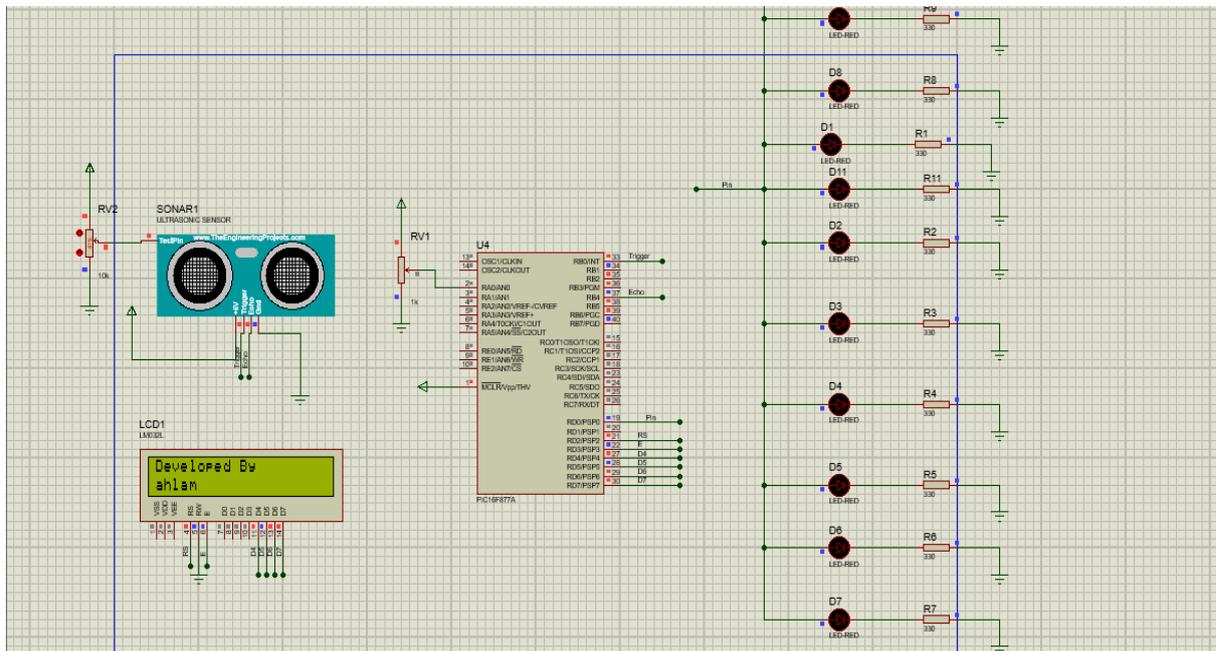


FIGURE 32: LE DEMARRAGE DU TAPIS ROULANTS

Si la distance détectée est out of range, cela va s'afficher sur LCD. Après le capteur, va envoyer un signal au PIC . Ce dernier ne va pas donner l'accès pour le démarrage du moteur.

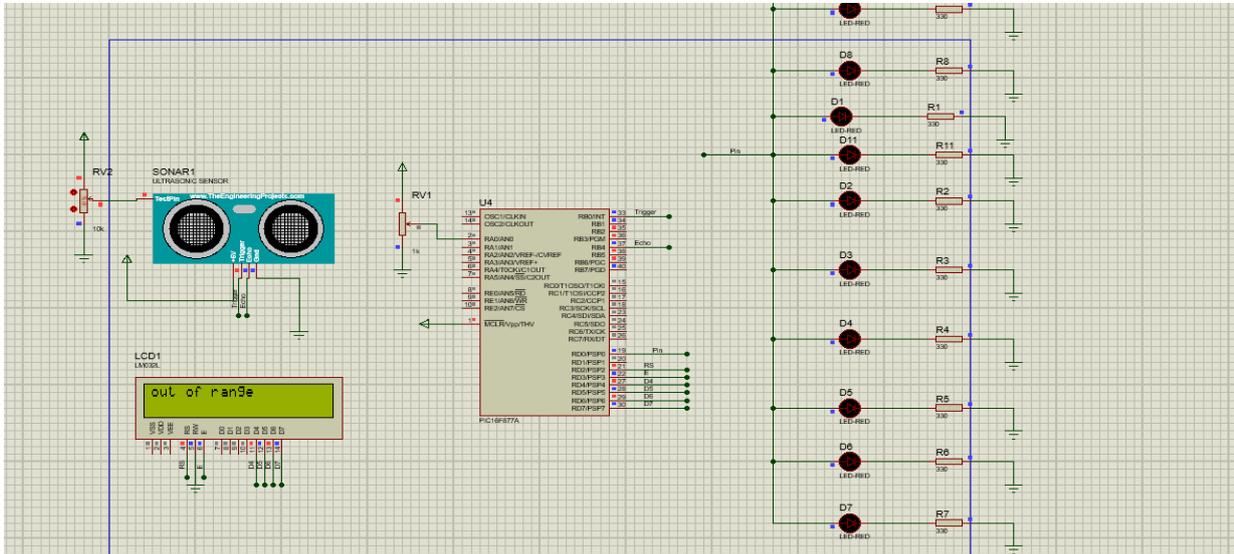


FIGURE 33:LE DEMARRAGE DU TAPIS ROULANTS

## 2. Au niveau des installations d'air comprimé :

### 2.1. Le fonctionnement du compresseur et ses caractéristiques

L'air comprimé est un élément nécessaire très utilisé dans le procès de production de la ligne. Souvent pour mettre en mouvement des vérins, pour souffler de l'air comprimé pour le nettoyage ou encore pour créer du vacuum (vide ou dépression) en utilisant des vérins toujours, l'alimentation En air comprimé est assurée par des compresseurs d'air situé dans la zone offline . la centrale d'air comprimé fonctionne comme suit : les compresseurs aspirent l'air externe, puis, de par les moteurs électriques qui sont connectés aux vices sans fin, ces dernières entrent en rotation pour comprimer l'air dans un premier étage bas pression . Ensuite, l'air est canalisé dans un refroidisseur où l'échange se fait avec l'air externe . Ensuite, l'air comprimé est dirigé vers un autre étage haut

pression avant d'être finalement soufflé vers les sècheurs où il refroidit à 7-9°C et au même temps déshumidifié . Enfin cet air est injecté dans les citernes 1 et 2 qui agissent comme tampon en vue d'alimenter la ligne de production en air comprimé à pression variant entre 7.5 et 6.5 bars.

En vue de garder la pression des citernes dans cet intervalle de pression, les compresseurs sont programmés pour marcher à vide et en charge, c.-à-d. : lorsque la pression dans les citernes atteint

6.5 bars, les compresseurs soufflent l'air comprimé dans dernières jusqu'à ce que la pression y atteigne 7.5 bars (phase fonctionnement en charge). Une fois cette valeur atteinte, les compresseurs soufflent l'air comprimé vers l'extérieur, et non vers les citernes (phase de fonctionnement à vide).

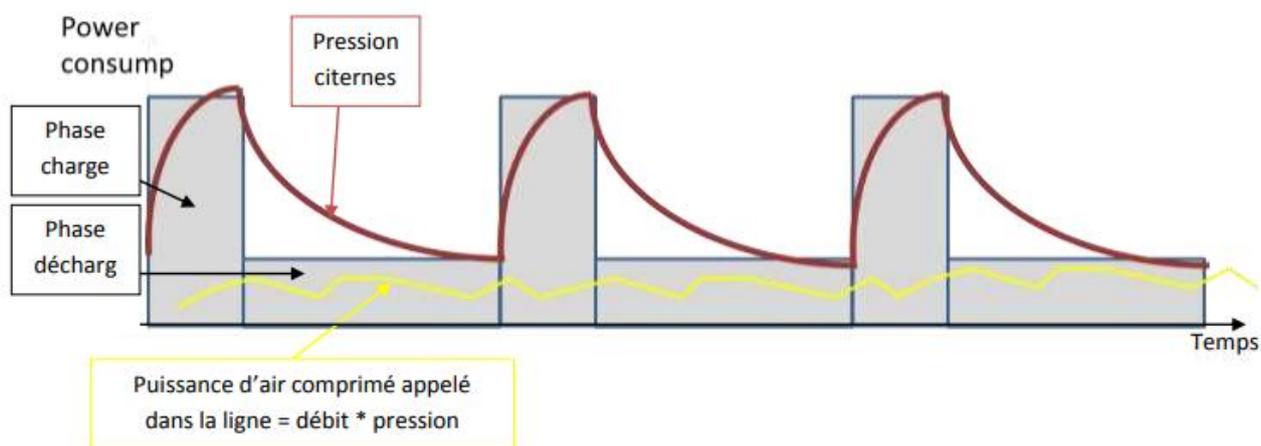


FIGURE 34: LE FONCTIONNEMENT EN CHARGE ET A VIDE DU COMPRESSEUR

Ceci permet une économie énergétique au niveau des moteurs qui tournent « à vide », car le couple Résistant devient quasi nul (la force de pression disparaît) une fois que la ligne de production consomme de l'air comprimé, la pression dans les citernes recommence à baisser, jusqu'à atteindre 6,5 bars, et les compresseurs recommencent à souffler de nouveau dans les citernes.

Compresseur	Type d'utilisation	Durée
GA132	Sollicitation normale (compagne et inter compagne)	24h/24
GA132	En cas de panne	24h d'affilée 3 mois

TABEAU 10: LES TYPES DES COMPRESSEURS

Compresseur	GA132	GA132	Total
Taux de charge	43%	43%	
Débit ( $m^3/min$ )	25.8	25.8	
Puissance consommée	132	132	264

TABEAU 11: LES CARACTERISTIQUES DES COMPRESSEURS

*Les formules :*

$$\text{Taux de charge} = \frac{T}{I} * 100 = \frac{2105}{4861} * 100 = 43,3\%$$

Fonctionnement en charge du compresseur (T)=2105 min

Intervalle de mesure (I)=4861 min

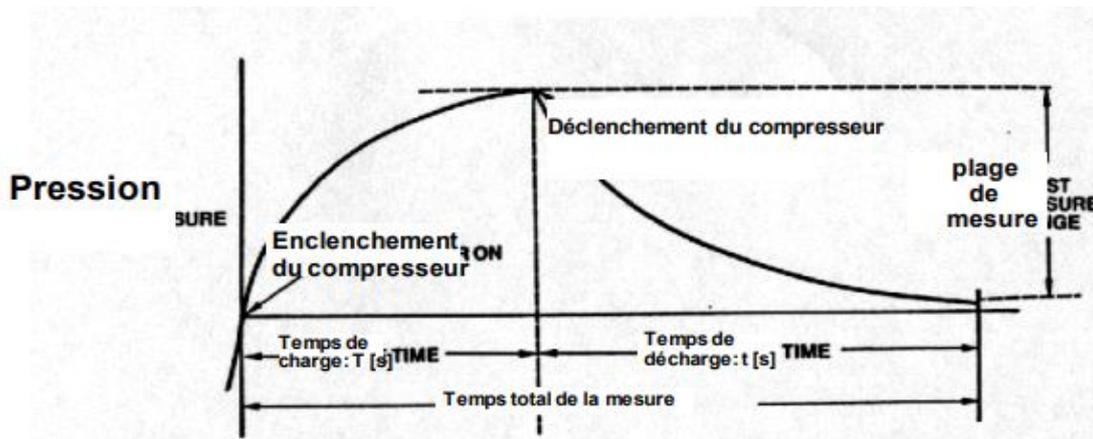


FIGURE 35 : FONCTIONNEMENT DES COMPRESSEURS

## 2.2. Action d'optimisation :

Comme nous pouvons le constater sur la figure, la puissance utile qui est consommée est celle que nous retrouvons pendant la phase de charge, là où les citernes sont remplies. La phase de décharge, ou de fonctionnement à vide, est considérée comme une simple perte, mais qui nécessaire puisque nous ne pouvons ni arrêter ni réduire la vitesse de rotation des moteurs. Le principe du Variateur de vitesse (VSD) consiste à éliminer ces fonctionnements à vide, et « étaler » le fonctionnement en charge uniformément sur tout le temps.

Nous économiserons par ce fait exactement l'énergie consommée vide, avec un impact direct sur la qualité d'alimentation en air comprimé qui en sera améliorée à travers une pression desservie moins fluctuante et plus constante. Ce dernier paramètre est difficile à quantifier, c'est pour cela que nous contenterons de la détermination de la valeur exacte du temps de fonctionnement à vide, ainsi que la consommation existante à ce moment .

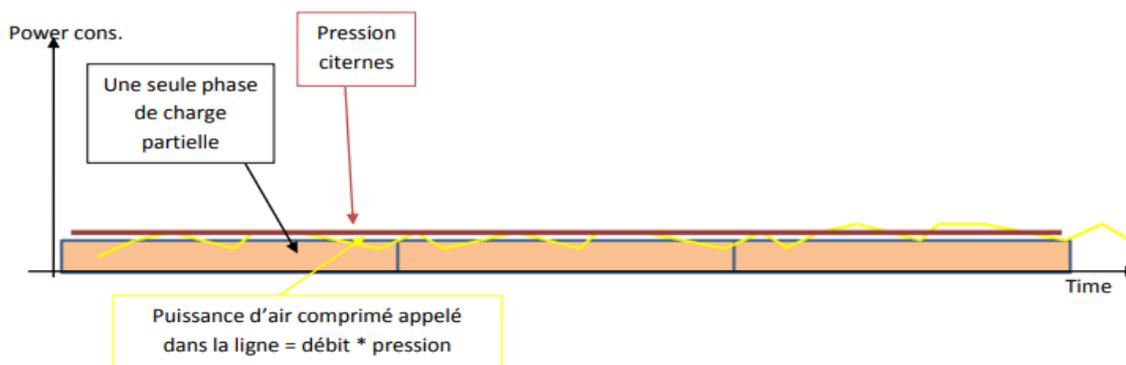


FIGURE 36: FONCTIONNEMENT EN CHARGE DU COMPRESSEUR APRES L'INSTALLATION DU VARIATEUR

Compresseur	AG132	AG132
Débit ( $m^3/min$ )	11.94	11.94
Fonctionnement en charge %	43%	43%
Fonctionnement en vide %	0%	0%
Puissance consommée (kW)	92	92
Énergie annuelle optimisée (Mwh)	350.4	350.4

TABLEAU 12: LES CARACTERISTIQUES DU COMPRESSEUR APRES L'INSTALLATION DU VARIATEUR

**Les formules :**

$$\text{Puissance consommée} = \text{puissance} - (30 * \text{puissance} / 100)$$

$$\text{Débit} = \frac{\text{puissance consommé}}{\text{pression}}$$

## Conclusion générale :

Dans le cadre de mon stage au sein de la société SUNABEL, nous étions amenés à faire une revue énergétique et la proposition d'un plan d'amélioration.

Face à la consommation globale importante de l'usine SUNABEL EL KSAR EL KBIR 149036597KW et face aussi au coût élevé de 575 539 49 Dh, la revue énergétique reste la bonne solution pour réduire cette consommation.

Dans un premier temps nous avons commencé par la planification énergétique, qui représente le cœur du sujet. Elle consiste à présenter l'organisme d'usine, ses activités, son équipe, sa consommation énergétique globale et les usages énergétiques significatifs (thermique, électrique) afin de déterminer les Équipements où on peut optimiser l'énergie. En suite, on a conçu un système de consommation, qui donne la consommation de chaque machine en temps réel et s'affiche dans un site web sous forme des tableaux.

Puis, on a proposé des optimisations énergétiques : la première au niveau des tapis roulants qui consiste en l'arrêt et marche du tapis roulant à l'aide de PROTEUS 8 et MIKRO PRO pour PIC. La deuxième optimisation énergétique au niveau des installations d'air comprimé en installant un variateur de vitesse pour optimiser l'énergie du compresseur surtout en fonctionnement à vide.

En perspective, la prochaine étape consiste à l'implémentation du système de consommation sur le terrain. Ainsi que l'optimisation de consommation des tapis. Pour le compresseur d'air l'implémentation du variateur de vitesse.

Ce projet nous a permis de :

- développer notre connaissance dans le domaine énergétique surtout faire les bilans thermiques et massiques, planification énergétique ;
- D'apprendre à trouver des solutions pour optimiser l'énergie.

---

## Bibliographies

**[1] : Interfacing ESP8266 with PIC16F877A**

<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interfacing-pic-microcontroller-with-esp8266>

**[2] :Norme 50001 : [ISO 50001.F.pdf](#)**

**[3] : Norme 50001 : [Livre blanc ISO50001.pdf](#)**

**[4] : NF EEN ISO 50001 : [Norme ISO 50001 version 2018.pdf](#)**

**[5] : cours compresseur : [Economie d'énergie Sur les Installations d'air Comprimé.pdf](#)**

### Annexes

- le tableau de la part de la consommation

part de consommation	Notation
$P < 5\%$	1
$5\% \leq P < 10\%$	2
$10\% \leq P < 15\%$	3
$15\% \leq P \leq 20\%$	4
$P > 20\%$	5

TABEAU 13:PART DE CONSOMMATION

- le tableau de la marge d'efficacité

marge d'efficacité	notation
$R < 1\%$	1
$1\% \leq R < 2\%$	2
$2\% \leq R < 3\%$	3
$3\% \leq R < 4\%$	4
$R \geq 4\%$	5

TABEAU 14:MARGE D'EFFICACITE

- le tableau Matrice de notation

score = %la part de consommation × Marge d'efficacité

le tableau montre la manière du classement des usages énergétique

Matrice de notation							
	Note		Part de consommation				
			P < 5%	5% ≤ P < 10%	10% ≤ P < 15%	15% ≤ P ≤ 20%	P > 20%
			1	2	3	4	5
Marge d'efficacité	$0\% \leq R < 1\%$	1	1	2	3	4	5
	$1\% \leq R < 2\%$	2	2	4	6	8	10
	$2\% \leq R < 3\%$	3	3	6	9	12	15
	$3\% \leq R < 4\%$	4	4	8	12	16	20
	$R \geq 4\%$	5	5	10	15	20	25

TABEAU 15:MATRICE DE NOTATION

Semaine	2019					Semaine	2020				
	Consommations	Coût en MAD					Consommations	Coût en MAD			
	MWh	Consommations	Autres	Total	MAD/kWh		MWh	Consommations	Autres	Total	MAD/kWh
	Coût Dhs/kWh	0,69	Facture				Coût Dhs/kWh	0,69	Facture		
1	260	179,19	6 675,11	6 854,31	26,39317	1	401	276,88	6 675,11	6 951,99	17,32497
2	268	185,22	6 675,11	6 860,34	25,55631	2	403	278,38	6 675,11	6 953,49	17,23508
3	279	192,34	6 675,11	6 867,45	24,63659	3	392	270,41	6 675,11	6 945,52	17,72269
4	302	208,10	6 675,11	6 883,22	22,82234	4	369	254,35	6 675,11	6 929,46	18,79839
5	292	201,78	6 675,11	6 876,89	23,51636	5	358	247,02	6 675,11	6 922,13	19,33557
6	430	297,00	6 675,11	6 972,12	16,19765	6	399	275,55	6 675,11	6 950,66	17,40494
7	467	322,05	6 675,11	6 997,16	14,99157	7	358	246,99	6 675,11	6 922,10	19,33817
8	379	261,81	6 675,11	6 936,93	18,28201	8	370	255,49	6 675,11	6 930,60	18,71735
9	379	261,30	6 675,11	6 936,42	18,31639	9	338	233,56	6 675,11	6 908,67	20,41027
10	383	264,22	6 675,11	6 939,33	18,12168	10	329	227,18	6 675,11	6 902,30	20,96369
11	0	0,00	6 675,11	6 675,11	#DIV/0!	11	326	224,60	6 675,11	6 899,71	21,19726
12	0	0,00	6 675,11	6 675,11	#DIV/0!	12	249	171,81	6 675,11	6 846,92	27,49768
13	0	0,00	6675,11312	6675,11312	#DIV/0!	13	366	252,5607	6675,11312	6927,67382	18,9265192
14	0	0,00	6675,11312	6675,11312	#DIV/0!	14	310	213,555	6675,11312	6888,66812	22,2574091
15	0	0,00	6675,11312	6675,11312	#DIV/0!	15	392	270,618	6675,11312	6945,73112	17,7096663
16	0	0,00	6675,11312	6675,11312	#DIV/0!	16	249	171,81	6675,11312	6846,92312	27,4976832
TOTAL	3 439	2 373	80 101	82 474	23,98090		5 610	3 871	106 802	110 673	302,35927

TABLEAU 16: LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DANS LES TURBOS

SEMAINE	2020		Coût en MAD			
	Consommations		Consommations	Autres	Total	MAD/kWh
	Tonne	kWh PCI				
	PCI (kWh/tonne)	11180	11146,66667			
1	209	2 336 620	819 907,00		819 907,00	0,35089
2	166	1 855 880	651 218,00		651 218,00	0,35089
3	207	2 314 260	812 061,00		812 061,00	0,35089
4	261	2 917 980	1 023 903,00		1 023 903,00	0,35089
5	285	3 186 300	1 118 055,00		1 118 055,00	0,35089
6	245	2 739 100	961 135,00		961 135,00	0,35089
7	287	3 208 660	1 125 901,00		1 125 901,00	0,35089
8	303	3 387 540	1 188 669,00		1 188 669,00	0,35089
9	298	3 331 640	1 169 054,00		1 169 054,00	0,35089
10	310	3 465 800	1 216 130,00		1 216 130,00	0,35089
11	284	3 175 120	1 114 132,00		1 114 132,00	0,35089
12	278	3 108 040	1 090 594,00		1 090 594,00	0,35089
<b>Total</b>	<b>3 133</b>	<b>35 026 940</b>	<b>12 290 759</b>	<b>0</b>	<b>12 290 759</b>	<b>0,351</b>

TABLEAU 17: LA CONSOMMATION DU FUEL SECHERIE 2018-2019

2018						SEMAINE	2019					
Consommations		Coût en MAD					Consommations		Coût en MAD			
	kWh	Consommations	Autres	Total	MAD/kWh		Tonne	kWh PCI	Consommations	Autres	Total	MAD/kWh
PCI (kWh/tonne)	11180	11146,6667					PCI (kWh/tonne)	11180	11146,6667			
186,00	2 079 480	729 678,00		729 678,00	0,35089	1	236		925 828,00		925 828,00	#DIV/0!
224,00	2 504 320	878 752,00		878 752,00	0,35089	2	366	4 091 880	1 435 818,00		1 435 818,00	0,35089
365,00	4 080 700	1 431 895,00		1 431 895,00	0,35089	3	308	3 443 440	1 208 284,00		1 208 284,00	0,35089
374,00	4 181 320	1 467 202,00		1 467 202,00	0,35089	4	365	4 080 700	1 431 895,00		1 431 895,00	0,35089
355,00	3 968 900	1 392 665,00		1 392 665,00	0,35089	5	359	4 013 620	1 408 357,00		1 408 357,00	0,35089
408,00	4 561 440	1 600 584,00		1 600 584,00	0,35089	6	339	3 790 020	1 329 897,00		1 329 897,00	0,35089
387,00	4 326 660	1 518 201,00		1 518 201,00	0,35089	7	346	3 868 280	1 357 358,00		1 357 358,00	0,35089
417,00	4 662 060	1 635 891,00		1 635 891,00	0,35089	8	359	4 013 620	1 408 357,00		1 408 357,00	0,35089
				0,00	#DIV/0!	9	298	3 331 640	1 169 054,00		1 169 054,00	0,35089
				0,00	#DIV/0!	10	310	3 465 800	1 216 130,00		1 216 130,00	0,35089
				0,00	#DIV/0!	11	0	0	0,00		0,00	#DIV/0!
				0,00	#DIV/0!	12	0	0	0,00		0,00	#DIV/0!
<b>2 716</b>	<b>30 364 880</b>	<b>10 654 868</b>	<b>0</b>	<b>10 654 868</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>Total</b>	<b>3 286</b>	<b>34 099 000</b>	<b>12 890 978</b>	<b>0</b>	<b>12 890 978</b>	<b>#DIV/0!</b>

TABLEAU 18: LA CONSOMMATION DU FUEL SECHERIE 2020

SEMAINE	2018						SEMAINE	2019					
	Consommations		Coût en MAD					Consommations		Coût en MAD			
	Tonne	kWh	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh	Tonne	kWh PCI	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh	
	PCI (kWh/tonne)	7900					PCI (kWh/tonne)	7900					
1	105	829 500	296 940,00		296 940,00	1	107	845 300	302 596,00		302 596,00	0,35797	
2	85	671 500	240 380,00		240 380,00	2	102	805 800	288 456,00		288 456,00	0,35797	
3	79	624 100	223 412,00		223 412,00	3	110	869 000	311 080,00		311 080,00	0,35797	
4	90	711 000	254 520,00		254 520,00	4	109	861 100	308 252,00		308 252,00	0,35797	
5	83	655 700	234 724,00		234 724,00	5	102	805 800	288 456,00		288 456,00	0,35797	
6	89	703 100	251 692,00		251 692,00	6	103	813 700	291 284,00		291 284,00	0,35797	
7	92	726 800	260 176,00		260 176,00	7	96	758 400	271 488,00		271 488,00	0,35797	
8	99	782 100	279 972,00		279 972,00	8	123	971 700	347 844,00		347 844,00	0,35797	
9						9	110	869 316	311 193,12		311 193,12	0,35797	
10						10	126	998 054	357 278,21		357 278,21	0,35797	
11						11	0	0	0,00		0,00	#DIV/0!	
12						12	0	0	0,00		0,00	#DIV/0!	
<b>Total</b>	<b>722</b>	<b>5 703 800</b>	<b>1 825 816</b>		<b>20 418 116</b>	<b>Total</b>	<b>1 088</b>	<b>8 598 170</b>	<b>3 077 927</b>	<b>0</b>	<b>3 077 927</b>	<b>#DIV/0!</b>	

TABLEAU 19: LA CONSOMMATION DU FUEL CHAUFFERIE 2019-2020

SEMAINE	2020					
Consommations			Coût en MAD			
	Tonne	kWh PCI	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh
	PCI (kWh/tonne)	7900				
1	216	1 708 296	611 526,72		611 526,72	0,35797
2	107	841 445	301 215,94		301 215,94	0,35797
3	85	671 310	240 312,13		240 312,13	0,35797
4	107	846 754	303 116,35		303 116,35	0,35797
5	97	769 776	275 560,32		275 560,32	0,35797
6	106	838 790	300 265,73		300 265,73	0,35797
7	121	952 930	341 124,67		341 124,67	0,35797
8	119	938 330	335 898,53		335 898,53	0,35797
9	110	869 316	311 193,12		311 193,12	0,35797
10	126	998 054	357 278,21		357 278,21	0,35797
11	125	990 091	354 427,58		354 427,58	0,35797
12	124	976 819	349 676,54		349 676,54	0,35797
<b>Total</b>	<b>1 443</b>	<b>11 401 912</b>	<b>4 081 596</b>	<b>0</b>	<b>4 081 596</b>	<b>0,358</b>

TABLEAU 20: LA CONSOMMATION DU COKE 2018-2019

Semaine	2019					Semaine	2020				
	Consommation	Coût en MAD					Consommation	Coût en MAD			
	kWh	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh		kWh	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh
	Coût Dhs/kWh	0,69	Facture				Coût Dhs/kWh	0,69	Facture		
1	642 000	442 980,00	6 675,11	449 655,11	0,70040	1	590 943	407 750,67	6 675,11	414 425,78	0,70130
2	810 000	558 900,00	6 675,11	565 575,11	0,69824	2	721 003	497 492,07	6 675,11	504 167,18	0,69926
3	898 000	619 620,00	6 675,11	626 295,11	0,69743	3	560 984	387 078,96	6 675,11	393 754,07	0,70190
4	821 000	566 490,00	6 675,11	573 165,11	0,69813	4	718 696	495 900,24	6 675,11	502 575,35	0,69929
5	836 000	576 840,00	6 675,11	583 515,11	0,69798	5	732 215	505 228,35	6 675,11	511 903,46	0,69912
6	823 000	567 870,00	6 675,11	574 545,11	0,69811	6	666 898	460 159,62	6 675,11	466 834,73	0,70001
7	825 000	569 250,00	6 675,11	575 925,11	0,69809	7	769 157	530 718,33	6 675,11	537 393,44	0,69868
8	941 000	649 290,00	6 675,11	655 965,11	0,69709	8	798 030	550 640,70	6 675,11	557 315,81	0,69836
9	811 089	559 651,41	6 675,11	566 326,52	0,69823	9	811 089	559 651,41	6 675,11	566 326,52	0,69823
10	811 018	559 602,42	6 675,11	566 277,53	0,69823	10	811 018	559 602,42	6 675,11	566 277,53	0,69823
11	0	0,00	6 675,11	6 675,11	#DIV/0!	11	687 555	474 412,95	6 675,11	481 088,06	0,69971
12	0	0,00	2 860,76	2 860,76	#DIV/0!	12	787 345	543 268,05	2 860,76	546 128,81	0,69363
TOTAL	8 218 107	5 670 494	76 287	5 746 781	0,69928	TOTAL	8 654 933	5 971 904	76 287	6 048 191	0,69881

TABLEAU 21: LA CONSOMMATION DU COKE 2020

SEMAINE	2019						SEMAINE	2020					
	Consommations		Coût en MAD					Consommations		Coût en MAD			
	Tonne	kWh PCI	Consommations	Autres	Total	MAD/kWh		Tonne	kWh PCI	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh
	PCI (kWh/tonne)	11180					PCI (kWh/tonne)	11180					
1	642	7 177 560	2 518 566,00		2 518 566,00	0,35089	1	708	7 917 676	2 778 268,60		2 778 268,60	0,35089
2	810	9 055 800	3 177 630,00		3 177 630,00	0,35089	2	776	8 675 680	3 044 248,00		3 044 248,00	0,35089
3	898	10 039 640	3 522 854,00		3 522 854,00	0,35089	3	644	7 199 920	2 526 412,00		2 526 412,00	0,35089
4	821	9 178 780	3 220 783,00		3 220 783,00	0,35089	4	742	8 295 560	2 910 866,00		2 910 866,00	0,35089
5	836	9 346 480	3 279 628,00		3 279 628,00	0,35089	5	744	8 317 920	2 918 712,00		2 918 712,00	0,35089
6	823	9 201 140	3 228 629,00		3 228 629,00	0,35089	6	778	8 698 040	3 052 094,00		3 052 094,00	0,35089
7	825	9 223 500	3 236 475,00		3 236 475,00	0,35089	7	791	8 843 380	3 103 093,00		3 103 093,00	0,35089
8	941	10 520 380	3 691 543,00		3 691 543,00	0,35089	8	907	10 140 260	3 558 161,00		3 558 161,00	0,35089
9	837	9 362 143	3 285 124,12		3 285 124,12	0,35089	9	796	8 899 280	3 122 708,00		3 122 708,00	0,35089
10	821	9 179 954	3 221 194,92		3 221 194,92	0,35089	10	823	9 201 140	3 228 629,00		3 228 629,00	0,35089
11	0	0	0,00		0,00	#DIV/0!	11	809	9 044 620	3 173 707,00		3 173 707,00	0,35089
12	0	0	0,00		0,00	#DIV/0!	12	800	8 944 000	3 138 400,00		3 138 400,00	0,35089
<b>Total</b>	<b>8 255</b>	<b>92 285 377</b>	<b>32 382 427</b>	<b>0</b>	<b>32 382 427</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>Total</b>	<b>9 318</b>	<b>104 177 476</b>	<b>36 555 299</b>	<b>0</b>	<b>36 555 299</b>	<b>0,351</b>

TABLEAU 22: LA CONSOMMATION DU RESEAU COMPAGNE 2019-2020

mois	2019					mois	2020				
	Consommation	Coût en MAD					Consommation	Coût en MAD			
	kWh	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh		kWh	Consommation	Autres	Total	MAD/kWh
	Cout Dhs/kWh	0,69	Facture			Cout Dhs/kWh	0,69	Facture			
jan.	194 398	134 134,62	29 422,14	163 556,76	0,84135	jan.	204 436	141 060,84	29 422,14	170 482,98	0,83392
fevr.	169 164	116 723,16	26 978,61	143 701,77	0,84948	fevr.	132 977	91 754,13	26 978,61	118 732,74	0,89288
mars	153 608	105 989,52	29 422,14	135 411,66	0,88154	mars	147 206	101 572,14	29 422,14	130 994,28	0,88987
avr.	86 939	59 987,91		59 987,91	0,69000	avr.	137 853	95 118,57		95 118,57	0,69000
mai	714 172	492 778,68	29 422,14	522 200,82	0,73120	mai	53 999	37 259,31	29 422,14	66 681,45	1,23486
juin	720 808	497 357,52	28 607,63	525 965,15	0,72969	juin	6 660	4 595,40	28 607,63	33 203,03	4,98544
juil.	792 077	546 533,13	29 422,14	575 955,27	0,72715	juil.	6 662	4 596,78	29 422,14	34 018,92	5,10641
août	961 131	663 180,39	29 422,14	692 602,53	0,72061	août	122 698	84 661,62	29 422,14	114 083,76	0,92979
sept.	160 308	110 612,52	28 607,63	139 220,15	0,86845	sept.	127 434	87 929,46	28 607,63	116 537,09	0,91449
oct.	1 289 037	889 435,53	29 422,14	918 857,67	0,71282	oct.	159 280	109 903,20	29 422,14	139 325,34	0,87472
nov.	1 458 753	1 006 539,57	28 607,63	1 035 147,20	0,70961	nov.	173 856	119 960,64	28 607,63	148 568,27	0,85455
déc.	1 675 129	1 155 839,01	29 422,14	1 185 261,15	0,70756	déc.	189 055	130 447,95	29 422,14	159 870,09	0,84563
<b>TOTAL</b>	<b>8 375 524</b>	<b>5 779 112</b>	<b>318 756</b>	<b>6 097 868</b>	<b>0,72806</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1 462 116</b>	<b>1 008 860</b>	<b>318 756</b>	<b>1 327 616</b>	<b>0,90801</b>

TABLEAU 23: LA CONSOMMATION DU RESEAU TOTAL 2019-2020

ANNEE	2019					ANNEE	2020				
	consommation	Coût en MAD					consommation	Coût en MAD			
	kWh	consommation	Autres	Total	MAD/kWh		kWh	Consommations	Autres	Total	MAD/kWh
1	12 740 940	3 988 593	0	3 988 593	0,31305	1	12 553 535	3 389 795	0	3 389 795	0,27003
2	14 115 040	4 815 626	0	4 815 626	0,34117	2	12 574 748	3 345 464	0	3 345 464	0,26605
3	15 887 340	1 808 581	0	1 808 581	0,11384	3	10 746 474	3 345 464	0	3 345 464	0,31131
4	14 941 580	4 782 449	0	4 782 449	0,32008	4	12 778 990	2 766 724	0	2 766 724	0,21651
5	14 778 300	4 912 556	0	4 912 556	0,33242	5	13 006 211	3 194 272	0	3 194 272	0,24560
6	14 450 990	4 842 620	0	4 842 620	0,33511	6	12 942 828	3 352 360	0	3 352 360	0,25901
7	14 564 770	4 493 832	0	4 493 832	0,30854	7	10 886 127	3 444 218	0	3 444 218	0,31639
8	15 473 010	4 966 728	0	4 966 728	0,32099	8	15 264 160	3 433 901	0	3 433 901	0,22496
9	14 256 910	4 945 401	0	4 945 401	0,34688	9	13 911 325	3 585 907	0	3 585 907	0,25777
10	13 800 223	4 738 345	0	4 738 345	0,34335	10	14 476 012	3 585 802	0	3 585 802	0,24771
11	0	4 977 630	0	4 977 630	#DIV/0!	11	13 897 386	3 528 135	0	3 528 135	0,25387
12	0	2 183 721	0	2 183 721	#DIV/0!	12	13 816 204	3 488 077	0	3 488 077	0,25246
<b>Total</b>	<b>145 009 104</b>	<b>51 456 081</b>	<b>0</b>	<b>51 456 081</b>	<b>#DIV/0!</b>	<b>Total</b>	<b>156 854 000</b>	<b>40 460 119</b>	<b>0</b>	<b>40 460 119</b>	<b>0,26014</b>

TABLEAU 24: LA CONSOMMATION DU TOTAL COMPAGNE TOTAL2019-2020

### Consommations globales année (campagne + Réseau)

ANNEE	2019					2020					2021				
	consommation	Coût en MAD				consommation	Coût en MAD				consommation	Coût en MAD			
	kWh	consommation	Autres	Total	MAD/kWh	kWh	consommation	Autres	Total	MAD/kWh	kWh	consommation	Autres	Total	MAD/kWh
<b>Total</b>	<b>145 009 104</b>	<b>57 235 193</b>	<b>318 756</b>	<b>57 553 949</b>	<b>0,397</b>	<b>149 036 597</b>	<b>57 235 193</b>	<b>318 756</b>	<b>57 553 949</b>	<b>0,386</b>	<b>#REF!</b>	<b>#REF!</b>	<b>#REF!</b>	<b>#REF!</b>	<b>#REF!</b>

TABLEAU 25: LA CONSOMMATION DU GLOBALES TOTAL2019-2020