



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Électromécanique

Électromécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :
MOUSSI Abd Elhafid

Le : mardi 9 juillet 2019

Efficacité énergétique de la tarification cas de «SARL EL BARAKA »

Jury :

Pr.	Bouziane Mohamed Tewfik	Pr	Université de biskra	Encadreur
Pr.	Zouzou Salah Eddine	Pr	Université de biskra	Président
Dr.	Laiadi Adel	MCA	Université de biskra	Examineur

Année universitaire : 2018 - 2019



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Électromécanique
Électromécanique

Présenté et soutenu par :
MOUSSI Abd Elhafid

Le : mardi 9 juillet 2019

Effacité énergétique de la tarification cas de «SARL EL BARAKA »

Présenté par :
MOUSSI Abd Elhafid

Avis favorable de l'encadreur :
Pr. Bouziane Mohamed Tewfik

Avis favorable du Président du Jury

Cachet et signature

Résumé

ملخص

موضوع دراستنا يتبع إرشادات إدارة الجامعة، والتي تعزز التقارب بين الجامعة والقطاع الاقتصادي. في هذا السياق، فإن الموضوع المختار هو: تحسين فواتير الطاقة الكهربائية عن طريق تعويض الطاقة التفاعلية. كخطوة أولى، قمنا بجمع معلومات حول استهلاك الطاقة الكهربائية، ثم شرعنا في إنشاء توازن طاقة يسمح باستهداف الرواسب المحتملة لتوفير الطاقة، ثم حلول كفاءة الطاقة.

Résumé

Le thème de notre étude suit les directives de l'administration de l'université, qui favorise le rapprochement de l'université au secteur utilisateur.

Dans ce cadre le thème choisi est : **Amélioration de la facturation de l'énergie électrique par compensation de l'énergie réactive.**

Dans un premier temps, nous avons fait une collecte d'informations sur les consommations d'énergie électrique. ensuite, nous avons procédé à l'établissement d'un bilan de puissance permettant de cibler les gisements potentiels d'économie d'énergie. Puis, des solutions d'efficacité énergétique.

Remerciements

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Tout d'abord ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de **M^{er} BOUZIAN M^{ed} Tewfik**. Je la remercie profondément pour la qualité de son encadrement exceptionnel.*

Mes remerciements s'adressent aussi à tous mes professeurs pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

En fin, je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

On remercie Je tiens à dédier ce mémoire :

A mes très chères parents, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A toute ma famille.

A mes chers Amis.

A tous mes ami(e)s.

Et à tous ceux qui me sont chers.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Situation géographique d'un MINOTERIE EL BARAKA	3
Figure I.2 : Organigramme générale de SARL minoteries EL BARAKA	4
Figure I.3 : les produits du Groupe el baraka.....	5
Figure I.4 : Schéma du processus de fabrication de la semoule.....	6
Figure I.5 : le purificateur vibreur.....	7
Figure I.6 : les broyeurs cylindriques.....	8

Chapitre II

Figure II.1 : Structure du réseau national.....	11
---	----

Chapitre III

Figure III.1 : compensation globale	20
Figure III.2 : compensation partielle.....	21
Figure III.3 : Compensation individuelle.....	21
Figure III. 4 : La compensation énergie réactive	23
Figure III. 5 : Schéma de principe de la compensation.....	25

Chapitre IV

Figure IV.1. : Tarification de la consommation d'énergie l'année 2018.....	38
Figure IV.2 : l'évolution de la puissance maximale atteinte en 2018.....	39
Figure IV.3 : Représentation de la consommation de l'énergie.....	41
Figure IV.4 : Consommation de l'énergie active et réactive	43
Figure IV.5 : Courbe de puissance réactive par logiciel saturne MINETERIE EL BARAKA .	44
Figure IV.6 : Courbe de puissance active par logiciel saturne.....	45
Figure IV.7 : courbe représenté variation facteur de puissance	46
Figure IV.8 : Courbe de variation de la fréquence.....	47

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1: Valeurs normalisées de la PMD (en KW)	13
Tableau II.2 : Périodes tarifaires	14
Tableau II.3 : PRESENTATION DES TARIFS ET LEUR PRIX (2016).....	14

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Récapitulatif des factures de l'année 2018	31
Tableau IV.2 : Taux de consommation d'énergie active et réactive pour le tarif 42 Du mois d'octobre 2018.....	32
Tableau IV.3 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 42.	33
Tableau IV.4 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 41.	34
Tableau IV.5 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 43.	35
Tableau IV.6 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 44.	36
Tableau IV.7 : les couts mensuels de tarifs pendant une année 2018	37
Tableau IV.8 : La consommation de l'énergie durant l'année 2018.....	40
Tableau IV .10 : Types de compensation de l'énergie réactifs	49

Liste des symboles

<u>Symboles</u>	<u>Significations</u>
SARL	: Société à responsabilité limitée
SDC	: Société de Distribution du Centre
SBEE	: Société Béninoise d'Énergie Électrique
SNG	: Sonlgaze
CREG	: Commission de Régulation de l'Électricité et Gaz
TVA	: Taxe sur Valeur Ajoutée
DA	: Dinars Algériens
cDA	: Centime/dinars/Algériens
P	: Puissance active
S	: Puissance apparent avant la compensation
S'	: Puissance apparent après la compensation
U	: Tension composé
V	: Tension simple
T	: Temps
KW	: Kilo Watt
KWh	: Kilo Watt Heure
KVA	: Kilovolt Ampère
KVA _r	: Kilovolts Ampère Réactive
KVA _r h	: Kilovolt Ampère Réactive Heure
PMD	: Puissance mise à disposition
PMA	: Puissance maximale absorbée
φ	: Déphasage sans compensation
φ'	: Déphasage avec compensation
HTA	: Haute tension catégorie A
Q	: La puissance réactive avant la compensation
Q'	: La puissance réactive après la compensation
Q _c	: La puissance réactive de compensation
C	: Capacité
Cos φ	: Facteur de puissance avant la compensation
Cos φ'	: Facteur de puissance après la compensation

Sommaire

Chapitre I . Présentation de l'Entreprise de MINOTERIE AL BARAKA

Introduction générale	1
I.1. Présentation de l'entreprise.....	3
I.2. Organigramme générale de SARL MINOTERIE EL BARAKA	4
I.3. Gamme de production de la farine de SARL MINOTERIE EL BARAKA	5
I.4. Processus de préparation de la farine de blé	5
I.5. Les étapes les plus importantes du procédé de mouture du blé	7
I.5.1. Pré nettoyage	7
I.5.1.1. Purification	7
I.5.1.2. Tri visuel des impuretés.....	7
I.5.2. Nettoyage	7
I.5.2.1. Mouillage de blé.....	7
I.5.2.2. Décorticage de la graine	8
I.5.3. Broyage de la graine.....	8
I.5.3.1. Sassage et claquage	8
I.5.3.2. Convertissage finale	9
I.5.4. Conditionnement du produit fini	9
I.5.4.1. Ensachage de produite de 1kg, 2 et 5 kg	9
I.5.4.2. Ensachage de produite de 10, 25 et 50 kg	9

Chapitre II . Système tarifaire Sonelgaz

II.1. Introduction	10
II.2. Le système tarifaire en Algérie.....	10
II.3. Tarification de l'énergie électrique.....	11
II.3.1. Structure générale des tarifs.....	12
II.3.1.1. Redevance fixe	12
II.3.1.2. Puissance mise à disposition	12
II.3.1.3. Puissance maximale absorbée	13
II.3.2. répartition de la clientèle par niveau de tension.....	15

II.3.2.1. La clientèle de la basse tension (BT)	15
II.3.2.2. La clientèle de la moyenne tension (MT).....	15
II.3.2.3. La clientèle de la haute tension (HT)	15
II.4. Formule tarifaire générale	15
II.5. Conclusion	17

Chapitre III . Compensation de l'énergie réactive

III.1.Introduction	18
III.2. Condensateur ou batterie de compensation.....	18
III.3. Principe de la compensation.....	19
III.4. Matériel et mode de compensation d'énergie réactive.....	19
III 4.1. Modes de compensation	20
III.5. Puissance et intensité.....	22
III.5.1. Puissance électrique	22
III.5.2. Technique de compensation selon destination	22
III.5.3. Point de vue du client	22
III.6. Le facteur de puissance est la proportion de puissance active dans la puissance apparente	24
III.7. Comment améliorer le $\cos \varphi$	24
III.8. Moyens de compensation	25
III.9. Calcul des valeurs de capacités des condensateurs en triphasé	26
III.10. Types de compensation	26
III.10.1. Batteries de condensateurs fixes.....	27
III.10.2. Batteries de condensateurs automatiques	27
III.11.Conclusion	28

Chapitre IV. Analyse des factures et compensation de l'énergie électrique

IV.1. Introduction	29
IV.2. Etude de la consommation électrique	29
IV.2.1. Réduction de la facture d'électricité	31
IV.2.1.1. Choix de la tarification optimale	31
IV.2.1.2. Analyse de la puissance mise à disposition de l'année 2018.....	37
IV.3. Analyse de la consommation de l'énergie active et réactive.....	38

IV.4. Dimensionnement de la batterie de compensation	42
IV.5. Comportement en puissance et en courant du réseau de l'usine.....	43
IV.6. Etude et choix du dispositif de compensation.....	46
IV.6.1. Calcul de la puissance de compensation	46
IV.6.2. Vérification du type de compensation	48
IV.7. Conclusion	49
Conclusion générale	50

Introduction générale

Le thème de notre étude suit les directives de l'administration de l'université, qui favorise le rapprochement de l'université au secteur utilisateur.

Dans ce cadre le thème choisi est : **Amélioration de la facturation de l'énergie électrique par compensation de l'énergie réactive.**

Il s'agit d'audit de "Qualité de l'énergie" ; de mettre en évidence l'efficacité économique, de satisfaire la demande en électricité de l'usine au moindre coût en optimisant la facture, et de dimensionner la compensation d'énergie réactive.

Le contrat de fourniture de l'électricité est cosigné par la SARL MINOTERIE AL-BARAKA et la Direction de Distribution avant la mise en service du poste de livraison. Le contrat de fourniture est valable pour une durée de 5 ans à partir de sa date d'entrée en vigueur.

Le client supporte les pertes d'énergie dont il est responsable dans les transformateurs et sur la ligne de raccordement. Ces pertes seront estimées forfaitairement et figureront dans le contrat de fourniture d'électricité si le compteur est installé en aval des transformateurs.

C'est une forme particulière de puissance mise en jeu par un réseau ou une installation possédant une capacité, elle est transformée par les machines électriques pour créer leurs propres champs électromagnétiques.

L'objectif de notre présente étude est **d'optimiser l'utilisation de l'énergie électrique dans la SARL MINOTERIE AL-BARAKA pour minimiser les coûts de fonctionnement.** Le présent travail a trois centres d'intérêt, à savoir : intérêt personnel, intérêt académique et scientifique ainsi que l'intérêt économique. Pour cela nous subdivisons notre présente étude en deux parties distinctes, une purement théorique et l'autre pratique comportant des applications et des mesures in situ.

La première partie comporte trois chapitres, le premier chapitre est une présentation, de la SARL MINOTERIE AL-BARAKA, sa structure générale et toutes les étapes de production d'eau minérale. Le second chapitre traite la tarification de l'énergie électrique et les objectifs assignés au système tarifaire en vue d'orienter le choix des consommateurs, en concordance avec les options nationales en matière de développement et de politique énergétique en incitant à la minimisation des coûts et à l'efficacité énergétique. Le troisième et dernier chapitre de la première partie est consacré à la notion de la puissance réactive, de son aspect physique et sa formulation mathématique.

En outre, afin d'améliorer les performances on s'est appelé à améliorer le facteur de puissance.

La seconde partie de l'étude est la partie importante de notre étude, elle a nécessité des mesures in situ, des calculs de factures pour les différents tarifs en vue de choisir la facture la plus appropriée, et une synthèse sur l'historique de la consommation de tous les points obtenus par le logiciel de gestion numérique de la SDC Saturne.

Concernant la démarche méthodologique nous avons appliqué les diverses techniques et méthodes. A propos des techniques nous avons eu recours aux techniques : documentaire, d'échantillonnage, du questionnaire et d'entretien. Pour ce qui est des méthodes, celles que nous avons utilisées sont : comparative, analytique et statistique.

Notre étude est terminée par une conclusion générale.

Chapitre I

**Présentation de l'Entreprise
de MINOTERIE
EL BARAKA**

I.1.Présentation de l'entreprise

La minoterie EL BARAKA, crée en 2001, dont le directeur général, sont ZRIBI FRADI. Son siège social est Rue 83.

C'est une entreprise, SARL où se pratique la transformation des céréales en farines et semoules dont l'effectifs personnel est de 20, elle comporte deux bâtiments, un pour la semoulerie et l'autre pour la farine, chaque bâtiment est composé de 5 ou 6 étages selon une installation très compliquée, et chaque étage est divisé 3 parties : la partie nettoyage, partie de mouture, et la partie d'ensachage.

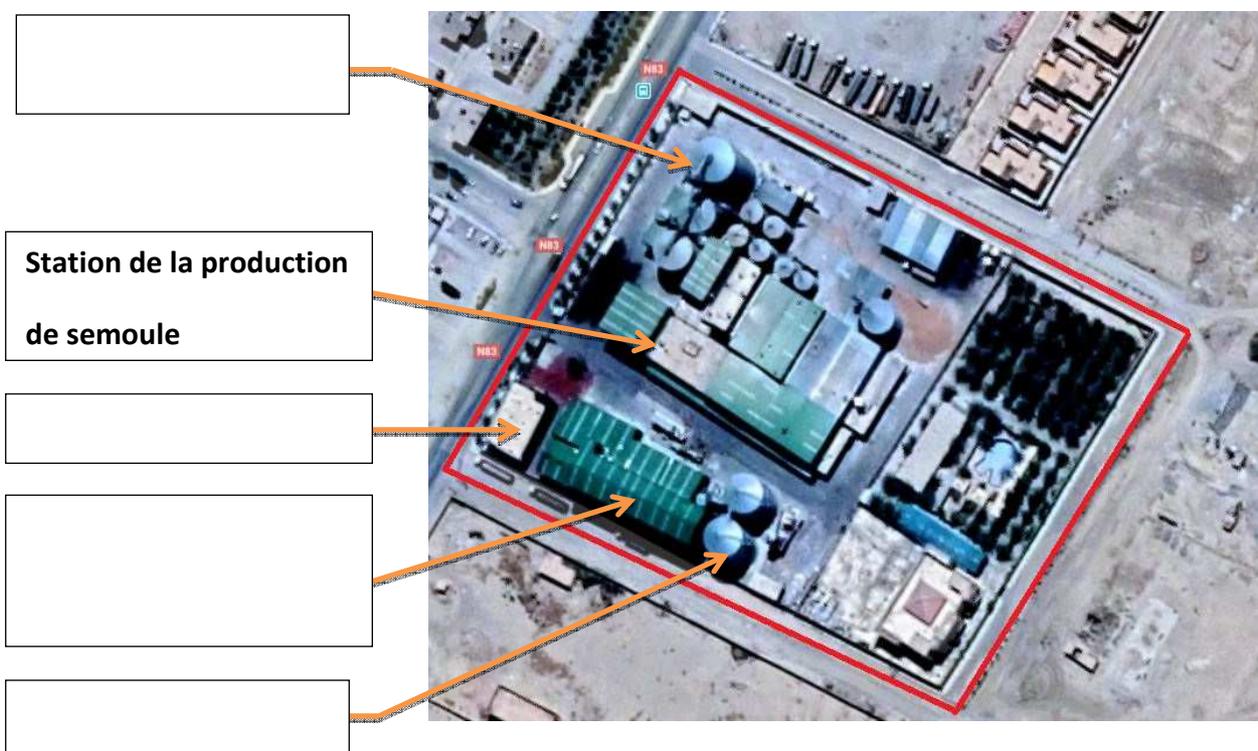


Figure I.1 : Situation géographique d'un MINOTERIE EL BARAKA [1]

I.2. Organigramme générale de SARL minoteries AL BARAKA

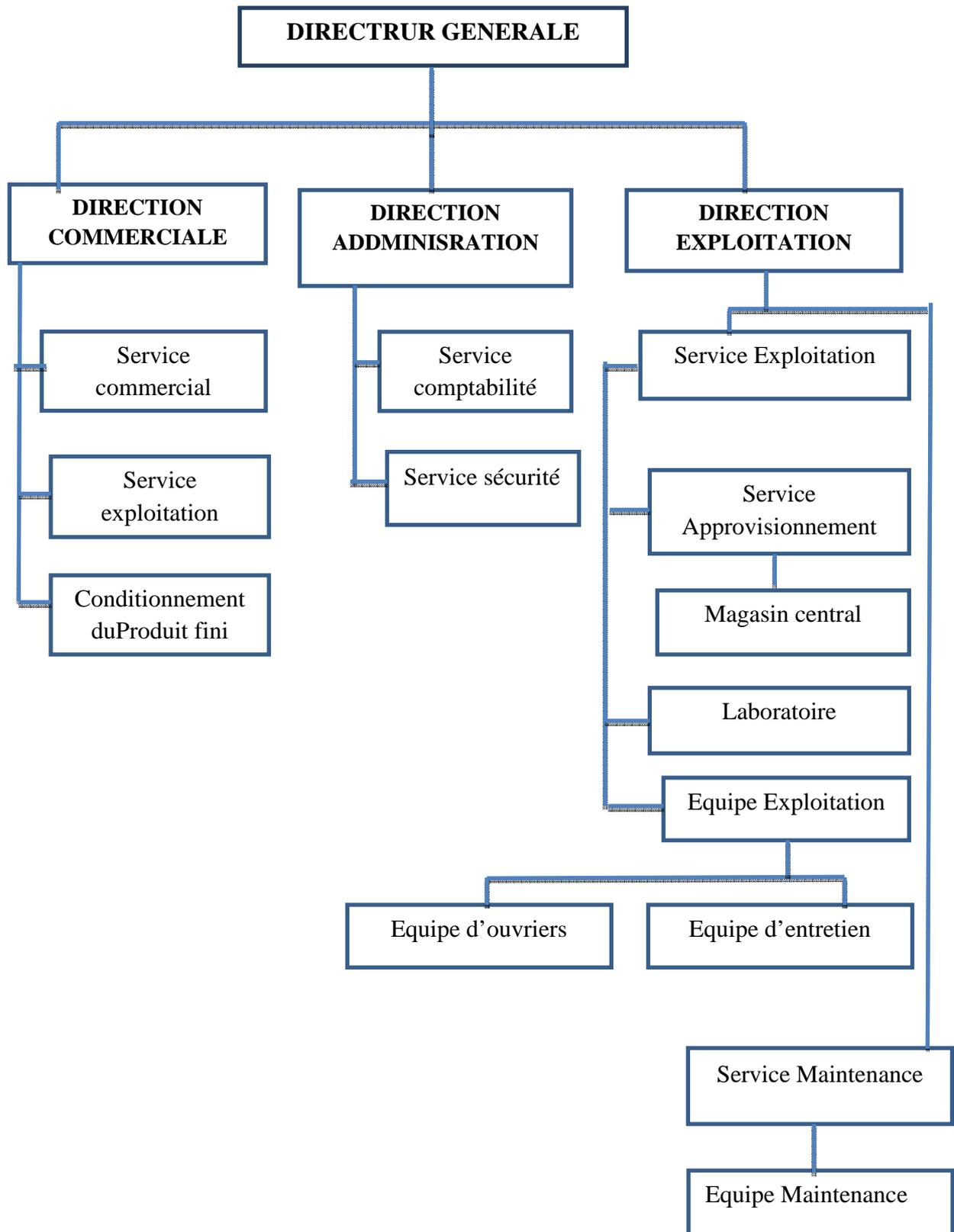


Figure I.2 : Organigramme générale de SARL minoteries EL BARAKA

I.3. Gamme de production de la farine de SARL MINOTERIE EL BARAKA

EL BARAKA produit toutes sortes de dérivés du blé de différentes qualités :

- 1) Farine de blé tendre.
- 2) Semoule de blé dure :
 - Semoule grossière
 - Semoule moyenne
 - Semoule fin
- 3) Alimentation animale.



Figure I.3 : les produits du Groupe El BARAKA

I.4. Processus de préparation de la farine de blé

Processus consistant à moudre le blé en farine en passant plusieurs étapes précises pour obtenir une bonne production et un produit de haute qualité au plus minimal coût possible, cet organigramme explique brièvement le processus :

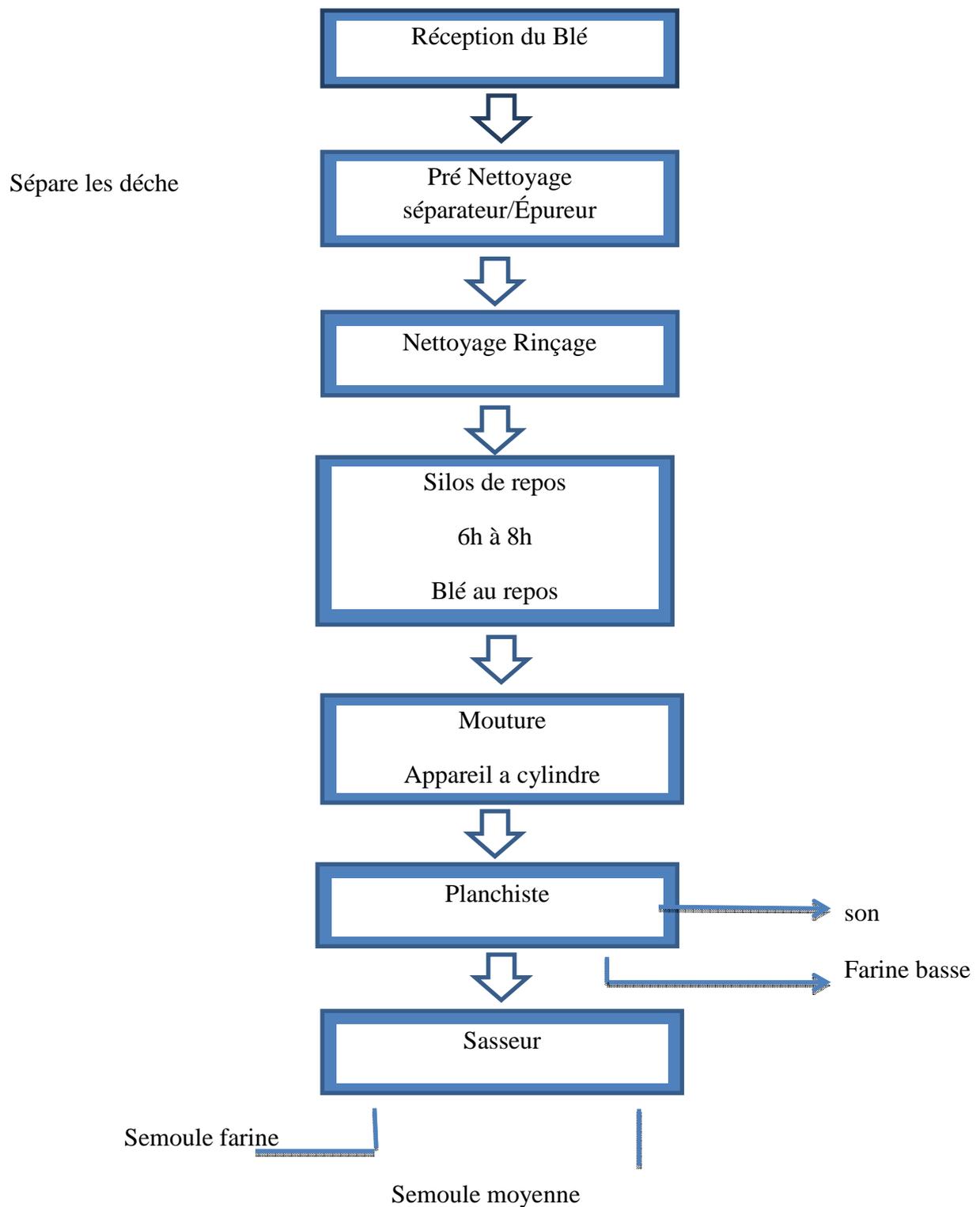


Figure I.4 : Schéma du processus de fabrication de la semoule

I.5. Les étapes les plus importantes du procédé de mouture du blé

I.5.1. Pré nettoyage

Le blé brut contient des débris de terre, de paille, des poussières, des enveloppes vides et d'autres graines. Il passe par nombreuses machines (aspirateurs, tamis, tri...) pour le tri, la séparation et le débarrassé de ces impuretés.

I.5.1.1 Purification

Dans ce processus, le blé est purifié des problèmes liés au ciment et au gravier en utilisant des tamis rotatifs et se neutralisent par des purificateurs vibreurs.

Pour ce qui est des déchets métalliques, ces derniers sont fixés par des aimants.



Figure I.5 : le purificateur vibreur

I.5.1.2. Tri visuel des impuretés

Lorsque la purification initiale du blé est terminée, d'autres problèmes surgissent, comme les grains noirs et les grains déformés qui affectent directement la qualité du produit.

Pour éliminer ces contaminants, des trieuses optiques visionnent le débit du grain au moyen de caméras digitales et les contaminants sont rejetés par un jet d'air comprimé.

I.5.2. Nettoyage

Après avoir éliminé tout ce qui est étranger, le processus de nettoyage consiste à éliminer définitivement la poussière, les germes et la croûte.

I.5.2.1. Mouillage de blé

Le but du mouillage de blé est d'enlever la poussière et de faciliter la séparation du noyau de la coque extérieure, qui sera éliminée pendant le broyage, Il s'agit de parvenir à assouplir les enveloppes tout en laissant l'amande friable, Ces opérations se décomposent en deux étapes :

a) les mouillages (apport d'eau par pulvérisation) pour amener le blé à 17 % d'humidité environ.

b) après mouillage le blé se repose dans les silos quelques heures (cela dépendra du taux de gonflage) selon l'état de blé.

I.5.2.2. Décortiquage de la graine

Ce processus consiste à séparer les croûtes des grains de blé et à réduire ces croûtes, pour cette raison, les grains passent entre les grands cylindres métalliques et ces derniers sont de plus en plus rapprochés.

I.5.3. Broyage de la graine

Le blé nettoyé passe tout d'abord dans des broyeurs à cylindres cannelés permettant un broyage progressif de façon à extraire la farine en coupant l'enveloppe au minimum et en produisant un maximum de farine. Le but est d'éliminer au maximum les enveloppes et d'obtenir un produit fini.

Le processus consiste à séparer l'amande des enveloppes en commençant par isoler les parties les plus internes du grain et en se rapprochant progressivement de la périphérie.



Figure I.6 : les broyeurs cylindriques

I.5.3.1. Sassage et claquage

Une fois broyé, les farines obtenues après la première étape sont plus ou moins fines et plus ou moins lourdes, elles vont passer en 2 et 6 fois sur des tamis mobile très fins avec des vitesses trop importantes ; il s'agit du sassage.

Les semoules les plus lourdes tombent, les plus légères sont aspirées par un courant d'air qui souffle en permanence dans les sasseurs.

Cette opération de mouture réduit les semoules en particules de plus en plus fines pour obtenir de la farine. Elles vont passer 4 ou 5 fois dans des cylindres lisses.

I.5.3.2. Convertissage finale

Les semoules de l'opération précédente sont, pour finir, passées 6 ou 7 fois dans d'autres cylindres lisses. La farine obtenue après toutes ces étapes est passée au tamis (cela s'appelle le blutage), dans une mélangeuse, puis elle est stockée pour être vendue en vrac ou en sacs.

I.5.4. Conditionnement du produit fini

Dans cette étape, la farine est prête à être emballée dans des sacs de différentes capacités, à l'aide de machines de conditionnement automatiques spéciale.

I.5.4.1 Ensachage de produite de 1kg, 2 et 5 kg

Le processus d'emballage est réalisé par la machine de conditionnement automatique fabriquée par (PAGLIERANI) de marque italienne pionnier dans le domaine, et le processus d'emballage prend plusieurs étapes :

- Égoutter la farine dans les sacs en doses en fonction du poids (1kg et 2kg...etc.).
- La farine est pressée dans les sacs, et les bords des sacs en papier sont pliés.
- Les bords des sacs sont enveloppés de colle et compressés pour prendre leur forme finale.
- Les sacs sont assemblés en groupes et chaque groupe est enveloppé dans une pellicule de plastique.
- Assemblage final et stockage.

I.5.4.2. Ensachage de produite de 10, 25 et 50 kg

Dans cette ligne de conditionnement, l'emballage est semi-automatique et les travailleurs sont impliqués dans le processus de conditionnement, c'est un processus simple consistant à emballer les sacs et à coudre les bords.

Chapitre II

Systeme tarifaire

Sonelgaz

II.1. Introduction

L'analyse des factures d'électricité de la MINOTERIE EL BARAKA, permet de déterminer les économies potentielles, qui nécessitent des actions immédiates avec des investissements moins coûteux. C'est une étape essentielle dans le processus de rationalisation de la consommation d'électricité. En effet, cette analyse nous permettra d'identifier les mesures nécessaires avec un retour sur investissement raisonnable. Les variables qu'il faut prendre en compte dans l'analyse :

- Consommation électrique selon les tranches horaires.
- Puissance souscrite et puissance absorbée
- facteur de puissance.

II.2. Le système tarifaire en Algérie

Le système tarifaire permet de déterminer un tarif identique pour tous les abonnés domestiques, quels que soient l'emplacement et le coût réel de fourniture de cette énergie. Les niveaux des tarifs de l'électricité sont fixés par décrets, par mission confiée à la CREG pour les fixer et rémunérer les opérateurs. 03 séries de tarifs sont identifiées:

- Une série de 30 représentants des abonnés de HT, elle contient les tarifs 31 et 32.
- Une série de 40 représentants d'abonnés MT, il contient les tarifs 41, 42, 43 et 44.
- Une série de 50 représentants BT abonnés, il contient les tarifs 51, 52, 53 et 54.

Ces nombres à deux chiffres fonctionnent de cette façon ; le premier indique la catégorie et le second identifie le tarif dans la série. [2]

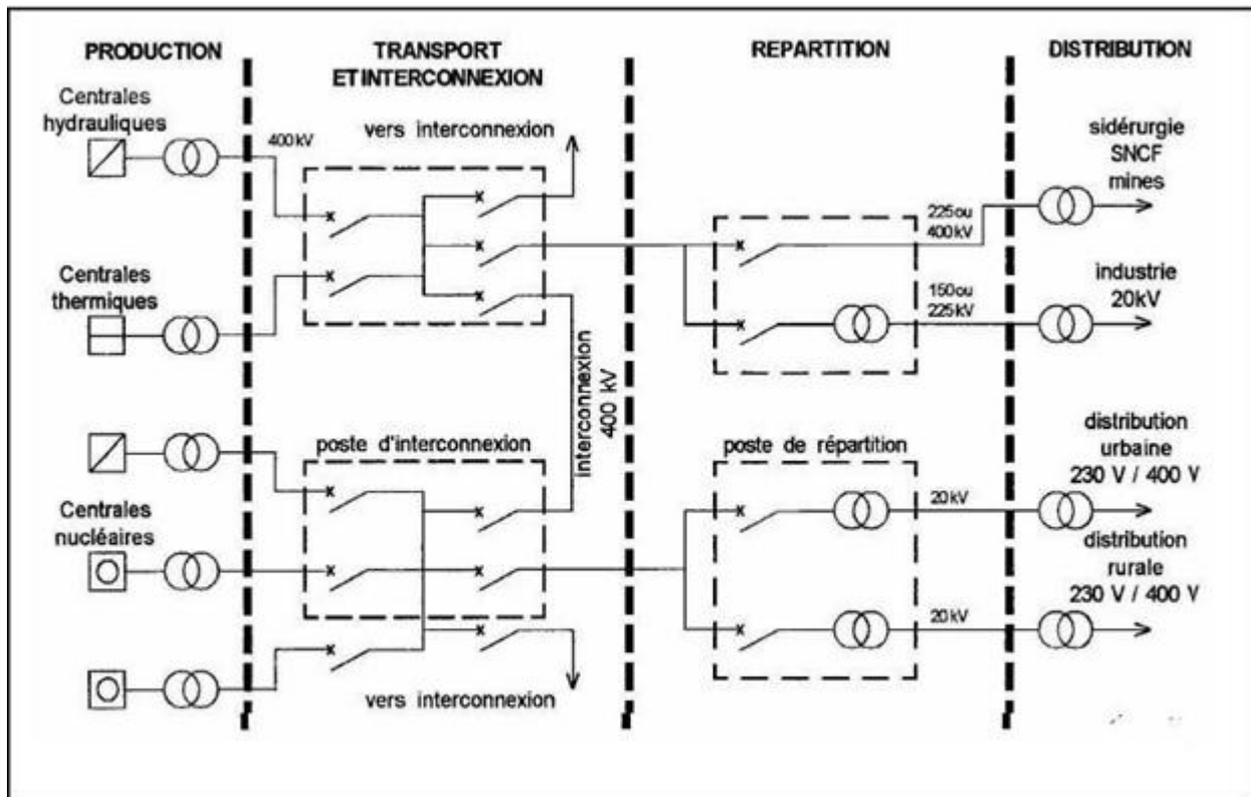


Figure II.1 : Structure du réseau national [3]

II.3. Tarification de l'énergie électrique

La consommation de l'électricité est répartie selon les niveaux de tensions en 03 catégories. On retrouve la clientèle de basse tension, de moyenne tension et de haute tension.

La facture électrique Moyenne Tension présente cinq composantes principales :

- Les frais de la puissance mise à disposition (exprimés en DA/KVA)
- Les frais de dépassement de la puissance mise à disposition (exprimés en DA/KVA)
- Les frais de la consommation électrique (exprimés en DA/kWh)
- Les pénalités pour faible facteur de puissance
- Les frais divers (location compteurs, taxes, TVA...)

Les frais de la consommation de l'énergie électrique sont basés sur l'existence de trois tarifs:

- **Pointe :** Tous les jours de l'année de 17h à 21h (correspond aux heures les plus chargées).
- **Heures pleines :** Tous les jours de l'année de 6h à 17h et de 21h à 22h30 (heures Moyennement chargées)
- **Heures creuses :** Tous les jours de l'année de 22h30 à 6h (heures faiblement chargées).

Les éléments qu'il faut prendre soin d'analyser sur la facture électrique sont :

- Date du relevé
- Puissance mise à disposition en KVA (puissance souscrite)
- Puissance maximale appelée
- Puissance taxée
- Consommation de l'énergie réactive
- Facteur de puissance
- Consommation en heures creuses
- Consommation en heures normales (heures pleines)
- Consommation en heures de pointe

II.3.1. Structure générale des tarifs

Tous les tarifs du système tarifaire sont caractérisés par une unité de structure. Tous les tarifs sont basés sur une formule polynomiale unique (facturation de l'énergie, terme fixe, facturation de l'énergie).

La structure tarifaire générale met en évidence trois termes

II.3.1.1. Redevance fixe

Elle couvre les frais de gestion technique et commerciale entretien du raccordement au réseau entretien courant et vérification du comptage, relève et facturation.

II.3.1.2 Puissance mise à disposition

C'est la puissance réservée par SNG en vertu d'un contrat avec le client, qui peut appeler selon ses besoins. Il correspond aux investissements réalisés par SNG pour assurer au client la possibilité d'appeler à tout moment et à tout moment une puissance mobilisée pour lui.

PMD est un terme révisable dans certaines conditions définies par les clauses générales. Il faut des valeurs standardisées.

Tableau II.1: Valeurs normalisées de la PMD (en KW)

Valeurs de PMD		
50	3000	35 000
80	3500	40 000
120	4500	45 000
320	5000	50 000
500	7500	60 000
750	10 000	70 000
1000	15 000	80 000
1500	20 000	90 000
2000	25 000	100 000
2500	30 00	

II.3.1.3. Puissance maximale absorbée

La facturation de la PMA incite le client à étaler sa consommation et à éviter les appels de puissance à la pointe. La PMA ne doit pas dépasser la PMD.

- Facturation de l'énergie réactive

L'énergie réactive en excès provoquant des perturbations dans le réseau, la consommation en énergie réactive donne lieu à un bonus si le rapport énergie réactive sur énergie active est inférieur à 50% et une pénalité dans le cas contraire.

Aux différents créneaux horaires définis ci-dessus, correspondent, selon le tarif, six périodes tarifaires (pointe, heures de pointe, heures creuses, jour, quart unique).

La différenciation des prix de l'énergie selon les six périodes tarifaires donne lieu à quatre types de tarifs.

Tableau II.2 : Périodes tarifaires [4]

Triple tarif	Heures creuses (22h 30 → 6h) (7h 30/jour)	Heures pleines (6h → 17h) (21h → 22h30)	Heures pointes (17h → 21h) (4h/jour)
Double tarif Hors pointe/Pointe	Heures hors pointe (21h → 17h) (20h/jour)		Heures pointe (17h → 21h) (4h/jour)
Tarif Nuit/Jour	Nuit (22h 30 → 6h) (7h 30/jour)	Jour (6h → 22h 30) (16h 30 /jour)	
Simple tarif Unique	Poste unique (24h/jour)		

Tableau II.3 : PRESENTATION DES TARIFS ET LEUR PRIX (2016) [4]

ELECTRICITE							
Code Tarif	Redevance Fixe (DA/Mois)	PMD	MPA	Energie Active		Energie réactive (CDA/Kvarh)	
		(CDA/kW/Mois)	(CDA / kWh)	Malus	Bonus		
41	32 227,79	2154	9679	Pointe	726,68	37,94	7,588
				pleine	161,47		
				Nuit	85,33		
42	429,71	3225	15048	Pointe	726,68	37,94	7,588
				Hors Pointe	150,53		
43	429,71	3225	1288	Nuit	85,33	37,94	7,588
				jour	356,92		
44	429,71	3225	15048	Unique	313,02	37,94	7,588

II.3.2 répartition de la clientèle par niveau de tension

La consommation de l'électricité est répartie selon les niveaux de tensions en 03 catégories. On retrouve la clientèle de basse tension, de moyenne tension et de haute tension.

II.3.2.1 La clientèle de la basse tension (BT): l'électricité est utilisée par des abonnés comme les ménages, ménages, les petits commerces, les artisans, les administrations, l'éducation, la santé. Le niveau de tension se situe entre 110 et 380 volts.

II.3.2.2 La clientèle de la moyenne tension (MT): elle Contient les moyennes entreprise ; industries légères avec une tension d'alimentation de 5,5, 10, 22, 30 KV. Elle regroupe 22 domaines dont le bâtiment et l'agriculture.

II.3.2.3 La clientèle de la haute tension (HT): l'électricité à haute tension est utilisée par de Grands complexes industriels. Son niveau est supérieur ou égal à 60 KV et regroupe des Secteurs d'activités dont l'énergie et l'eau, carrières et les hydrocarbures et mine. [2]

II.4. Formule tarifaire générale

L'expression générale de la structure tarifaire est un polynôme comportant trois parties soit [4] :

- **a** : un terme constant.
- **c. Pc + d. Pa** : un terme qui facture la puissance.
- $\sum (eh. Eh + g. (W - r. E))$: un terme qui facture l'énergie.

$$R = a + c. Pc + d. Pa + \sum (eh. Eh + g. (W - r. E))$$

Où

R : Montant mensuel de la facture (DA/mois)

a : Redevance fixe (DA/ mois)

Pc : la puissance mise à disposition et **c**'est son prix unitaire (DA/KW/mois)

Pa: la puissance adsorbée par l'abonné et **d** est son prix unitaire (DA/KW/mois)

C, d : Prix de facturation de la puissance mise à disposition et de la puissance maximale absorbée (DA/kW/mois).

E : énergie consommée au cours du mois (kWh/mois)

Eh : l'énergie active (KWH) consommée par moi dans un poste horaire(H)

eh : le prix unitaire de l'énergie active pour le poste horaire (cDA/KWH)

W : l'énergie réactive consommée par mois (KVARh)

g: prix unitaire (cDA/KVARh)

r: concerne la facturation de l'énergie réactive : valeur du rapport $\text{tg } \varphi = W/E$ au-delà duquel il y a majoration et en deçà bonification. On prend $r = 0,5$ ce qui correspond à un $\cos \varphi$ de 0,894.

Comment l'énergie réactive est-elle facturée ?

L'énergie réactive facturée est : la valeur absolue de la différence entre l'énergie réactive et 50 % de l'énergie active consommées pendant la même période. [5]

L'énergie réactive donne lieu à :

- **Une majoration** dans le cas où elle est supérieure à 50% de l'énergie active consommée
- **Une bonification** dans le cas où l'énergie réactive est inférieure à 50% de l'énergie active consommée.

II.5. Conclusion

Le secteur de l'électricité revêt une importance majeure dans l'économie algérienne, c'est dans ce contexte que l'ajustement entre l'offre et la demande doit être assuré pour un rendement optimal et une efficacité énergétique optimale.

La surconsommation d'électricité a poussé les autorités à redistribuer le secteur, ce qui a pour but de rationaliser les consommateurs de toutes les tensions et de satisfaire au mieux les besoins en énergie. Tous les tarifs ont été augmentés et c'est ce que nous avons essayé de clarifier dans ce chapitre sans pouvoir, par la contrainte de temps, les traiter intégralement.

L'objectif est de limiter le gaspillage d'énergie pour une consommation qui va directement à la satisfaction de la demande et pour minimiser les risques liés à l'insouciance des utilisateurs.

Sur l'ensemble du système tarifaire et en tenant compte de l'utilisation des heures de la journée L'entreprise. Sonelgaz recommande à ses clients des tarifs spécifiques.

Chapitre III

Compensation de l'énergie réactive

III.1. Introduction

Le système d'alimentation en courant alternatif implique deux types d'énergie: l'énergie active et l'énergie réactive. Dans les processus industriels utilisant l'énergie électrique, seule l'énergie active est transformée dans la station de production en énergie mécanique, en énergie thermique, en énergie lumineuse, etc., l'énergie réactive étant notamment utilisée pour l'alimentation de machines à induction (moteurs, transformateurs, ..). En outre, certains composants des réseaux de transport et de distribution d'électricité (transformateurs, lignes, etc.) consomment également de l'énergie réactive dans certains cas. Il est nécessaire de procéder à une étude détaillée du réseau du point de vue de la consommation, du dimensionnement ou de la modification des équipements, des perturbations afin de faire un choix rationnel des batteries de compensation.

III.2. Condensateur ou batterie de compensation

Le condensateur est un récepteur constitué de deux parties conductrices (électrodes) séparées par un isolant. Ce récepteur a la propriété, lorsqu'il est soumis à une tension sinusoïdale, de réduire progressivement son intensité, donc sa puissance (réactif capacitif), devant la tension de 90° . À l'inverse, tous les autres récepteurs éliminent leur composante réactive (intensité ou puissance réactive inductive) de 90° vers l'arrière sur la tension. La composition vectorielle de ces intensités ou puissances réactives (inductive et capacitive) conduit à une intensité de réaction ou puissance réactive inférieure à celle existant avant l'installation des condensateurs. Pour simplifier, on dit que les récepteurs inductifs consomment de l'énergie réactive tandis que les condensateurs (récepteurs capacitifs) produisent de l'énergie réactive. [6]

Il y a deux types:

1) Des batteries de condensateurs HT : raccordées aux jeux de barres HT des postes THT/HT. Elles sont essentiellement destinées à compenser les pertes réactives sur les réseaux HT et THT.

2) Des batteries de condensateurs MT : raccordées aux jeux de barres MT des postes HT/MT ou THT/MT. Ces batteries servent à compenser l'appel global de l'énergie réactive des réseaux de distribution aux réseaux de transport. Elles sont localisées et dimensionnées individuellement en fonction du réglage de tension.

III.3. Principe de la compensation

La circulation de l'énergie réactive a des implications techniques et économiques importantes. En effet, pour une même puissance active P , montre qu'il est nécessaire de fournir plus de puissance apparente S , et donc de courant, que la puissance réactive Q est importante.

Il est nécessaire de produire l'énergie réactive le plus près possible des charges pour éviter son appel sur le réseau. C'est ce qu'on appelle "la compensation d'énergie réactive". Pour encourager cela et éviter de sur-calibrer son réseau, le distributeur d'énergie pénalise financièrement les consommateurs d'énergie réactive au-delà d'un certain seuil. Les condensateurs sont utilisés pour fournir l'énergie réactive aux récepteurs inductifs. Pour réduire la puissance apparente absorbée sur le réseau de la valeur S à la valeur S' , il faut connecter une batterie de condensateurs fournissant l'énergie réactive Q_c , telle que:

La valeur économique de la compensation est mesurée en comparant le coût d'installation des batteries de condensateurs aux économies réalisées. Le courant total fourni par le réseau I est réduit, le rendement de l'installation est donc amélioré puisque les pertes par effet Joule sont proportionnelles au carré du courant.

III.4. Matériel et mode de compensation d'énergie réactive

En basse tension, la compensation est réalisée avec deux familles de produits:

- Condensateurs à valeur fixe.
- Des équipements autorégulateurs ou des batteries automatiques adaptant en permanence la compensation aux besoins de l'installation, ils permettent l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge.

Ce type d'équipement permet l'adaptation automatique de la puissance réactive fournie par les batteries de condensateurs en fonction d'un \cos souhaité (φ) et imposée en permanence.

Il est utilisé dans les cas où la puissance active varie dans des proportions importantes.

III.4.1. Modes de compensation [7]

Les condensateurs peuvent être installés à différents niveaux de l'installation. A partir des schémas suivants, identifier le type de compensation

- **Globale :**

La batterie de condensateurs est connectée en tête de l'installation et reste en service en permanence. Ce mode de compensation convient lorsque la charge est stable et continue

Le schéma suivant est une forme schématique de ce type de compensation:

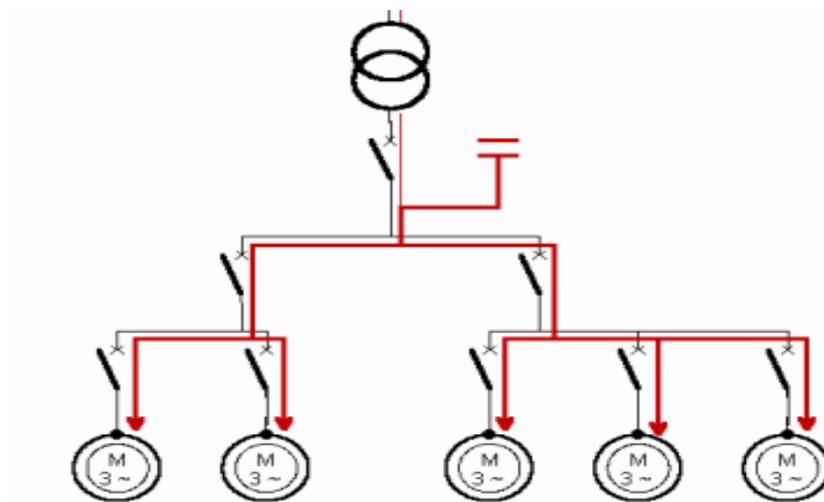


Figure III.1 : compensation globale

- **Partielle :**

La batterie de condensateurs est raccordée au tableau de distribution et fournit l'énergie réactive par atelier ou par groupe de récepteur. Ce mode de compensation convient lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont différents.

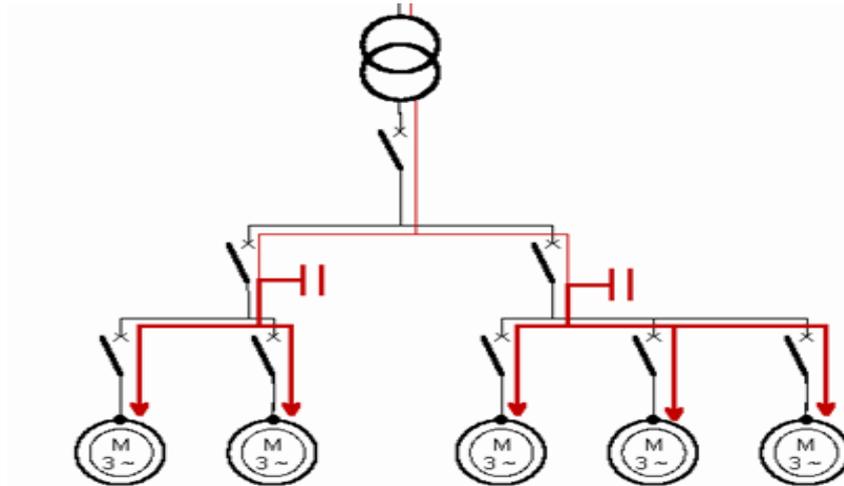


Figure III.2 : compensation partielle

Individuelle :

La batterie de condensateurs est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur du type inductif, notamment les moteurs. Elle convient lorsque la puissance de certains récepteurs est très importante par rapport à la puissance totale, elle offre le plus d'avantages.

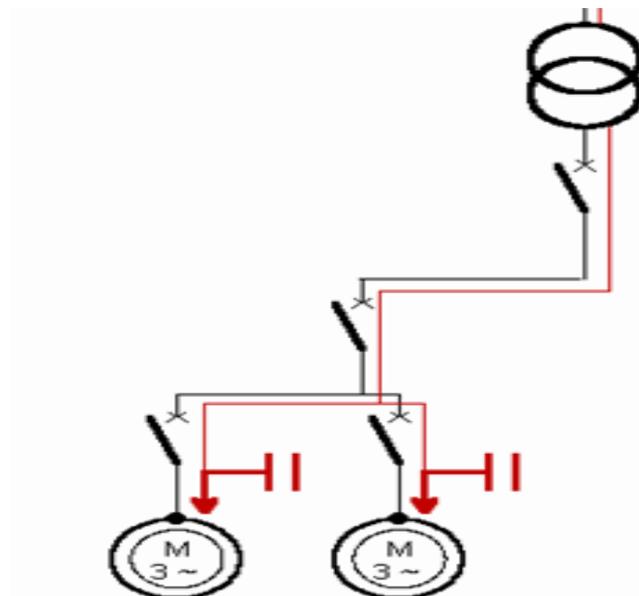


Figure III.3 : Compensation individuelle

III.5. Puissance et intensité

Quelque que soit le type d'alimentation électrique, il est primordial d'évaluer la puissance absorbée par les moteurs électrique. Nous devons maintenant déterminer l'intensité et la puissance électrique consommée par les moteurs.

III.5.1. Puissance électrique

- La puissance active : $P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$ en kW ; c'est la puissance qui sert au calcul de la consommation des moteurs. Elle tient compte du facteur de puissance réactive $\cos \varphi$.
- La puissance réactive : $Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varphi$ en KVAR ; C'est la puissance magnétisante. C'est elle qui crée le champ magnétique du moteur.
- La puissance apparente : $S = \sqrt{3} \times U \times I$ en kVA ; c'est la puissance utilisée pour désigner les générateurs.

III.5.2. Technique de compensation selon destination

La circulation des puissances actives et réactives entraîne des pertes actives et des chutes de tension chez les conducteurs. Les pertes actives réduisent l'efficacité globale des réseaux et les chutes de tension nuisent au maintien d'une bonne tension que le distributeur doit à ses clients. Il est donc techniquement préférable de les produire le plus près possible des lieux de consommation.

- Pour la puissance active, il est prouvé qu'il est moins coûteux de la produire de manière centralisée, puis de la distribuer aux clients. Le coût du transport est bien inférieur au coût supplémentaire de la production locale.
- D'autre part, pour la puissance réactive, il est économiquement plus intéressant de produire tout ou partie de celle-ci, localement par des générateurs autonomes d'énergie réactive tels que des condensateurs. Cette pratique s'appelle COMPENSATION

III.5.3. Point de vue du client

Comme pour le distributeur, le transport de la puissance réactive sur le réseau intérieur du client entraîne les inconvénients suivants :

- surcharge ou surdimensionnement des installations (transfo, câbles,

- pertes actives plus importantes dans ces ouvrages
- augmentation de la facture *SNG*.

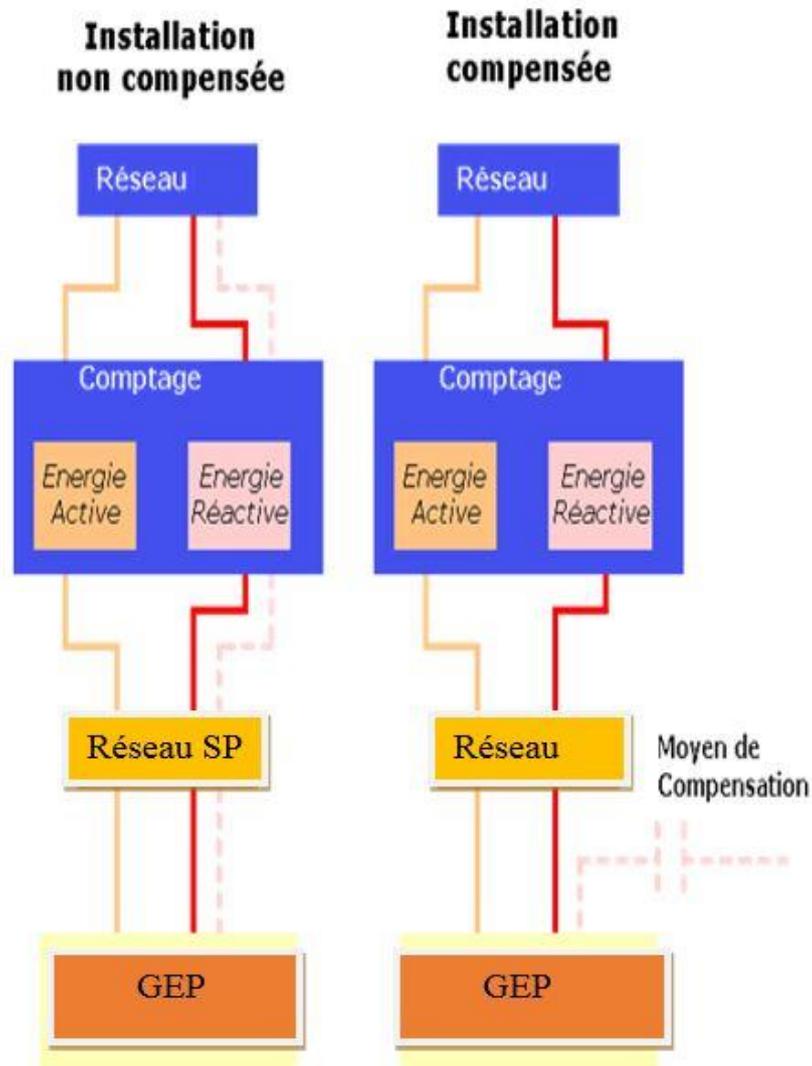


Figure III. 4 : La compensation énergie réactive

Tous les moteurs et les appareils fonctionnant en courant alternatif et comprenant un circuit magnétique absorbent deux formes d'énergie :

- une énergie dite active, qui se manifeste par un travail sur l'arbre d'un moteur.
- une énergie dite réactive, qui ne sert qu'à aimanter le fer du circuit magnétique.

A chacune de ces énergies correspond un courant actif (I_a), en phase avec la tension du réseau et un courant réactif (I_r), appelé aussi courant magnétisant. Celui-ci étant déphasé de 90° en arrière par rapport au courant actif. Les deux courants actif et réactif se composent

vectériellement pour former le courant apparent, déphasé d'un angle Φ par rapport au courant actif. Ce courant dit apparent est cependant bien réel, puisque c'est celui qui parcourt les divers conducteurs du circuit, depuis la source jusqu'au récepteur inclus, et qui provoque entre autre l'échauffement de ces conducteurs, donc les pertes d'énergie par effet joule.

III.6. Le facteur de puissance est la proportion de puissance active dans la puissance apparente

Le facteur de puissance est égal au rapport de la puissance active par la puissance apparente que :

- *le facteur de puissance est égal au $\cos \varphi$.*
- *le $\cos \varphi = P/S$ ou I_a/I_t*
- *$P < S$ donc $0 < \cos \varphi < 1$.*

Il sera d'autant plus grand que le $\cos \varphi$ sera petit

• INCONVENIENTS D'UN MAUVAIS $\cos \varphi$:

- Une augmentation du montant de la facture SNG. (une consommation excessive d'énergie réactive peut également entraîner une majoration sous forme de pénalité du montant de votre facture SNG : difficulté qu'a SNG à prévoir la quantité d'énergie à produire).
- Une surcharge ou un surdimensionnement de l'installation. En effet, si le $\cos \varphi$ diminue, I_t (courant réellement transporté) augmente, or, les facteurs qui limitent la puissance maximale que peut transmettre une ligne sont, d'une part la chute de tension (fonction de I), d'autre part la température maximale admissible par l'isolant : à peu près 70° pour du PVC (fonction de I^2)

III.7. Comment améliorer le $\cos \varphi$

L'amélioration du Cosinus φ doit passer par l'installation d'un moyen de compensation qui constitue la solution la plus efficace : très généralement une ou plusieurs batteries de condensateurs (Véritable générateur d'énergie réactive : I en avance de 90° sur U réseau).

Pour cela, un appareil ou groupe d'appareils appelant une puissance active P (en kW) et une puissance réactive (en kVAR) dont on souhaite réduire la $T_g(\varphi)$ à une valeur plus faible $T_g(\varphi')$.

Puissance réactive des condensateurs à installer :

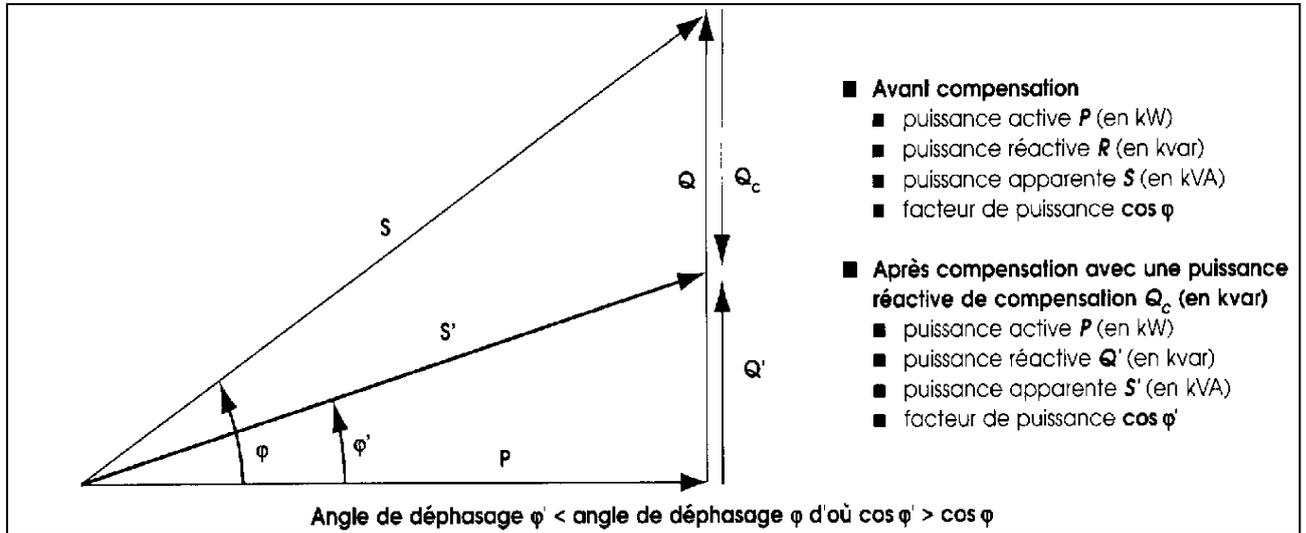


Figure III.5 : Schéma de principe de la compensation

Puissance réactive Q'

Puissance apparente S'

Facteur de puissance $\cos \varphi'$

La puissance réactive de compensation à installer à pour expression :

$$Q_c = P (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} (\varphi) \text{ et } Q' = P \cdot \operatorname{tg}(\varphi')$$

La puissance du ou des condensateurs à installer sera égale à :

$$Q_b = P (\operatorname{tg} (\varphi) - \operatorname{tg}(\varphi')) = Q - Q'$$

Remarque : la valeur du $\operatorname{Cos} \varphi$ ou $\operatorname{Tg} \varphi$ évoluant avec le temps il convient d'utiliser les valeurs moyennes de ces derniers pour l'utilisation de la formule précédente " $Q_b = P (\operatorname{tg} (\varphi) - \operatorname{tg}(\varphi'))$ "

III.8. Moyens de compensation

La compensation peut se faire en basse tension ou en haute tension en utilisant des condensateurs. En basse tension la compensation est réalisée avec deux familles de produits :

- les condensateurs de valeurs fixes ou condensateurs fixes,

- les équipements à régulation automatique ou batteries automatiques qui permettent d'ajuster en permanence la compensation aux besoins de l'installation. Lorsque La puissance à installer est supérieure à 800 avec une charge stable et continue il peut être plus économique de choisir des batteries de condensation haute tension à installer sur le réseau. (Rappel : $Q = U^2 C$ d'où pour une même valeur de Q réduction de la capacité et coût moins élevé du condensateur).

III.9. Calcul des valeurs de capacités des condensateurs en triphasé

Dans ce cas il existe deux façons pour monter les condensateurs :

- Montage triangle.
- Montage étoile.

Montage étoile c'est une puissance réactive fournie par l'ensemble des condensateurs est la suivante [8]:

$$Q_C = C \times \omega \times V^2$$

$$\text{Et : } Q_C - \Delta = 3 \times C_{eq} \times \omega \times U^2 \quad \text{Où : } \omega = 2\pi f$$

$$C_{eq} = \frac{Q_C - \Delta}{3 \times \omega \times U^2}$$

$$Q_C - \lambda = 3 \times C_{eq} \times \omega \times V^2 = 3 \times C_{eq} \times \omega \times \left(\frac{U}{\sqrt{3}}\right)^2$$

$$C_{eq} = \frac{Q_C - \lambda}{\omega \times U^2}$$

U : tension composée (V).

ω : pulsation des tensions du réseau (rd/s).

C : capacité du condensateur (F).

f : fréquence des tensions du réseau .

III.10. Types de compensation

Il existe essentiellement deux types de compensations : la compensation fixe et la compensation dynamique.

Dans les cas de compensation globale ou par ateliers, le critère de Q_C/S_n permet de choisir entre un équipement de compensation fixe ou dynamique. Le seuil de 15% est une valeur

indicative conseillée pour éviter les effets de surcompensation à vide. S_n est la puissance apparente du transformateur qui alimente les installations.

- $Q_c/S_n \geq 15\%$, alors il faut adopter une compensation fixe.
- $Q_c/S_n < 15\%$, alors on adopte une compensation automatique.

III.10.1. Batteries de condensateurs fixes

- La puissance réactive fournie par la batterie est constante quelles que soient les variations du facteur de puissance et de la charge des récepteurs, donc de la consommation d'énergie réactive de l'installation.
- La mise sous tension de ces batteries est :
 - soit manuelle par disjoncteur ou interrupteur,
 - soit semi-automatique par contacteur commandé à distance.
- Ce type de batteries est généralement utilisé dans les cas suivants :
 - d'installation électrique à charge constante fonctionnant 24h/24,
 - de compensation hors charge des transformateurs,
 - de compensation individuelle de moteurs.

III.10.2. Batteries de condensateurs automatiques

- La puissance réactive fournie par la batterie est modulable en fonction des variations du facteur de puissance et de la charge des récepteurs donc de la consommation d'énergie réactive de l'installation.
- Ces batteries sont composées d'une association en parallèle de gradins condensateurs (gradin = condensateur + contacteur). La mise en ou hors service étant asservie à un régulateur de puissance intégré.
- Ces batteries sont également utilisées dans les cas suivants :
 - d'installation électrique à charge variable.
 - de compensation de tableaux généraux (HTA) ou gros départ.

Ces batteries sont raccordées en tête d'installation ou d'un départ de puissance importante. Cela permet une régulation pas à pas de l'énergie réactive. L'enclenchement et le déclenchement des gradins sont pilotés par un relais.

III.11. Conclusion

Sonelgaz, le distributeur d'électricité, propose différents types de facturation en fonction de la consommation de l'abonné (voir page)

Un bon facteur de puissance permet de réduire les pertes en ligne à puissance active constante. Les pertes en watts (dus à la résistance des conducteurs) sont intégrées à la consommation enregistrée par les compteurs d'énergie active (kWh) et sont proportionnelles au carré du courant transporté. L'amélioration du facteur de puissance réduit l'énergie réactive.

Chapitre IV

**Analyse des factures et
compensation de l'énergie
électrique**

IV.1. Introduction

A travers l'analyse des consommations en électricité de SARL MINOTERIE EL-BARAKA pour l'année 2018, il a été enregistré une consommation très importante en énergie réactive. Lorsque la consommation de l'énergie réactive dépasse la moitié de l'énergie active, il est appliqué une pénalisation financière qui est proportionnelle à la quantité de l'énergie réactive consommée. Or dans le cas contraire, c'est une bonification, et cette fois ci, il s'agit d'un montant à déduire de la facture.

De plus, du fait d'un courant appelé plus important, la circulation de l'énergie réactive sur le réseau de distribution entraîne des surcharges au niveau des transformateurs, de l'échauffement des câbles d'alimentation, des pertes en ligne supplémentaires et des chutes de tension considérables.

Pour les raisons évoquées ci-dessus, il est nécessaire de produire de l'énergie réactive au plus près possible des installations de MINOTERIE, pour éviter qu'elle ne soit appelée sur le réseau. C'est ce qu'on appelle « **la compensation de l'énergie réactive** ».

La tâche qui nous a été confiée par l'entreprise consiste à réaliser une étude détaillée sur la facturation et les valeurs de l'énergie réactive en vue de dimensionner les batteries de compensations au niveau de l'usine de production de semoule, conformément aux exigences de l'entreprise.

IV.2. Etude de la consommation électrique

Les différentes données figurant sur les factures dépendent du fournisseur d'électricité et de la SARL MINOTERIE. Données invariables de la facture électrique de la MINOTERIE Semoule :

- Tarification en vigueur 42
- Puissance installée 1189 kVA
- Puissance mise à disposition 500 KVA (inter-Compagne)

Après l'analyse des factures électrique de l'année représentative 2018, nous récapitulons :

Tableau IV.1 : Récapitulatif des factures de l'année 2018

Période	Puissance mise à Disposition	Puissance maximale atteinte	Consommation L'énergie réactive	Consommation énergie en (KWH)		Montant (DA)
				HORE POINTE	POINTE	
Janvier	500	968	519898	326513	69403	1826760.61
Février	500	973	475887	310842	63755	1444425.67
Mars	500	972	522313	331172	68609	1538710.45
Avril	500	949	598155	394151	79440	1760490.11
Mai	500	925	555824	370867	76066	1671469.41
Juin	500	822	346669	240201	45033	1087803.14
Juillet	500	860	338478	255371	53115	1183522.24
Aout	500	952	595267	425455	86989	1873248.39
Septembre	500	931	559356	394784	84651	1784828.51
Octobre	500	898	645215	402956	84168	1826760.61
Novembre	500	847	433884	295789	58178	1331420.75
Décembre	500	467	188743	146064	32939	700465.84

Par la suite, nous allons analyser tous les paramètres qui contribuent d'une façon directe à l'augmentation de la facture électrique afin de proposer des solutions pour l'optimisation de la redevance électrique.

IV.2.1. Réduction de la facture d'électricité

Pour réduire la facture d'électricité élevée, nous utilisons certaines études qui donnent l'avantage au consommateur de faire son travail sans pénalités, notamment :

IV.2.1.1. Choix de la tarification optimale

Le prix de la facture pour cette tension est un paiement mensuel et les résultats obtenus dans les tableaux suivants comparés aux prix moyens de la tension au cours d'un mois. Octobre 2018 et dans le même processus, les autres mois sont calculés.

On a la facture SARL EL BARAKA du mois d'octobre 2018 :

Tableau IV.2 : Taux de consommation d'énergie active et réactive pour le tarif 42

Du mois d'octobre 2018

Energies	Consommations			périodes tarifaires	
	cadran 1	cadran 2	cadran3	H.POINTE	POINTE
CONSOM.ACTIVE	154082	84168	248874	402956	84168
CONSOM.REACTIVE	645215			645215	

Tableau IV.3 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 42

Énergie consommée	Quantité	p.U(cDA)	A déduire	A ajouter
H.POINTE	402956	180.64		727899.72
POINTE	84168	872.02		733961.79
Facteur de puissance	401653	45.53		182872.61
Puissance mise à disposition (PMD)	500	3870		19350.00
puissance maximale atteinte (PMA)	898	18058		162160.84
Primes fixes				515.65
Montant énergie HT				1826760.61
TVA énergie taux	19%			347084.52
Location (comptage, transfo)				
entretien de poste transfo				
Frais de coupure et remise				
Montant prestation HT				
TVA prestation taux				
Taxe d'habitation				200.00
Taxe sur vente de produit énergétique				10613.72
Intérêt moratoires				
TOTALE FACTURE				2184658.85 DA

Calculer la facture par le tarif 41 :

Tableau IV.4 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 41

Energie consommée	Quantité	p.U(cDA)	A déduire	A ajouter
H.CREUSES	154082	102.4		157779.97
POINTE	84168	872.02		733961.79
H.PLEINES	248874	193.76		482218.26
Facteur de puissance	270.81%			
	526090	45.53		239528.78
Puissance mise à disposition (PMD)	500	2585		12925.00
Puissance maximale atteinte (PMA)	898	11625		104392.50
Primes fixes				38673.35
Montant énergie HT				1769479.65
TVA énergie taux	19%			336201.13
Location (comptage, transfo)				
Entretien de poste transfo				
Frais de coupure et remise				
Montant prestation HT				
TVA prestation taux				
Taxe d'habitation				200.00
Taxe sur vente de produit énergétique				10613.72
Intérêt moratoires	0			
TOTALE FACTURE				2116494.50 DA

Calculer la facture par le tarif 43 :

Tableau IV.5 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 43

Energie consommée	Quantité	p.U(cDA)	A déduire	A ajouter
JOURS	168336	428.3		720983.09
NUIE	84168	102.4		86188.03
Facteur de puissance	255.53 %			
	518963	45.53		236283.85
Puissance mise à disposition (PMD)	500	3870		19350.00
Puissance maximale atteinte (PMA)	898	15456		138794.88
Primes fixes				515.65
Montant énergie HT				1202115.50
TVA énergie taux	19%			228401.95
Location (comptage, transfo)				
Entretien de poste transfo				
Frais de coupure et remise				
Montant prestation HT				
TVA prestation taux				
Taxe d'habitation				200.00
Taxe sur vente de produit énergétique				10613.72
Intérêt moratoires	0			
TOTALE FACTURE				1441331.17 DA

Calculer la facture par le tarif 44 :

Tableau IV.6 : Elément de facturation du mois d'octobre 2018 – tarif 44

Energie consommée	Quantité	p.U(cDA)	A déduire	A ajouter
24. HEURES	487124	375.62		1829735.17
Facteur de puissance	132.45%			
	401653	45.53		182872.61
Puissance mise à disposition (PMD)	500	3870		19350.00
Puissance maximale atteinte (PMA)	898	18058		162160.84
Primes fixes				515.65
Montant énergie HT				2194634.27
TVA énergie taux	19%			416980.51
Location (comptage, transfo)				
Entretien de poste transfo				
Frais de coupure et remise				
Montant prestation HT				
TVA prestation taux				
Taxe d'habitation				200.00
Taxe sur vente de produit énergétique				10613.72
Intérêt moratoires	0			
TOTALE FACTURE				2622428.50 DA

Bilan :

Tableau IV.7 : les couts mensuels de tarifs en DA pendant une année 2018

Période	la tarification			
	tarif 41	tarif 42	tarif 43	tarif 44
Janvier	1773499.91	1604005.69	1231072.16	2187856.88
Février	1669561.32	1730304.46	1147641.41	2074928.36
Mars	1777620.04	1843248.43	1224816.37	2206369.89
Avril	2036846.27	2109390.95	1378694.08	2554659.75
Mai	1936090.88	2002656.58	1314782.53	2413831.15
Juin	1253392.2	1303242.75	848734.69	1594554.87
Juillet	1369668.62	1417846.05	937647.73	1696614.87
Aout	2174315.54	2244738.9	1458861.5	2718048.03
Septembre	2074375.45	2138528.7	1409770.57	2554484.29
Octobre	2116494.5	2184658.85	1441331.17	2622428.5
Novembre	1538925.19	1594196.09	1041974.56	1937428.03
Décembre	832846.16	839124.44	566499.41	983455.25
TOTALE	20553636.08	21011941.44	14001826.18	25544659.87

Ce tableau représente, un bilan faisant ressortir la comparaison des tarifications que l'usine peut choisir parmi les codes tarifs disponible auprès de la Sonelgaz. Pour illustrer davantage, nous avons représentés par des graphiques les consommations sur une année pour différents codes à savoir 41, 42,43 et 44 :

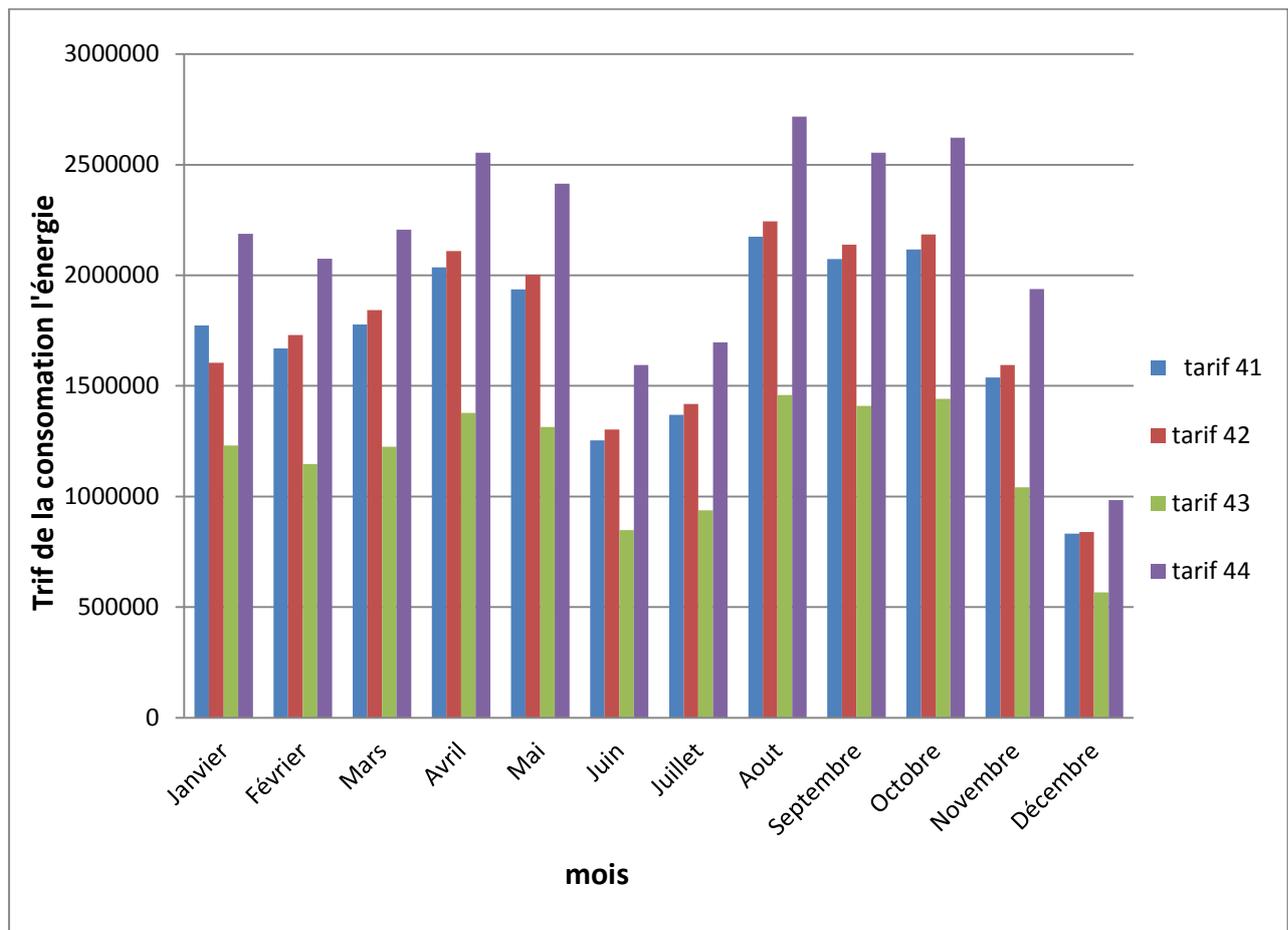


Figure IV.1: Tarification de la consommation d'énergie l'année 2018

L'analyse du graphique montre que la tarification optimale pour l'usine, **que devrait choisir le client est la tarification 43**, il s'agit ici du montant mensuel le plus bas au cours de l'année.

IV.2.1.2. Analyse de la puissance mise à disposition de l'année 2018

La puissance mise à disposition est une caractéristique du contrat de fourniture d'électricité. Il s'agit d'une indication de puissance maximale qui ne doit pas être franchie ou dont les dépassements seront surfacturés. Cette puissance est exprimée en KVA, car elle prend en considération l'énergie réactive. La puissance souscrite présente parfois de graves distorsions par rapport à la puissance maximale atteinte.

Le client doit être conscient de l'importance de cette « souscription », car si la puissance appelée est trop élevée, le client paie une pénalité de dépassement de 50% pour chaque VA excédent la puissance dite mise à disposition.

Le diagramme suivant donne l'évolution de la puissance maximale appelée sur une période d'une année :

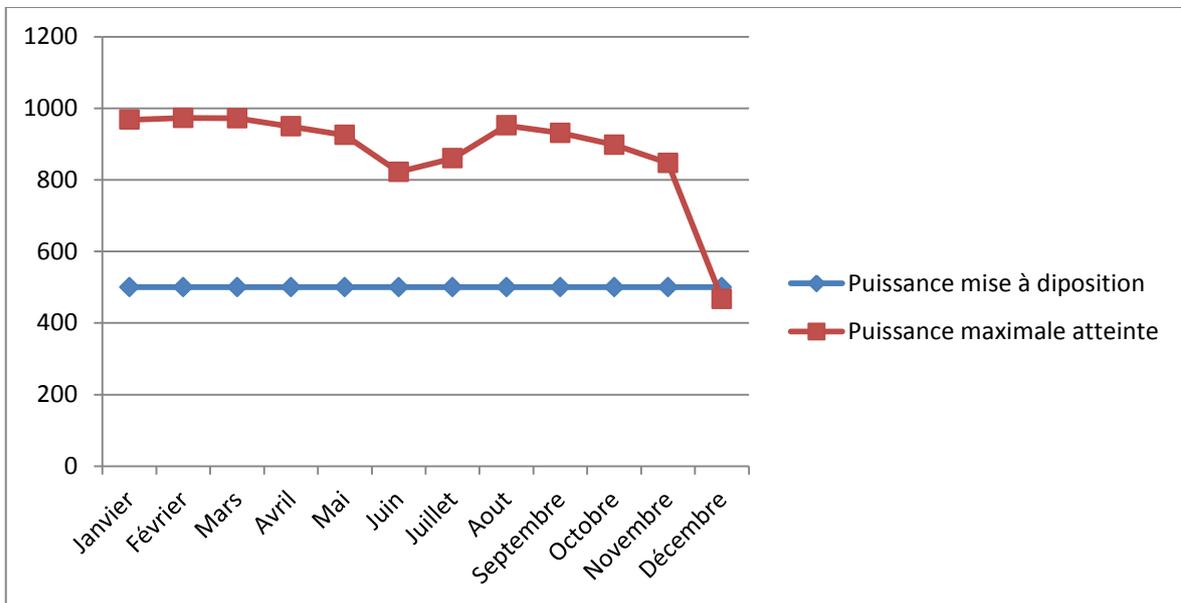


Figure IV.2 : L'évolution de la puissance maximale atteinte en 2018

La puissance maximale atteinte de janvier à novembre est Supérieure de la puissance mis à disposition, ce mauvais choix de PMD engendre une surfacturation.

Néanmoins pour le mois de décembre celle valeur est tangente, nous préconisons le changement de la valeur de PMD.

IV.3. Analyse de la consommation de l'énergie active et réactive

D'après les factures de l'Année 2018 on a les valeurs de consommation de l'énergie active etréactive pour chaque mois, ainsi la valeur de $\cos(\varphi)$ par mois :

Utilisation de la Théorème de Boucherot :

$$S = \sqrt{P + Q}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{(P+Q)}}$$

Tableau IV.8 : La consommation de l'énergie durant l'année 2018

Mois	Energie active (Kwh)	Energie Réactive (kVArh)	cos(ϕ)
Janvier	444000	519898	0.61
Février	374597	475887	0.62
Mars	399781	522313	0.61
Avril	473591	598155	0.62
Mai	446933	555824	0.63
Juin	285234	346669	0.64
Juillet	308486	338478	0.67
Aout	512444	595267	0.65
Septembre	479435	559356	0.65
Octobre	487124	645215	0.61
Novembre	353967	433884	0.63
Décembre	179003	188743	0.69

Représente ces valeurs sous la forme suivante :

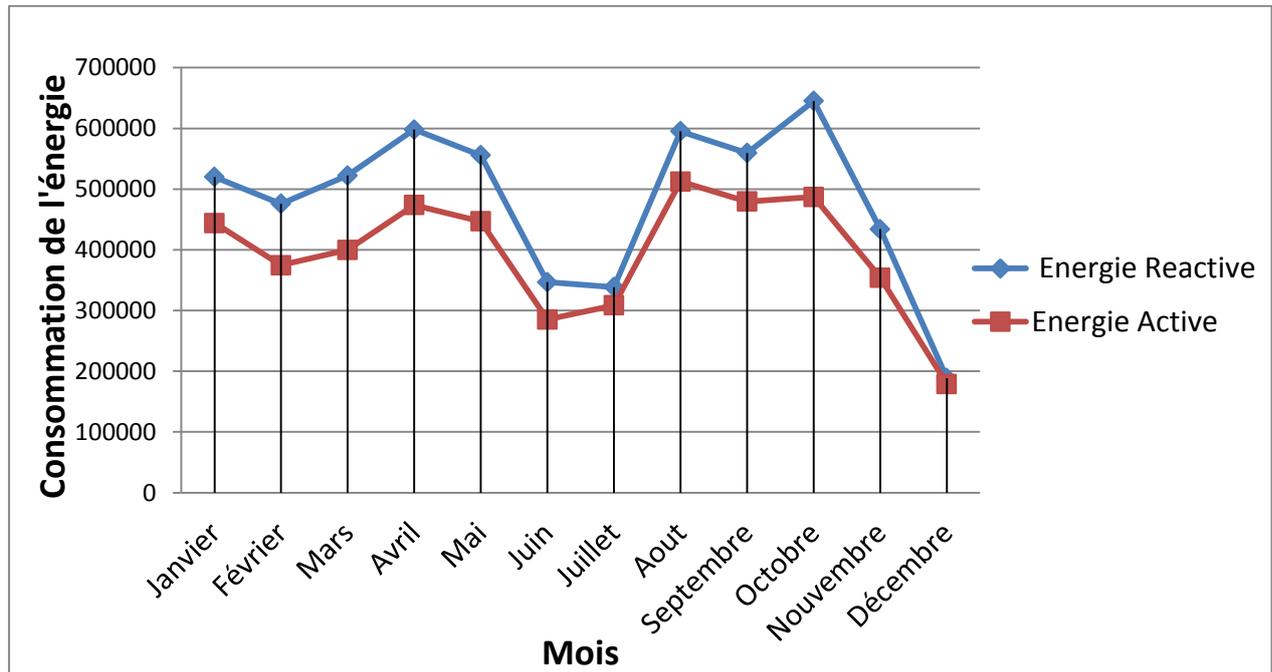


Figure IV.3 : Représentation de la consommation de l'énergie

D'après la figure IV.3 ci-dessus, on constate que la consommation de l'énergie réactive n'est pas stable durant l'année 2018, la consommation varie aléatoirement elle prend une valeur maximale 645215 kVARh enregistrée durant le mois de octobre et la valeur minimale de 188743 kVARh enregistrée durant le mois décembre.

L'énergie réactive à majorer ou à bonifier ?

L'énergie réactive facturée au mois d'octobre :

Nous avons les données suivantes:

L'énergie active = 487124, L'énergie réactive = 645215

$$\frac{\text{L'énergie active}}{2} = \frac{487124}{2} = 243562$$

Donc : $\frac{\text{L'énergie active}}{2} < \text{L'énergie réactive} \rightarrow \text{L'énergie réactive à majorer.}$

Pour bien illustrer la consommation de l'énergie réactive nous présentons la consommation de ce dernier avec la consommation d'énergie active comme suit :

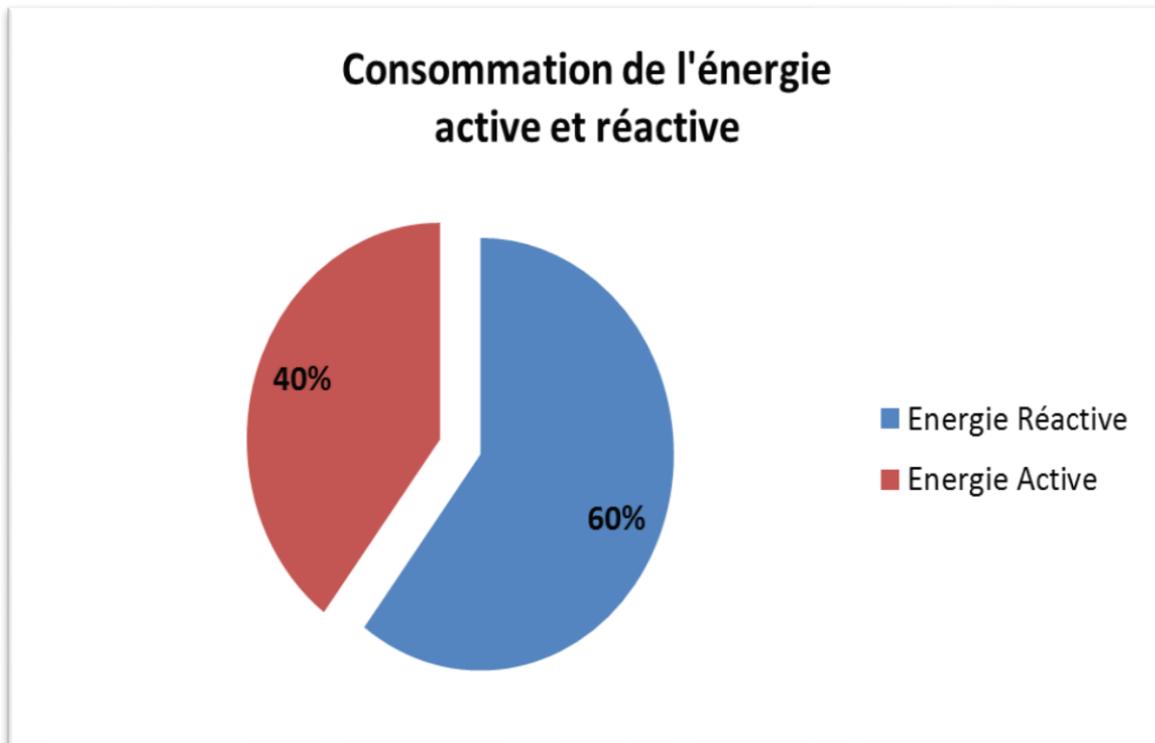


Figure IV.4 : Consommation de l'énergie active et réactive

On remarque à partir de cette représentation graphique une forte consommation de l'énergie réactive qui représente 60% de l'énergie globale sachant que l'énergie active ne présente que 40% de l'énergie totale consommée, on constate que SARL MINOTERIE EL-BARAKA consomme beaucoup d'énergie réactive et dépasse la limite admissible ($\tan \varphi = 0.4$ correspondre à $\cos \varphi = 0,92$), cette remarque nous pousse à installer un système de compensation.

L'usine fonctionne 24 heures sur 24 pendant la semaine sauf le vendredi. L'énergie interactive consommée en octobre est donc:

$$Q = \frac{\text{l'énergie réactive (kVArh)}}{\text{les heures de fonctionnement (h)}} = \frac{645215}{24 \text{ h} \times 26 \text{ jour}} = \frac{645215}{624} = 1034 \text{ kVAr}$$

De même manière pour la puissance active :

$$P = \frac{\text{l'énergie active (kWh)}}{\text{les heures de fonctionnement (h)}} = \frac{512444}{24 \text{ h} \times 26 \text{ jour}} = \frac{512444}{624} = 821.22 \text{ kW}$$

Donc la puissance apparente S totale égale :

$$S = \sqrt{P + Q} = \sqrt{(1034)^2 + (521.22)^2} = 1158 \text{ kVA}$$

Donc, le facteur de puissance de l'usine est :

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S} = \frac{821.22}{1158} = 0.7$$

Enfin on constate que le Facteur de puissance de l'usine est très faible

IV.4. Dimensionnement de la batterie de compensation

La détermination de la compensation d'une installation est basée sur le calcul de la puissance réactive à compenser (Q_c).

Dans notre application en s'appuyant sur le calcul à partir des factures, pour cela procéder comme suit :

Prendre les factures d'électricité des dernières années et lire les consommations d'énergie réactive et retenir la facture dont l'énergie réactive est maximale (le cas le plus défavorable), après s'être assuré qu'il ne s'agit pas d'un mois non significatif, sachant que $\tan \varphi$ admissible est de 0.4.

Évaluer la durée t (en heures) de fonctionnement durant laquelle l'énergie réactive est facturée.

En déduire la puissance à installer par les deux formules suivantes [9] :

$$Q_c = \frac{E_{\text{réactive compensation (kvarh)}}}{t(\text{h})}$$

$$E_{\text{réactive compensation}} = E_{\text{réactive consommé}} - (\tan \varphi \times E_{\text{active consommé}})$$

Donc :

$$E_{\text{réactive compensation}} = 645215 - (0.4 \times 512444) = 440237.4 \text{ kVArh}$$

$$Q_c = \frac{440237.4}{624} = 705.50 \text{ kVAr}$$

$$P = 821.22 \text{ kW}$$

$$Q' = Q - Q_c$$

$$Q' = 1034 - 705.50 = 328.5 \text{ KVAr}$$

$$S' = \sqrt{P + Q'} = \sqrt{(821.22)^2 + (328.5)^2} = 884.45 \text{ KVA}$$

Donc, le nouveau facteur de puissance est :

$$\cos \varphi' = \frac{P}{S} = 0.928 > 0.92$$

IV. 5. Comportement en puissance et en courant du réseau de la station semoule

Dans cette partie, il sera procédé à l'analyse de différents graphes issus de la mesure des variations de la tension, du courant, de la fréquence et de la puissance sur le réseau de station semoule. Les résultats ont été obtenus par Logiciel Saturne. Ces analyse ont été effectuées du 01aout 2018 à 00h 10 min au 01 aout 2018 à 23h 50 min. l'intervalle de temps entre deux enregistrements successifs est de 20 min.

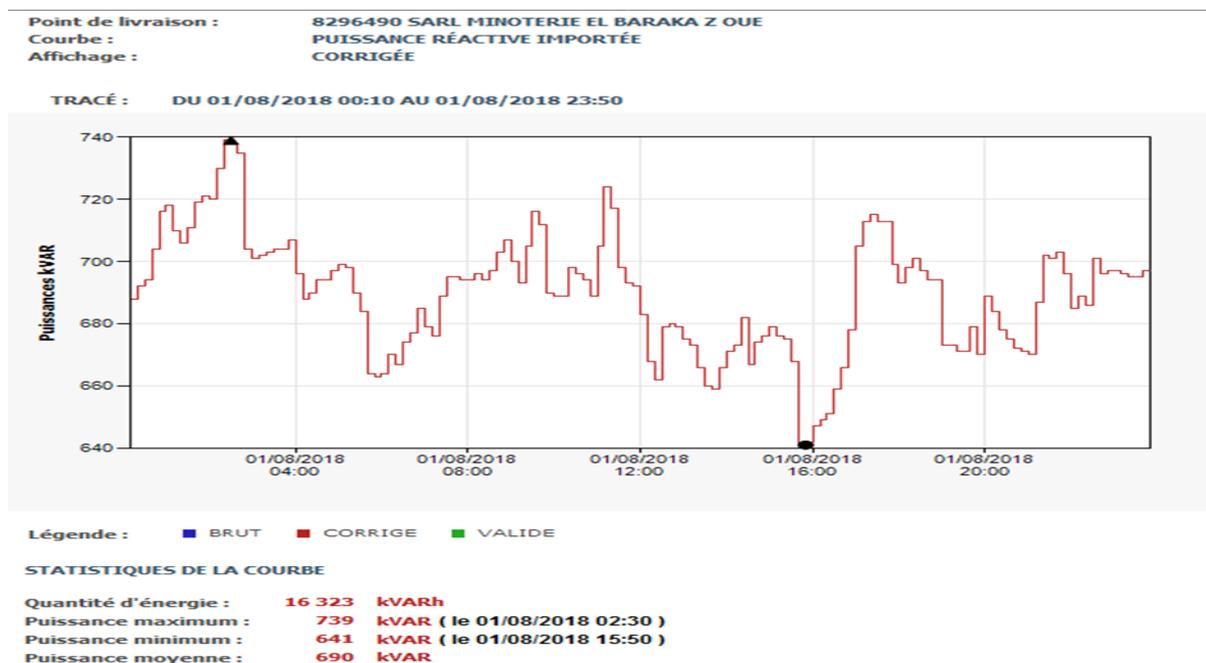
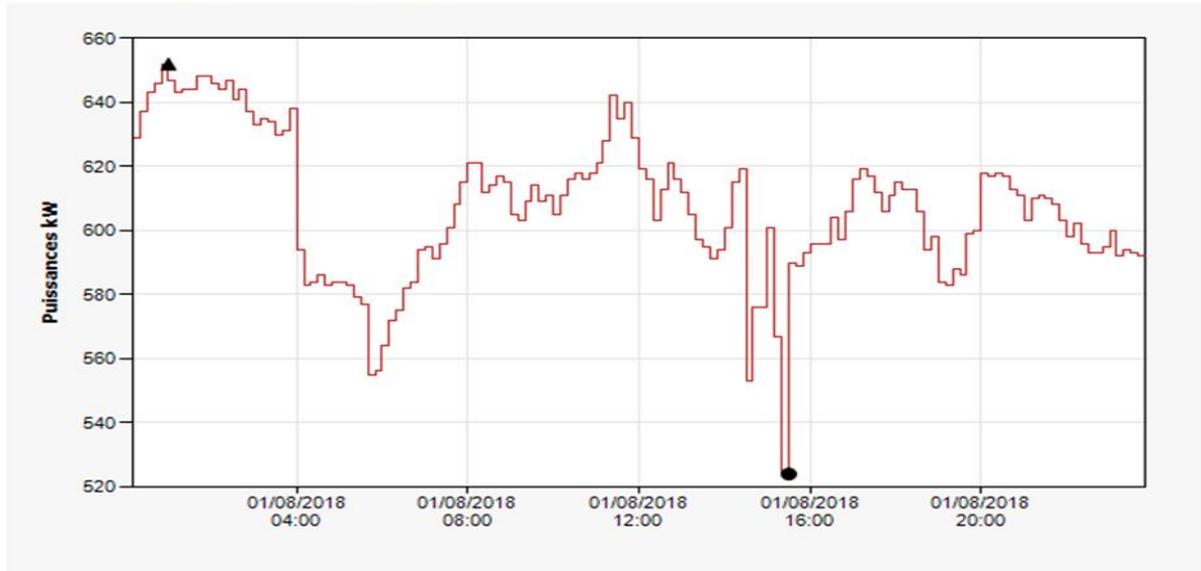


Figure IV.5 : Courbe de puissance réactive par logiciel saturne MINETERIE EL-BARAKA

La courbe ci-dessus figure IV.5 montre la consommation d'énergie réactive en fonction de temps, où nous voyons l'augmentation de la consommation d'énergie réactive jusqu'à 739, ce qui indique que tous les moteurs à induction dans l'usine produisant de la semoule fonctionnent, tout en expliquant la baisse de la consommation d'énergie à 641 due à la corruption, ce qui a conduit à la suspension de certaines machines utilisées Moteurs à induction.

Point de livraison : 8296490 SARL MINOTERIE EL BARAKA Z OUE
 Courbe : PUISSANCE ACTIVE IMPORTÉE
 Affichage : CORRIGÉE

TRACÉ : DU 01/08/2018 00:10 AU 01/08/2018 23:50



Légende : ■ BRUT ■ CORRIGE ■ VALIDE

STATISTIQUES DE LA COURBE

Quantité d'énergie : 14 371 kWh
 Puissance maximum : 652 kW (le 01/08/2018 01:00)
 Puissance minimum : 524 kW (le 01/08/2018 15:30)
 Puissance moyenne : 607 kW

Figure IV.6 : Courbe de puissance active par logiciel saturne

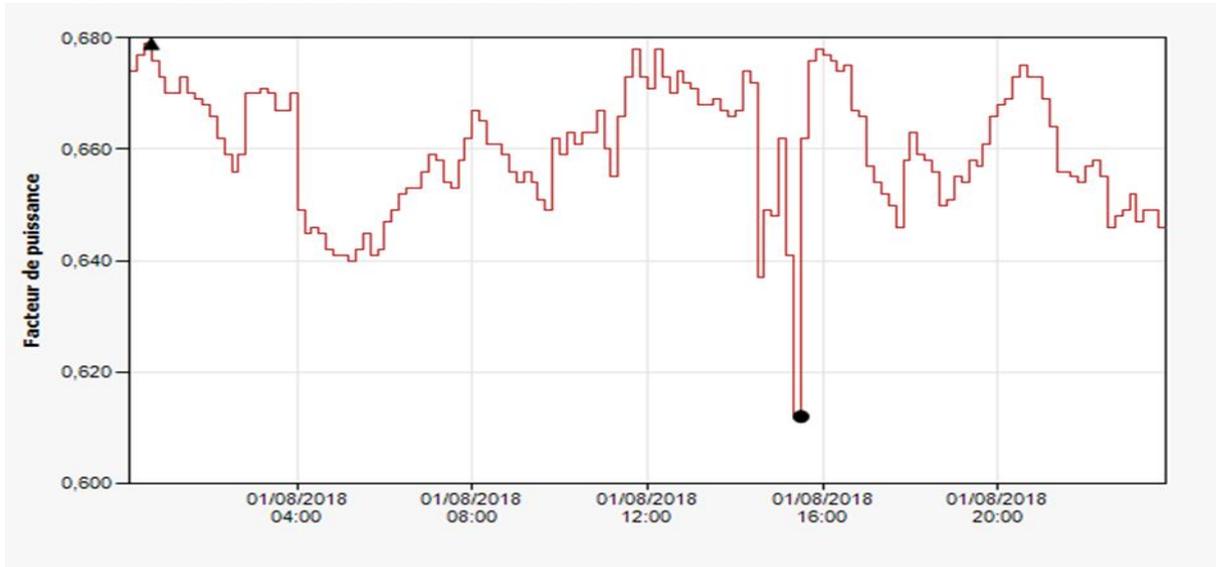
La courbe illustrée à la figure IV.6 représente l'évolution de la consommation d'énergie de la puissance active pendant 24 heures. Pour la période de 00h: 10 'à 23h: 50', la moyenne de la puissance active sur 24 heures est de 607 kW.

Il y a un pic à 8h10mn de l'ordre de 652 KW et une valeur minimale de 524 KW à 18h20mn.

L'analyse des fluctuations au cours de la journée est provoquée par le début de groupes accessoires de la chaîne.

Point de livraison : 8296490 SARL MINOTERIE EL BARAKA Z OUE
 Courbe : FACTEUR DE PUISSANCE
 Affichage : CORRIGÉE

TRACÉ : DU 01/08/2018 00:10 AU 01/08/2018 23:50



Légende : ■ BRUT ■ CORRIGE ■ VALIDE

STATISTIQUES DE LA COURBE

Facteur de puissance maximum : 0,679 (le 01/08/2018 00:40)
 Facteur de puissance minimum : 0,612 (le 01/08/2018 15:30)
 Facteur de puissance moyen : 0,660

Figure IV.7 : courbe représenté variation facteur de puissance

La courbe illustrée par la figure IV.7 On constate avant compensation que le facteur de puissance de la station de semoule est très faible, avec une réduction maximale de 0.679 et réduction minimale 0.612.

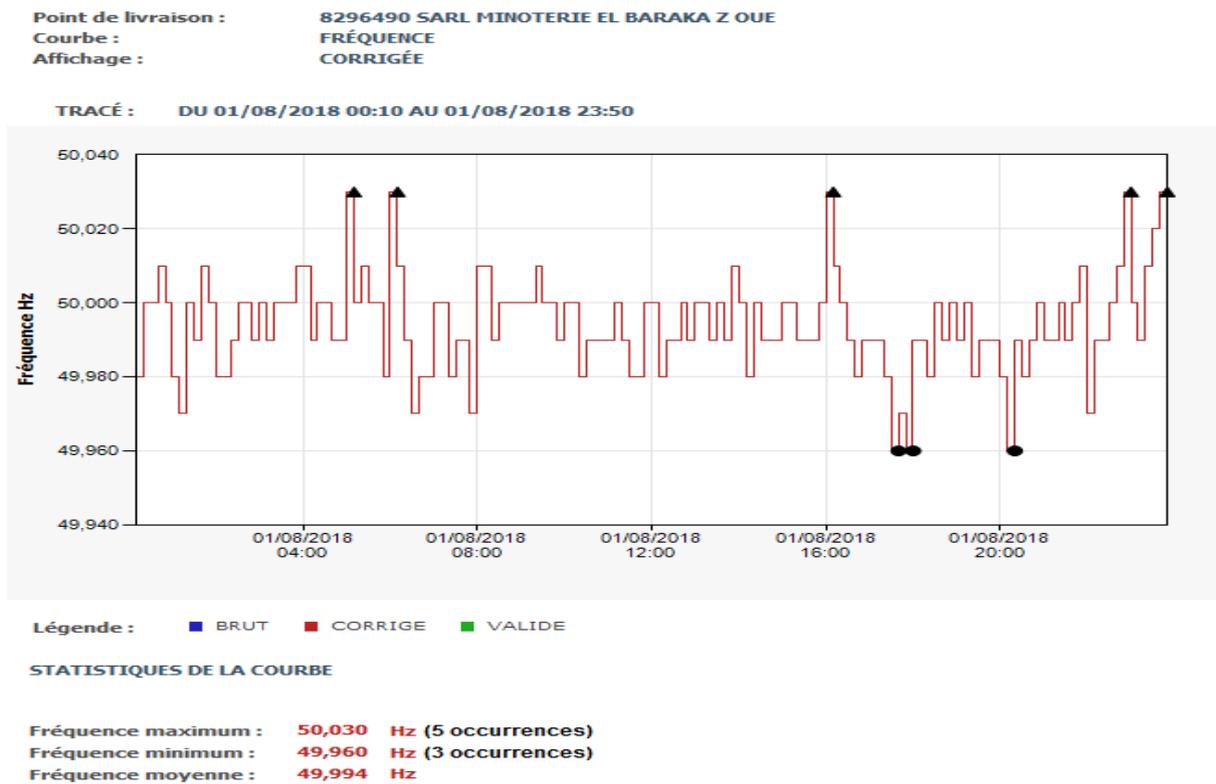


Figure IV.8 : Courbe de variation de la fréquence

IV.6. Etude et choix du dispositif de compensation

IV.6.1. Calcul de la puissance de compensation

En vue de compenser l'ensemble des charges, la solution technico-économique consiste en l'utilisation de la compensation globale, la batterie est alors **raccordée en tête d'installation**.

Il s'agit de la solution la plus utilisée pour l'élimination des pénalités imposées par le gestionnaire de réseau et qui permet en prime de soulager le poste de transformation et le rendement sera meilleur et prolonger ainsi sa durée de vie et la plus économique par rapport les autres modes. [10]

- Calcul des batteries de compensation pour le HTA

Les données suivantes ont été obtenues par les courbes de logiciel Saturne:

Puissance active : $p = 607 \text{ KW}$

Facteur de puissance : $\cos(\varphi) = 0.66$

Donc : $Tg(\varphi) = 1.14$

On a la puissance réactive : **Q = 690 KVAr**

cos(φ') Désiré **0.92** ainsi **tg (φ') = 0.4**

On a la relation suivante:

$$Q_c = P (\text{tag} (\varphi) - \text{tag} (\varphi')) = 607 \times (1.14 - 0.4) = 448.14 \text{ KVAr}$$

$$Q = Q' - Q_c$$

$$Q' = Q - Q_c = 241.86 \text{ KVAr}$$

$$Q_c - \Delta = 3 \times C_{eq} \times \omega \times U^2$$

$$C_{eq} = \frac{Q_c}{3 \times \omega \times U^2} = \frac{448.14}{3 \times 314 \times (394.9)^2} = 3050.6 \mu F$$

$$C\Delta = 3050.6 \mu F$$

$$C_{eq} - \lambda = 3 \times C_{eq} - \Delta$$

$$CY = 9151.8 \mu F$$

Les puissances réactives avant et après compensation et les valeurs des capacités des condensateurs pour le tableau HTA sont données dans le tableau IV.9

Tableau IV.9 : Les puissances réactives fournis par les batteries de compensation

	Avant compensation				Après compensation				
Charge	P KW	Q kVAr	S KVA	COS(φ)	Q _c KVAr	Q' KVAr	Cos (φ')	CΔ μF	CY μF
Tableau HTA	607	690	919	0.66	446.14	241.86	0.92	3050.6	9151.8

IV.6.2. Vérification du type de compensation**Tableau IV .10 : Types de compensation de l'énergie réactifs**

Q_c KVAr	S_n KVA	Q_c/S_n (%)	Type de compensation
446.14	919	48.5	compensation fixe

D'après les résultats obtenus la compensation de l'installation s'effectue avec le mode fixe.

Conclusion

Avec le bilan de puissance calculé en utilisant les différents coefficients, on a pu estimer les puissances utiles des différents récepteurs et la puissance globale.

D'après les résultats de calcul obtenu, l'installation présente un facteur de puissance moyen de $\cos \varphi = 0.66$ entraînant des pertes non exploitées.

La bonne maîtrise de la puissance réactive consommée par l'installation permet alors de limiter les impacts économiques, diminuer la facture énergétique d'une part et d'obtenir une exploitation optimale d'énergie d'autre part.

Conclusion générale

Nous voici au terme de notre travail intitulé « amélioration de la facturation par compensation de l'énergie réactive ». Le choix de notre étude a été motivé par le fait que dans le monde actuel où nous sommes appelés à devenir des ingénieurs en maintenance industrielle, il nous est indispensable de connaître la contribution au bon fonctionnement des moyens et des outils des activités de production afin d'avoir une meilleure adaptation dans un environnement où règne une concurrence féroce.

La demande d'électricité varie en tout point de la journée et de la saison. L'électricité ne pouvant être stocké, il est difficile de maintenir l'équilibre production-consommation, c'est pour cette raison que SDC propose des prix du kWh différents pendant les différentes saisons et les différents horaires de la journée afin de pouvoir réguler la consommation.

Après une étude détaillée nous arrivons aux résultats suivants :

- **Une augmentation du montant de la facture SDC sous forme de pénalité (PMA>PMD)**
- **Un mauvais choix des postes horaires.**
- **L'usine absorbe plus de puissance réactive que de puissance active**

Cela nous a obligé à diagnostiqué les factures une à une pour en arriver à des solutions économique et à guidé l'utilisateur pour les choix futurs et opter pour la meilleure prise de décision possible.

Pour qu'un système d'aide à la décision soit efficace, il faut qu'il s'appuie notamment sur la recherche opérationnelle notre objectif de recherche n'est pas de « prendre la décision » mais de clarifier une vision du contexte dans lequel la décision sera prise.

Pour trouver les meilleures solutions possibles, nous avons opérer en 4 étapes :

- Dresser la liste des actions potentielles
- Dresser la liste des critères à prendre en compte
- Établir un tableau des performances
- Agréger les performances

Ce travail a été pour nous l'occasion d'approfondir les théories acquises en formation et pourra aider d'autres étudiants qui traiteront ce sujet sous d'autres dimensions et vont s'en

inspirer, et éventuellement nous compléter pour une meilleure évolution scientifique. En tout état de cause, ce travail restera, nous osons l'espérer, une référence académique pour les promotions futures.

Nous pensons que notre étude sera le démarrage d'un axe de recherche qu'on va entreprendre au département d'électromécanique pour montrer qu'il ne s'agit naturellement pas du seul critère à prendre en compte pour comparer les offres du fournisseur d'électricité (SDC). Tous les critères doivent également entrer en ligne de compte dans le choix adéquats pour consommer moins.

Référence Bibliographique

- [1] Google earth 2018.
- [2] DAHMANI Souria ; mémoire de master ; Essai d'analyse des facteurs déterminants de la consommation de l'électricité ; cas de la wilaya de Bejaia ; université de Bejaïa 2016.
- [3] Gacem Housseem Eddine et Nemli Souhil ; mémoire de master ; Systèmes de tarification et de comptage de l'énergie électrique HTA ; Université Kasdi Merbah –Ouargla 2017.
- [4] Tarification et facturation électricité et gaz, contenu de cours du programme préparatoire groupe exécution, Sonelgaz, Juillet 1995.
- [5] <http://www.sdc.dz/spip.php?article95>
- [6] Legrand Catalogue, « Compensation d'énergie réactive et contrôle de la qualité des réseaux électriques», P0910ALPESFR- EX210027 - MARS 2010.
- [7] Schneider Electric, «guide de la distribution électrique basse tension et HTA»,2009.
- [8] ABBAS Hichem et AIT AMOKHTAR Samir ; mémoire de master ; Etude et dimensionnement électrique de la raffinerie sucre liquide Cevital ; université de Bejaïa 2016.
- [9] SEMAOUI Hammou ; mémoire de master ; compensation de l'énergie réactive d'une Installation industrielle MT/BT (HTA/BTB) ; université M'SILA 2016.
- [10] Cahiers techniques Schneider compensation N°189.