

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique

Option : Réseaux électriques

Réf:.....

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

**Amélioration des factures d'électricité
au sein de l'ADE de Biskra**

Présenté par :
Boucetta Ikram
Soutenu le : 02 Juin 2016

Devant le jury composé de :

Dr : Rouina Abdelhafid

Dr : Naimi Djemai

M^{me} Khelili Fatiha

M.C.B

M.C.A

M.A.A

Président

Encadreur

Examineur

Année universitaire: 2015 / 2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Réseaux électriques

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

**Amélioration des factures d'électricité au
sein de l'ADE de Biskra**

Présenté par :

Boucetta Ikram

Avis favorable de l'encadreur :

Dr. Naimi Djemai signature

Avis favorable du Président du Jury

Dr. Rouina Abdelhafid

Signature

Cachet et signature

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Réseaux électriques

Thème :

Amélioration des factures d'électricité au sein de l'ADE de Biskra

Proposé et Dirigé par : Dr. Naimi Djemai

RESUMES (Français et Arabe) **Résumé**

L'électricité est une énergie précieuse qui devrait être utilisée à bon escient car sa cherté menace aujourd'hui la survie de nombreuses structures publiques ou privées. D'où le coût très élevé de la consommation énergétique est accentué ces dernières années suite à plusieurs facteurs. Dans ce mémoire nous avons essayé d'améliorer la facturation d'électricité au niveau de l'Algérienne des eaux (ADE) unité de Biskra, en proposant plusieurs solutions techniques et économiques. Le travail est basé sur une méthodologie bien déterminée qui consiste d'abord à analyser et diagnostiquer les données et l'influence des changements suggérés en utilisant certains logiciels comme Saturne, Matlab et l'Excel. Les résultats ont montré une grande défaillance. Donc nous avons proposé plusieurs solutions efficaces qui vont servir à réduire le coût total de la facturation

Mots clés : électricité, facture, amélioration, ADE, Saturne, Matlab, Excel.

Remerciements

Louange au "Dieu" le tout puissant qui m'a accordé la foi, le courage et la patience pour mener ce travail et qui m'a aide à faire face à toutes les difficultés rencontrées.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude au **Docteur Naimi Djemai**, pour son encadrement qui m'a offert la possibilité de réaliser ce travail, pour son encouragement ses précieux conseils, son suivi et ses qualités humaines.

Mes vifs remerciements au **Docteur Rouina Abdelhafid** et à **M^{me} Khelili Fatiha** pour l'honneur qu'ils m'ont fait pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Une pensée pleine de reconnaissance à tous les enseignants du département d'électrotechnique pour leurs efforts.

Je remercie vivement tout le personnel de la Sonelgaz pour leur accueil et leur aide.

Je tiens également à réserver un remerciement particulier à l'être le plus cher à mes yeux et à mon cœur "**Ma mère**" pour son aide, son sacrifice et son encouragement que Dieu la garde éternellement heureuse et en bon santé.

Je remercie chaleureusement mes tantes maternelles« **Soraya, Mouna, Radjha, Rachida et Fatiha.** »Ainsi que mes amies **Nada et Lina.**

Ce présent travail est dédié à la mémoire de mon cher père et mes grands-parents maternels.

Boucetta Ikram

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1.1	Les puissances actives et réactives absorbées par la résistance, inductance et capacité	6
Tableau 1.2	Avantages et inconvénients des batteries de condensateurs	14
Tableau 1.3	Avantages apportés par la compensation d'énergie réactive	15
Tableau 1.4	Principales applications des dispositifs FACTS	18
Tableau 2.1	Différents périodes tarifaire	24
Tableau 2.2	Prix de la puissance et de la redevance fixe	25
Tableau 3.1	Avantages et inconvénients des pompes centrifuges	44
Tableau 3.2	Avantages et inconvénients du moteur asynchrone	48
Tableau 3.3	Différents types de postes de livraison	50
Tableau 4.1	caractéristique des forages d'Oued el haï	55
Tableau 4.2	vérification du tarif pour le poste "243"	65
Tableau 4.3	vérification du tarif pour le poste "76"	65
Tableau 4.4	Etat de la consommation d'énergie 2015 " P : 243"	66
Tableau 4.5	Etat de la consommation d'énergie 2015 " P : 76"	67
Tableau 4.6	Comparaison entre les deux majorations	68
Tableau 4.7	Coût de majoration de la PMA "P : 243"	71
Tableau 4.8	Coût de majoration de la PMA " P : 76"	71
Tableau 4.9	Total de la consommation énergétique (KWh)	73
Tableau 4.10	Coût énergétique Année 2015 "P : 243"	73
Tableau 4.11	Comparaison entre l'énergie active et réactive "P : 243"	75
Tableau 4.12	Comparaison entre l'énergie active et réactive "P : 76"	76
Tableau 4.13	Coût de la majoration de l'énergie réactive "P : 243"	77
Tableau 4.14	Coût de la majoration de l'énergie réactive "P : 76"	77

Liste des figures

Liste des figures

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Figure 1,1	Composition vectorielle des puissances	1
Figure 1,2	Association en parallèle d'éléments résistif, inductif et capacitif	2
Figure 1,3	Diagramme traduisant l'échange d'énergie et montrant l'intérêt de la compensation	5
Figure 1,4	Principe de compensation shunts	5
Figure 1,5	Diagramme vectoriel de compensation shunt	6
Figure 1,6	Principe de compensation série	6
Figure 1,7	Principe de compensation par déphasage	7
Figure 1,8	Compensateur synchrone statique	8
Figure 1,9	Les bancs de condensateur	8
Figure 1,10	compensation global	9
Figure 1,11	compensation partielle	9
Figure 1,12	compensation individuelle	10
Figure 1,13	les compensateurs statiques de l'énergie réactive	10
Figure 1,14	Schéma de principe d'un FACT	12
Figure 1,15	Classification des dispositifs de compensation FACTS	13
Figure 2.1	Organigramme des différentes étapes de la convention	19
Figure 2.2	Composants de la formule tarifaire	24
Figure 2.3	Courbe de charge quotidienne	26
Figure 2.4	mise en place d'un plan de comptage	28
Figure 2.5	Compteur électromécanique	29
Figure 2.6	Compteur électronique	30
Figure 2.7	Organigramme du cycle de la facturation	32
Figure 2.8	l'analyse de la facture MT	33
Figure 3.1	coupe de forage	39
Figure 3.2	Partie hydraulique de la pompe immergée	42
Figure 3.3	Description du moteur immergé	42
Figure 3.4	Pompe centrifuge immergée	43
Figure 3.5	Courbe caractéristiques d'une pompe centrifuge	45
Figure 3.6	Donnée de base d'une pompe	46
Figure 3.7	Moteur asynchrone triphasé	47
Figure 3.8	Plaque signalétique d'un moteur asynchrone	48
Figure 3.9	Poste de transformation HTA/BT	49
Figure 4.1	Limites administratives de la ville de Biskra.	52
Figure 4.2	Delimitation du site d'etude	53

Liste des figures

Figure 4.3	Transformateur 400 KVA	55
Figure 4.4	Plaque signalétique	55
Figure 4.5	Armoire électrique	56
Figure 4.6	Interface du logiciel Saturne	58
Figure 4.7	courbe de charge de la fréquence	59
Figure 4.8	courbe de charge de la puissance active ‘ p : 76 ’	60
Figure 4.9	courbe de charge de la puissance réactive ‘ p : 76 ’	61
Figure 4.10	courbe de charge de la puissance active ‘ P : 243 ’	62
Figure 4.11	courbe de charge de la puissance réactive ‘ P : 243 ’	63
Figure 4.12	vérification du tarif	65
Figure 4.13	consommation de l'énergie active-réactive	68
Figure 4.14	Histogramme de comparaison entre la PMD et la PMA	69
Figure 4.15	Histogramme du coût de majoration	71
Figure 4.16	Diagramme sectoriel du coût de la consommation par poste horaire	73
Figure 4.17	Histogramme de comparaison entre l'énergie active et réactive	75
Figure 4.18	Histogramme du coût de majoration d'énergie réactive	77

Liste des abréviations et symboles

Abréviations

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
FACTS	Flexible Alternative Current Transmission Systems.
SVC	Static Var Compensator.
STATCOM	Static Synchronous Compensator.
TCSC	Thyristor Controlled Series Capacitor
RCN	Raccordement clientèle nouvelle
SET	Service Etude et travaux
DGD HT	Décompte, Général, Définitif, Hors Taxe
DAME	Demande d'alimentation en énergie électrique
PV	Procès verbal
PMD	La puissance mise a disposition
PMA	La puissance maximale absorbée
QMT	Quittance de moyenne tension
MT	Moyenne tension
BT	Basse tension
RN	Rue Nationale
ND	Niveau dynamique d'un puits ou d'un forage (m).
NS	Niveau statique d'un puits ou d'un forage (m).
HMT	Hauteur manométrique totale (m)
TGBT	Tableau Général Basse Tension
IEE	Itron Enterprise Edition.
MDM	Meter Data Management

Symboles

P	La puissance instantanée d'un système électrique
V_{eff}	Tension efficace
I_{eff}	Courant efficace
ω	La pulsation
φ	Le déphasage
L	L'inductance
C	La capacité
V_M	Tension au milieu du réseau
V_S	Tension de source
V_r	Tension de récepteur
V_G	Tension du jeu de barre de générateur
α	Angle de déphasage
δ	Angle de charge
U	Tension compose
Q_c	Puissance réactive de condensateur
n_{SP}	nombre de tours spécifique (tr/min).
n	Nombre de cellules associées en séries ou parallèle s. dimension

Liste des abréviations et symboles

Hg	Hauteur géométrique (m)
Q	Débit de la pompe (L/s)
Pa	Puissance électrique absorbée par le stator (W).
ρ	Masse volumique de l'eau (kg / m ³).
g	accélération de la pesanteur (m / s ²).
ΔH	Sommes de toutes les pertes de charges dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement
P_e	La puissance à l'entrée du champ PV (W)
a	Redevance fixe, Il concerne les frais mensuels liés à la gestion des clients (techniques et commerciaux). (DA/ mois)
P_c	Puissance mise à disposition du client et qu'il peut appeler suivant ses besoins elle est exprimée en KW
P_a	Puissance mise à disposition du client et qu'il peut appeler suivant ses besoins elle est exprimée en KW.
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	Prix de l'énergie par poste horaire h (c DA/kWh)
W	Energie réactive consommée au cours du mois (k VAR h/mois)
g	Prix de l'énergie réactive (c DA/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.
R	Montant mensuel de la facture (DA/mois)
Eh	énergie consommée au cours du mois dans le poste horaire h ($E = \sum E_h$)
Q_m	la valeur moyenne de la puissance réactive
P_m	la valeur moyenne de la puissance active

Sommaire

Sommaire

Remerciement.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	IV
Liste des symboles et abréviations.....	VI
Résumé.....	X
Sommaire	XI
Introduction générale.....	1

Chapitre 1: compensation de l'énergie réactive

Introduction	4
1.1. Puissance réactive.....	4
1.1.1. Sens physique de la puissance réactive.....	5
1.1.2. Le facteur de puissance ($\cos \varphi$)	6
1.1.2.1. Inconvénients d'un mauvais $\cos \varphi$	7
1.1.3. Le rôle de la puissance réactive dans un réseau	7
1.1.4. Problématique de l'énergie réactive au milieu industriel	7
1.2. La compensation.....	8
1.2.1. Principe de la compensation shunts	9
1.2.2. Principe de la compensation série.....	9
1.2.3. Principe de la compensation par déphasage.....	10
1.2.4. Moyens de compensation de la puissance réactive.....	11
1.2.5. Avantages apportés par la compensation d'énergie réactive	15
1.2.6. Systèmes de transmission flexibles en courant alternatif	15
Conclusion.....	18

Sommaire

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Introduction	20
2.1. Procédure de la convention (client – SONELGAZ)	20
2.2. Système tarifaire de l'électricité 'MT'	23
2.2.1. Caractéristiques	23
2.2.2. Périodes tarifaires	23
2.2.3. Présentation des tarifs	24
2.2.4. Formule générale de tarification	25
2.2.5. Courbe de charge quotidienne	27
2.3. Comptage de l'énergie électrique	27
2.3.1. Intérêt du comptage de l'énergie dans une entreprise	27
2.3.2. Plan de comptage	28
2.3.3. Méthodologie du plan de comptage	28
2.3.4. Principe d'amélioration continue (Roue de Deming)	28
2.3.5. Appareil de mesure électrique	30
2.3.6. Types de comptage	31
2.4. Mode de facturation des abonnés MT	32
2.4.1. Cycle de facturation	32
2.4.2. Analyse de facture (MT)	35
Conclusion	36

Chapitre 3: Généralité sur le pompage

Introduction	38
3.1. Ressources d'eau au niveau de la wilaya	38
3.2. Forage	39
3.3. Pompes	40

Sommaire

3.3.1. Choix d'une pompe.....	40
3.3.2. Pompe immergée	41
3.3.3. Pompe centrifuge	43
3.4. Moteur asynchrone triphasé.....	47
3.4.1. Caractéristiques.....	47
3.4.2. Avantages et inconvénients du moteur asynchrone	48
3.5. Poste de transformation MT/BT	49
Conclusion.....	51

Chapitre 4: Application sur le champ captant de Biskra

Introduction	53
4.1. Situation géographique du site de l'étude.....	53
4.1.1. Délimitation du site d'étude.....	54
4.2. Description technique du champ captant.....	54
4.3. Présentation générale de l'alimentation électrique.....	55
4.3.1. Etude du poste de transformation HTA/BT	55
4.3.2. Plaque signalétique	56
4.3.3. Armoire électrique	57
4.4. Présentation des postes d'étude	58
4.4.1. Pour le poste "243"	58
4.4.2. Pour le poste "76"	58
4.5. Suivi de l'évolution de la consommation	59
4.5.1. Présentation du logiciel.....	59
4.5.2. Caractéristique	60
4.5.3. Courbe de charge	60
4.6. Amélioration de la facturation	65
4.6.1. Vérification du choix de tarification	65
4.6.2. Analyse de la facture d'électricité des forages.....	66

Sommaire

4.6.3. Développement de l'énergie active et réactive	69
4.6.4. Vérification de la présence de la majoration du PMA	70
4.6.5. Vérification du poste horaire.....	73
4.6.6. Amélioration de l'énergie réactive.....	75
Conclusion.....	81

ملخص

الكهرباء طاقة ثمينة ينبغي استخدامها بحكمة فغلاء تكلفتها بات يهدد بقاء العديد من الهياكل العمومية و الخاصة. حيث تعود التكلفة العالية لاستهلاك الطاقة في السنوات الاخيرة لعدة عوامل. في هذه المذكرة حاولنا أن نحسن من فاتورة الكهرباء على مستوى الجزائرية للمياه وحدة بسكرة و ذلك باقتراح العديد من الحلول التقنية و الاقتصادية. يستند هذا العمل على منهجية واضحة المعالم وهي تحليل و تشخيص المعطيات و التغيرات المقترحة ولأجل هذا قمنا بالاستعانة بعدد من البرامج و التي منها ساتورن, ماتلاب, اكسال . أظهرت النتائج و جود خلل لذلك اقترحنا عدة حلول من شأنها أن تساعد على تقليل التكلفة الاجمالية للفواتير

الكلمات المفتاحية الكهرباء , الفاتورة, تحسين, و د ه , ساتورن , ماتلاب, اكسال

Résumé

L'électricité est une énergie précieuse qui devrait être utilisée à bon escient car sa cherté menace aujourd'hui la survie de nombreuses structures publiques ou privées. D'où le coût très élevé de la consommation énergétique est accentué ces dernières années suite à plusieurs facteurs. Dans ce mémoire nous avons essayé d'améliorer la facturation d'électricité au niveau de l'Algérienne des eaux (ADE) unité de Biskra, en proposant plusieurs solutions techniques et économiques. Le travail est basé sur une méthodologie bien déterminée qui consiste d'abord à analyser et diagnostiquer les données et l'influence des changements suggérés en utilisant certains logiciels comme Saturne, Matlab et l'Excel. Les résultats ont montré une grande défaillance. Donc nous avons proposé plusieurs solutions efficaces qui vont servir à réduire le coût total de la facturation.

Mots clés : électricité, facture, amélioration, ADE, Saturne, Matlab, Excel.

Introduction générale

Dans un environnement marqué par la mondialisation, l'évolution, la concurrence, la complexité et la rapidité des exigences du marché, les entreprises doivent faire preuve de dynamisme pour s'adapter rapidement et en souplesse aux nouvelles exigences d'où la cherté de l'énergie qui menace aujourd'hui la survie de nombreuses structures publiques ou privées (entreprises industrielles, grands immeubles administratifs,...).

Ainsi que la chute considérable du baril a influé d'une façon néfaste sur le coût de l'énergie, ce qui pousse les sociétés à chercher des moyens pour réduire leur facture d'électricité sans qu'ils influent sur leur capacité de production.

L'énergie réactive est un facteur très important qui influe sur l'amélioration de la marge de stabilité et l'équilibre du réseau électrique, ainsi que son fonctionnement. Mais sa présence excessive peut engendrer plusieurs perturbations nocives dans le réseau électrique et au milieu industriel (transformateurs, moteurs, les convertisseurs,...). Pour cette raison, il est nécessaire de produire l'énergie réactive au plus près possible des charges pour éviter qu'elle ne soit appelée sur le réseau, c'est ce qu'on appelle "**compensation de l'énergie réactive**". Pour inciter à cela le distributeur d'énergie pénalise financièrement les consommateurs d'énergie réactive au-delà d'un certain seuil. **[SCH 08]**

L'objectif essentiel du présent travail est de rationaliser la consommation, maîtriser la facture énergétique, par la suite diminuer les coûts et éviter les pénalités sur le dépassement de la puissance réactive.

Afin de répondre à ces besoins, on s'est posé plusieurs questions :

- ✓ Quels sont les moyens d'amélioration de la facturation ?
- ✓ Le choix de tarification adapté par l'ADE est-il justifié ?
- ✓ Les contrats d'abonnement avec la Sonelgaz sont-elles bien étudiés ?

Pour exécuter ce travail, nous avons utilisé certains logiciels (Saturne, Matlab et l'Excel).

Le présent travail, s'inscrit dans l'optique de l'amélioration de la facture énergétique au niveau des forages de l'ADE. Pour atteindre cet objectif de recherche, ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

Trois chapitres théoriques et le quatrième pratique, qui sont représentés comme suit :

En premier lieu, nous étudierons la compensation d'énergie réactive comme solution d'amélioration, nous présenterons l'influence du mauvais facteur de puissance sur les utilisateurs, fournisseurs et producteurs d'énergie électrique dans le but de son amélioration, tout en terminant par une analyse comparative des différentes techniques de compensation d'énergie réactive.

Introduction Générale

Vient ensuite le second chapitre qui est subdivisé en trois parties. D'abord nous développerons la formalité de la convention (client –Sonelgaz), puis nous accèderons à tous les points relatifs à la tarification. Enfin nous reviendrons sur le principe du comptage et de la facturation.

Le troisième chapitre, portera sur la présentation des différentes nappes d'eau. On se penchera sur tous les points concernant le pompage d'eau, ainsi que le moteur asynchrone et les différents types de postes de livraison.

Dans le dernier chapitre on présentera, en premier lieu la situation géographique de la zone d'étude ; ensuite, on procédera à l'analyse détaillée de la consommation électrique, en se focalisant sur les postes qui consomment le plus d'énergie.

Pour réaliser ce travail ; j'ai effectué un stage au sein de l'Algérienne des eaux (ADE) unité de Biskra qui est le cœur battant de la société qui alimente les différentes zones de la wilaya en eau potable et un autre stage en parallèle au niveau de la Sonelgaz de Biskra. Enfin, ce mémoire est clôturé à la fin par une conclusion générale.

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

Introduction

Dans ce chapitre, on abordera la notion de la puissance réactive en se basant sur son aspect physique et sa formulation mathématique.

En outre, une partie importante de ce chapitre sera consacrée à la compensation de cette énergie afin d'améliorer les performances du réseau électrique.

1.1. Puissance réactive

Les réseaux électriques à courant alternatif fournissent l'énergie apparente qui correspond à la puissance. Cette dernière se décompose en deux formes d'énergie:[OUS 12]

-L'énergie active: transformée en énergie mécanique (travail) et en chaleur (pertes).

-L'énergie réactive : la présence de déphasage entre la tension et le courant permet l'apparition de la puissance réactive. C'est le résultat du stockage de l'énergie électrique soit au niveau des inductances (bobines) sous forme de champ électrostatique, soit au niveau des condensateurs (capacité) sous forme de champ électromagnétique.[SCH 06]

On définit ainsi la Composition vectorielle des puissances (figure 1.1)

- ❖ la puissance apparente : $S = UI$ (kVa),
- ❖ la puissance active : $P = UI \cdot \cos \varphi$ (kW),
- ❖ la puissance réactive : $Q = UI \cdot \sin \varphi$ (kvar).

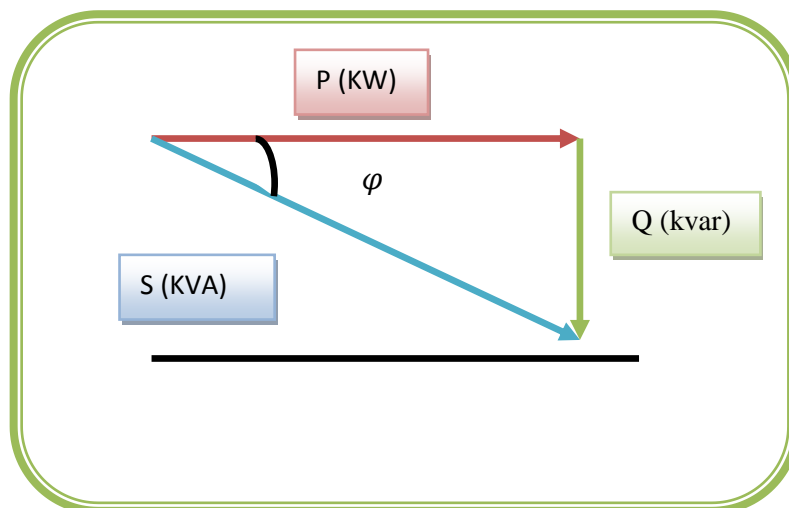


Figure 1.1 :Composition vectorielle des puissances

Exemple :

Les principaux consommateurs d'énergie réactive concernent :

- ❖ Les moteurs asynchrones
- ❖ Les transformateurs
- ❖ Les inductances (ballasts de tubes fluorescents)
- ❖ Les convertisseurs statiques (redresseurs)
- ❖ Les lampes à ballast magnétiques à fluorescence ou à décharge
- ❖ Les fours à induction et à arc. **[SCH 06]**

1.1.1. Sens physique de la puissance réactive

La nature de la puissance réactive doit être prise en compte pour sa valorisation. Pour cela il est nécessaire de revenir sur sa définition et son interprétation physique. La puissance instantanée d'un système électrique monophasé est définie par :

$$p(t) = v(t) \times i(t) \quad (1.1)$$

$$\text{Avec } v(t) = v_{eff} \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \quad (1.2)$$

$$\text{Et } i(t) = I_{eff} \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \varphi) \quad (1.3)$$

Où V_{eff} et I_{eff} sont les valeurs efficaces de la tension et du courant, ω la pulsation, et φ le déphasage du courant par rapport à la tension prise comme référence de phase.

Si l'on considère une charge R L C connectée en parallèle et alimentée par une source de tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz (Figure. 1.2), les différents éléments vont absorber des courants dépendant de leurs impédances.

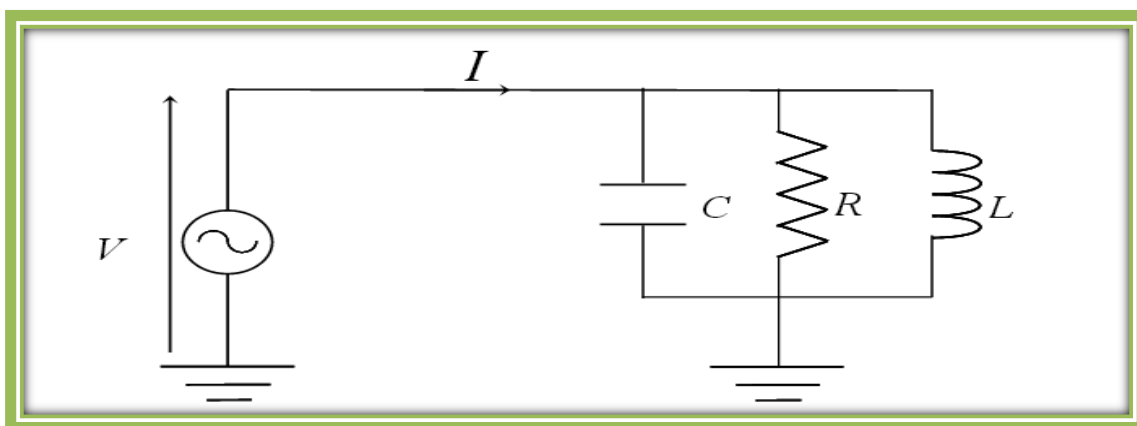


Figure 1.2 : Association en parallèle d'éléments résistif, inductif et capacitif

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

Chaque élément va absorber les puissances actives et réactives suivantes :

Tableau 1.1. Les puissances actives et réactives absorbées par la résistance, inductance et capacité

Charge	impédance	Courant	Déphasage I/V	Puissance active	Puissance réactive
Résistance	R	V/R	0	V²/R	0
Inductance	JLω	V/Lω	+90°	0	V²/Lω
Capacité	1/jCω	CωV	-90°	0	-CωV²

La puissance instantanée consommée par chacun de ces éléments est sinusoïdale et d'une fréquence double de celle de la source d'alimentation. La puissance instantanée de chaque élément peut être résumée par les expressions suivantes : **[MAR 09]**

$$P_R(t) = v_R(t) \cdot i_R(t) = \frac{V^2}{R} \cos^2(\omega t) = \frac{V^2}{2R} (1 + \cos(2\omega t)) \quad (1.4)$$

$$P_L(t) = v_L(t) \cdot i_L(t) = V \cos(\omega t) \cdot \frac{V}{L\omega} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = \frac{V^2}{2L\omega} \sin(2\omega t) \quad (1.5)$$

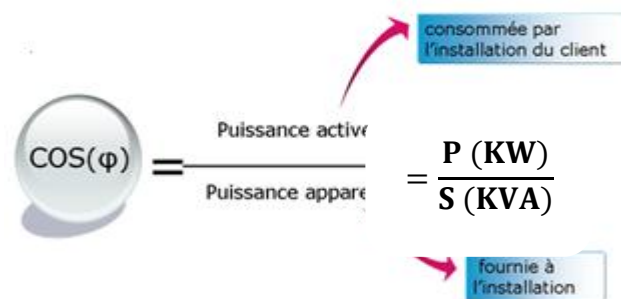
$$P_C(t) = v_C(t) \cdot i_C(t) = V \cos(\omega t) \cdot C\omega V \cos(\omega + \frac{\pi}{2}) = \frac{C\omega V^2}{2} \sin(2\omega t) \quad (1.6)$$

1.1.2. Le facteur de puissance ($\cos\varphi$)

Le facteur de puissance est une caractéristique d'un récepteur électrique.

Pour un dipôle électrique alimenté par un courant variable au cours du temps, il est le rapport entre la puissance active **P (KW)** par ce dipôle et la puissance apparente **S (kVa)** et peut varier de 0 à 1.

[THE 00]



- ✓ Un facteur de puissance **proche de 1** indique une faible consommation de l'énergie réactive
- ✓ Un facteur de puissance **égale à 1** ne conduira à aucune consommation de la puissance réactive (purement résistive).

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

- ✓ Un facteur de puissance **inférieur à 1** conduira à une consommation de la puissance réactive d'autant plus importante qu'il se rapproche de 0 (purement inductive).

1.1.2.1. Inconvénients d'un mauvais $\cos \varphi$

- ❖ Dégrade la capacité de transport de l'énergie électrique par des câbles ;
- ❖ Entraîne un surdimensionnement des installations neuves : câbles (section), transfo (S)
- ❖ Entraîne des renforcements prématurés des installations existantes ;
- ❖ Ne laisse pas de réserve de marche au secondaire du transformateur ; **[THE 00]**
- ❖ entraîne une surfacturation SONEGAS par une surconsommation ou une pénalité.

1.1.3. Rôle de la puissance réactive dans un réseau

L'industrie sera dépourvue de tous les moteurs et de tout ce qui tourne parce que la puissance réactive est responsable de la création du champ électromagnétique qui va provoquer la rotation ou bien le mouvement de n'importe quelle machine.

La puissance réactive est un facteur très important qui influe sur l'amélioration de la marge de stabilité et l'équilibre du réseau électrique, ainsi que son fonctionnement.

1.1.4. Problématique de l'énergie réactive au milieu industriel

Dans l'environnement industriel actuel, la présence excessive de la puissance réactive dans le réseau électrique peut engendrer plusieurs inconvénients tels que :

- ❖ La dégradation du facteur de puissance
- ❖ Les chutes de tension considérables
- ❖ Les pertes dans les lignes, les transformateurs et les générateurs
- ❖ Les fluctuations de tension produites par les variations soudaines des charges
- ❖ Dégradation de la durée de vie des équipements et la diminution de leurs performances.
- ❖ Echauffement des dispositifs présentant un champ électromagnétique comme les transformateurs (saturation). **[THE 00]**

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

1.2. Compensation de l'énergie réactive

La circulation de l'énergie réactive a des incidences techniques et économiques importantes sur les réseaux de distribution. Elle entraîne aussi des effets néfastes au milieu industriel (les surcharges, l'échauffement des câbles, les pertes ...)

Pour ces raisons, il est nécessaire de produire l'énergie réactive au plus près possible des charges pour éviter qu'elle ne soit appelée sur le réseau, c'est ce qu'on appelle **'Compensation de l'énergie réactive'**.

Pour inciter à 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. **[THE 00]**

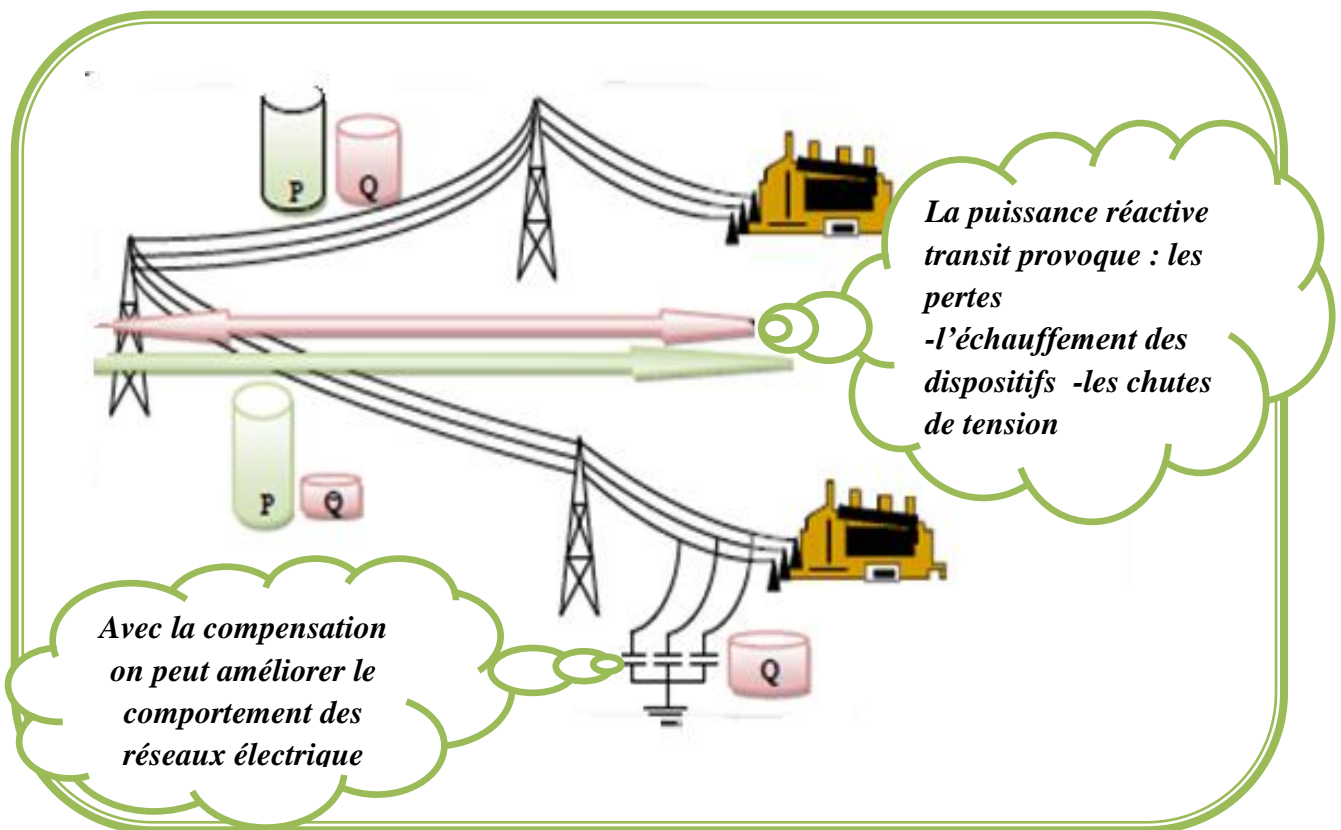


Figure. 1.3 :Diagramme traduisant l'échange d'énergie et montrant l'intérêt de la compensation.

Différentes méthodes de compensation sont utilisées pour relever le facteur de puissance, qui se résume par les principes suivants.

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

1.2.1. Principe de la compensation shunts

On insère maintenant au milieu de la ligne un compensateur d'énergie réactive idéal. Ce dispositif permet de maintenir la tension V_M à la tension V_S , en contrôlant le flux de puissance réactive (Figure. 1.4). En effet, la chute de la tension à travers une ligne est donnée par la relation en négligeant le terme résistif de la ligne. [MAR 09]

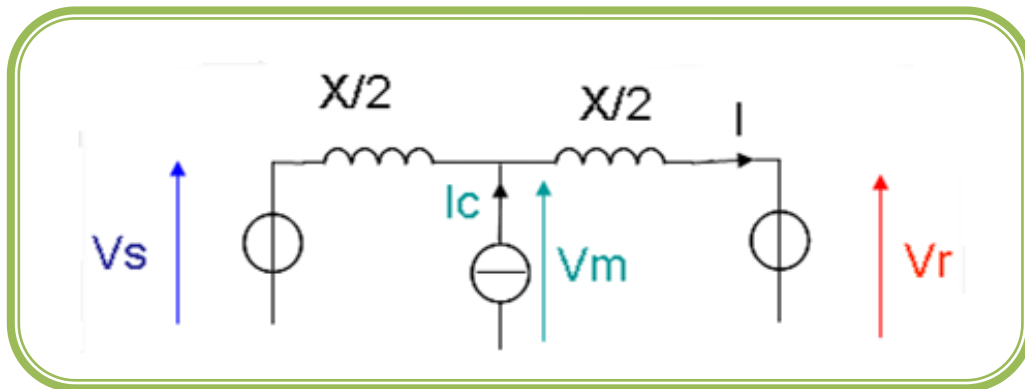


Figure. 1.4 : Principe de compensation shunts

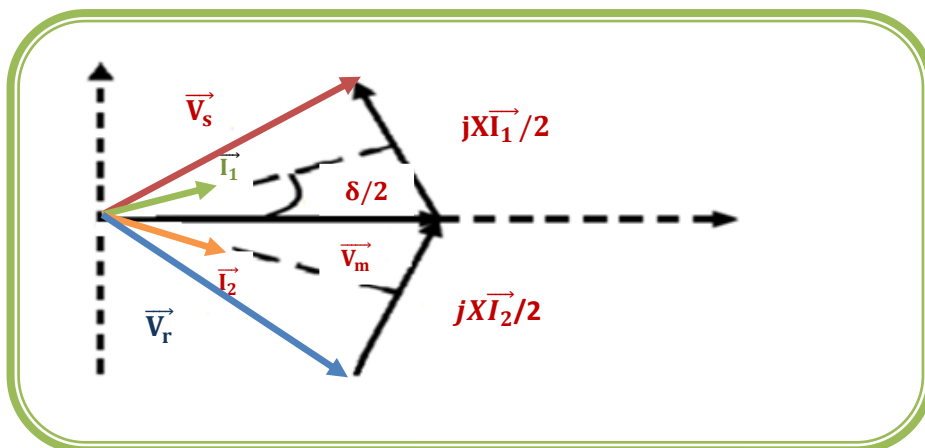


Figure. 1.5 : Diagramme vectoriel de compensation shunt

1.2.2. Principe de la compensation série

Cette compensation a pour principe d'insérer une réactance capacitive sur la ligne toujours dans le but d'en augmenter la puissance transmissible. La ligne étant modélisée par une réactance de type inductif, on comprend aisément que l'on diminue cette réactance en ajoutant une réactance de type capacitive n conservant le même modèle de ligne. On obtient la compensation série donnée par la (figure1.6).

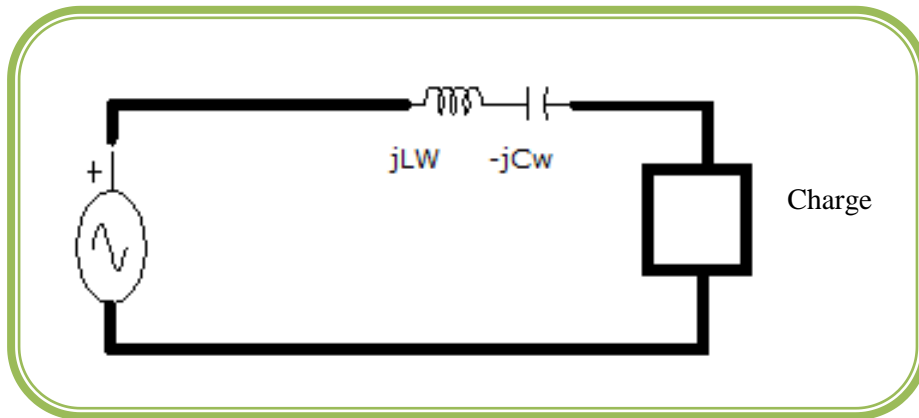


Figure. 1.6: Principe de compensation série

Avec ce type de compensation, les condensateurs doivent échanger de l'énergie réactive en quantité importante. Les propriétés sont similaires à celles des compensateurs d'énergie réactive [MAN 07].

1.2.3. Principe de la compensation par déphasage

Le principe de cette compensation est basé sur l'insertion d'un déphaseur sur la ligne. Ce dispositif est modélisé par une source de tension, d'amplitude et de phases variables. On peut alors avoir à la sortie du déphaseur une tension V_S de même amplitude qu'à l'entrée V_G mais déphasée d'un angle α (Figure 1.7).

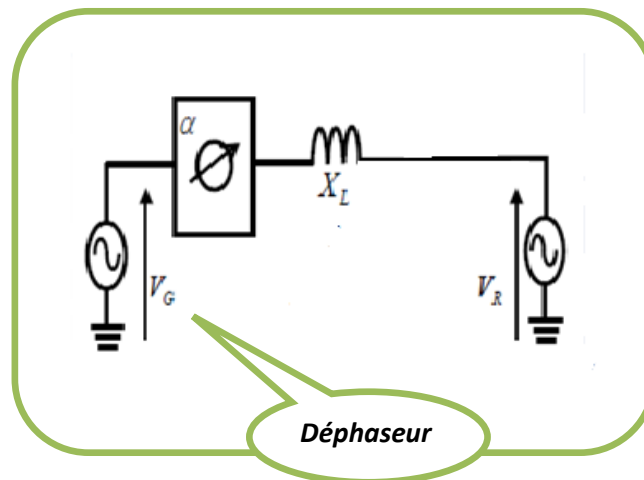


Figure. 1.7: Principe de compensation par déphasage

La puissance transmissible est alors fonction de l'angle déphasage

$$p = V^2 \cdot \sin(\delta + \alpha) / X_L \quad (1.7)$$

Pour ce type de compensation, la puissance maximale n'est pas augmentée, mais le réglage de α permet de régler l'acheminement de puissance. Ce dispositif fonctionne finalement comme une vanne électronique. [MAN 07]

1.2.4. Moyens de compensation de la puissance réactive

Il existe plusieurs catégories de dispositifs de production de puissance réactive : compensateurs synchrones, les bancs de condensateurs et les compensateurs statiques de puissance réactive.

1.2.4.1. Compensateurs synchrones

Les compensateurs synchrones sont des alternateurs synchrones connectés au réseau, mais ils ne sont pas entraînés par une turbine et ne fournissent donc pas de puissance active. Comme ils fonctionnent en moteur, ils consomment la puissance active correspondante à la compensation de ces pertes mécaniques et électriques. A l'instar des générateurs synchrones, leur courant d'excitation est réglable, permettant ainsi de contrôler la tension à leur nœud de connexion. Figure (1.8)

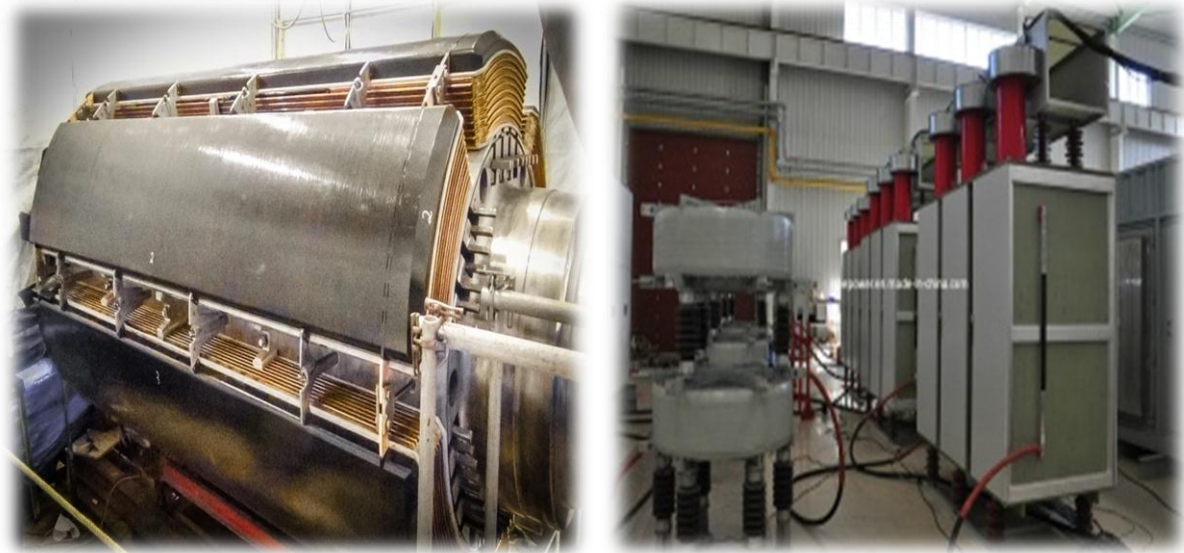


Figure 1.8:Compensateur synchrone statique

1.2.4.2. Bancs de condensateurs

Les bancs de condensateurs sont des dispositifs statiques de compensation de puissance réactive. Leur connexion sur les systèmes énergétiques permet d'injecter de la puissance réactive. Néanmoins leur fonctionnement en tout ou rien ne permet pas un pilotage de la tension, même s'ils peuvent être connectés par gradins. Les connexions ou déconnexions de condensateurs entraînent une diminution de leur durée de vie. Un inconvénient supplémentaire de ces dispositifs est que la puissance réactive générée diminue avec le carré de la tension ; en effet la puissance réactive est générée par un banc de condensateur triphasé de capacité par phase C sous la tension composée U vaut $Q_c = CwU^2$, figure (1.9). **[MAN 07]**



Figure 1.9 : Les bancs de condensateur

1.2.4.2.1 Choix de la localisation

La compensation de l'énergie réactive peut être réalisée sur tout point d'une installation chaque méthode où elle sera installée suivra une stratégie différente pour obtenir l'amélioration du facteur de puissance.

1.2.4.2.1.1 Compensation globale

La batterie est raccordée à l'entrée générale de l'installation pour assurer la compensation sur l'ensemble des charges. Habituellement utilisée pour la réduction de la facturation électrique pour surcharges par énergie réactive (les pénalités) et soulager le poste de transformation.

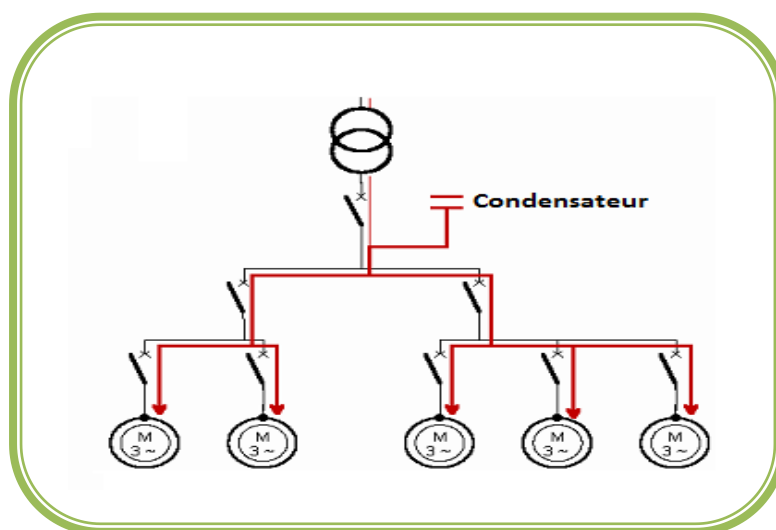


Figure 1.10: compensation globale

La figure (1.10) montre le principe de la compensation globale.

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

1.2.4.2.1.2. Compensation locale ou par secteurs (partielle)

La batterie est installée en tête du secteur d'installation à compenser 'figure (1.11)'. Elle convient lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont différents.

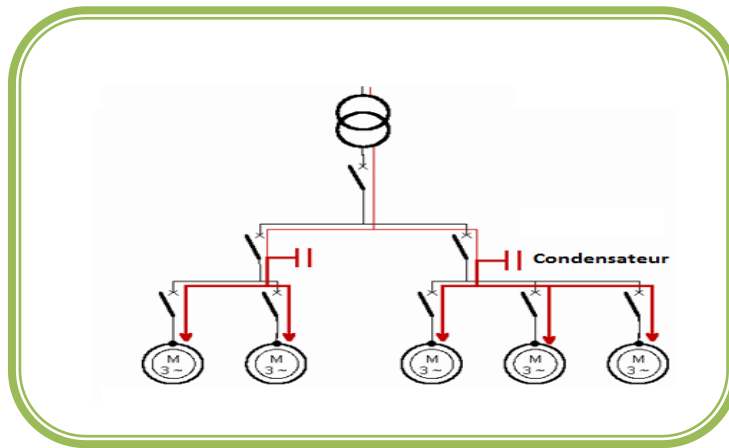


Figure 1.11: compensation partielle

1.2.4.2.1.3. Compensation individuelle

La batterie est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur inductif (moteur en particulier) 'figure (1.12). Elle est à envisager lorsque la puissance du moteur est importante par rapport à la puissance souscrite. Cette compensation est techniquement idéale puisqu'elle produit l'énergie réactive à l'endroit même où elle est consommée et en quantité ajustée à la demande.

[THE 00]

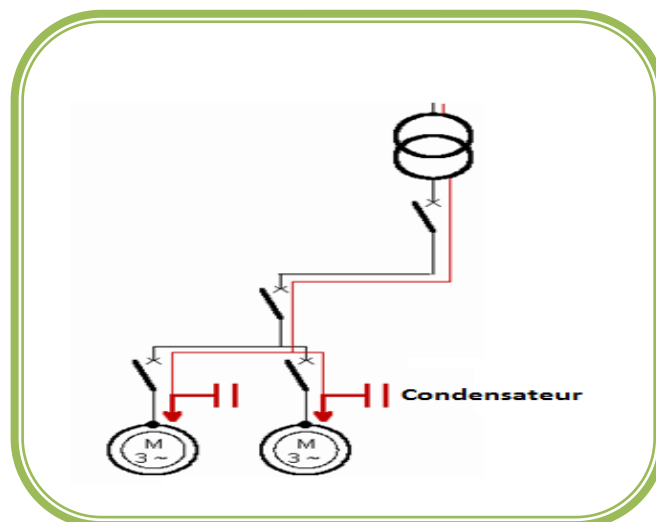


Figure 1.12 : compensation individuelle

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

1.2.4.2. Avantages et inconvénients des batteries de condensateurs

Le tableau 1.2 nous montre les avantages et les inconvénients des batteries de condensateurs.

Tableau 1.2 : Avantages et inconvénients des batteries de condensateurs

Les bancs de condensateurs	
Avantages	<ul style="list-style-type: none">✓ de faibles pertes ;✓ un faible volume et une installation facile ;✓ Peuvent être fractionnés suivant les besoins ;✓ Soit leur prix est moins élevé que les compensateurs rotatifs, qu'elle que soit la puissance ;
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none">✓ la puissance réactive fournie n'est pas réglable;✓ la puissance réactive fournie varie avec la tension d'alimentation ;✓ la mise sous tension provoque un violent appel de courant ;✓ l'inconvénient le plus important, c'est le régime transitoire après l'enclenchement et déclenchement parce que : <p>L'enclenchement d'une batterie de condensateurs destinée à fonctionner en dérivation, sur un réseau est accompagné d'un régime transitoire résultant de la charge de la batterie.</p>

1.2.4.3. Compensateurs statiques de l'énergie réactive

Les compensateurs statiques de puissance réactive, ou FACTS (Flexible Alternative Current Transmission System) sont des dispositifs plus récents, qui associent des bancs de condensateurs et de bobines à des convertisseurs d'électronique de puissance permettant de régler la puissance réactive délivrée et absorbée selon le besoin instantané de la charge. Ces appareils ont un temps de réponse très court, de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes. La figure (1.13)



Figure 1.13 : les compensateurs statiques de l'énergie réactive

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

1.2.5. Avantages de la compensation d'énergie réactive

Le tableau 1.3 nous montre les différents avantages techniques et économiques de la compensation de l'énergie réactive. [SCH 06]

Tableau 1.3 : Avantages apportés par la compensation d'énergie réactive

	Avantages
Economique	<ul style="list-style-type: none">➤ Une réduction de la souscription de puissance en kVa➤ Une suppression de la facturation des consommations excessives d'énergie réactive➤ Diminution de l'énergie active consommée en KWh (réduction des pertes joule.
Technique	<ul style="list-style-type: none">➤ Une augmentation de la puissance disponible au secondaire des transformateurs➤ Une diminution des pertes joule dans les câbles➤ Une diminution des chutes de tension dans les câbles.

1.2.6. Systèmes de transmission flexibles en courant alternatif

Avec le développement rapide de l'électronique de puissance, les Systèmes Flexibles de Transport ont été créés et implantés dans les réseaux électriques. Les FACTS peuvent être utilisés pour contrôler l'écoulement de puissance et améliorer la stabilité du système. Particulièrement, avec le nouveau système de dérégulation du marché de l'énergie, il y a une augmentation de l'intérêt accordé aux FACTS dans l'exploitation et le contrôle des réseaux électriques et ceci est dû aux nouvelles contraintes de charge et aux nouvelles contingences.

L'installation des FACTS est devenue indispensable pour augmenter la capacité et la contrôlabilité d'un réseau électrique. [Mah 10]

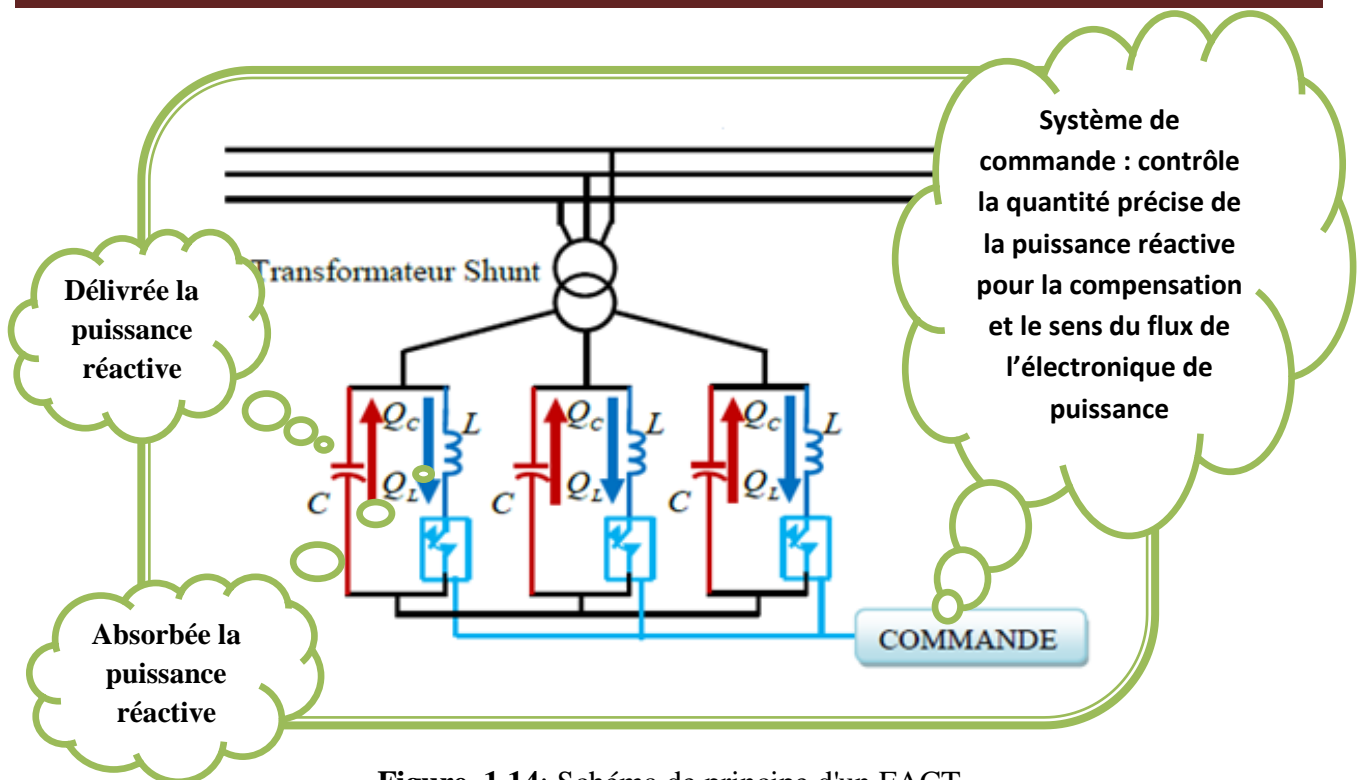


Figure. 1.14: Schéma de principe d'un FACTS

2.2.6.1. Définition

Les systèmes de dispositifs FACTS sont employés pour le contrôle dynamique de tension, impédance et angle de phase de tension afin d'améliorer le comportement dynamique des réseaux ainsi que la répartition et l'écoulement des puissances dans les réseaux. Selon **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers), les FACTS, sont définis comme suit:

Ce sont des systèmes à courant alternatif incorporant des éléments d'électronique de puissance et d'autres contrôleurs statiques pour l'amélioration de la contrôlabilité et la capacité du transit de la puissance. **[PAD 07]**

2.2.6.2. Rôles des FACTS

- ✓ Améliorer le contrôle de la tension et la stabilité du réseau
- ✓ Réduire les pertes actives totales
- ✓ Compenser l'énergie réactive
- ✓ Augmenter la capacité de transport de la puissance active
- ✓ Améliorer la stabilité électromécanique des groupes de production
- ✓ Permettre un meilleur contrôle et une gestion de l'écoulement de puissance
- ✓ Augmenter la capacité de transmission de puissance des lignes en s'approchant
- ✓ Améliorer des oscillations de puissance et de tension susceptibles d'apparaître dans les réseaux à la suite d'un défaut. **[ZEI 13]**

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

- ✓ Jouer un double rôle (fourni et absorbé la puissance réactive)
- ✓ Contrôler la quantité précise (l'angle de l'allumage est proportionnel à la puissance nécessaire à la compensation)

2.2.6.3. Différents types des systèmes FACTS

La technologie FACTS n'est pas limitée par un seul dispositif mais elle regroupe une collection de dispositifs, à base de l'électronique de puissance implantés dans les réseaux électriques, afin de mieux contrôler le flux de puissance et augmenter la capacité de transit de leurs lignes. Par action de contrôle rapide de ces systèmes sur l'ensemble de paramètres du réseau: tension, impédance, déphasage ..., ils permettent d'améliorer les marges de stabilité et assurent une meilleure flexibilité du transfert d'énergie. [ABD 09]

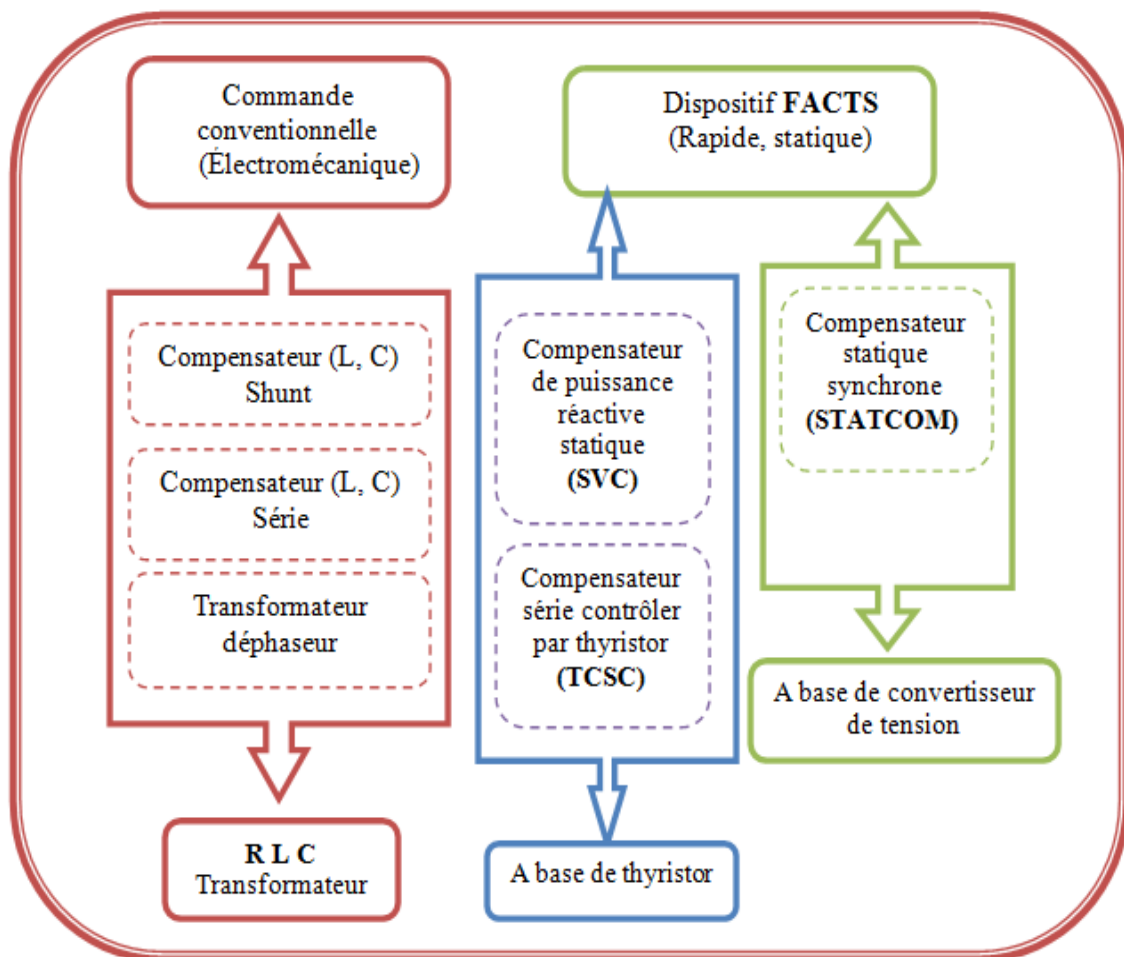


Figure. 1.15 : Classification des dispositifs de compensation FACTS.

Chapitre 1 : compensation de l'énergie réactive

2.2.6.4. Applications principales des FACTS

Il existe de nombreux domaines d'application variant d'un type à l'autre, en les résumant dans le tableau suivant: **[KER 13]**

Tableau 1.4 : Principales applications des dispositifs FACTS

type	Application
SVC	<ul style="list-style-type: none">✓ Stabilisation dynamique de tension.✓ variation réduite de tension.✓ Amélioration de stabilité d'angle et de tension.✓ Équilibrage de charge dynamique.
TCSC	<ul style="list-style-type: none">✓ Amélioration de la stabilité de coupure et de tension.✓ Commandement de la ligne flux de puissance.✓ Augmentation de la capacité de transfert d'énergie.✓ Atténuation de l'oscillation électromécanique.
STATCOM	<ul style="list-style-type: none">✓ Stabilisation dynamique de tension.✓ Équilibrage de charge dynamique.✓ Amélioration de la qualité de puissance

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un survol de la puissance réactive a été établi en montrant ses avantages et ses inconvénients. Ses derniers nécessitant une compensation, afin d'assurer une bonne qualité d'énergie électrique. Ainsi que le système FACT qui occupe une place privilégiée dans ce chapitre.

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Introduction

Ce chapitre se compose de trois parties. En premier lieu, nous développerons la procédure d'abonnement en décortiquant le contrat client (l'abonné MT) et la SONELGAZ, puis nous aborderons tous les points concernant la tarification et en dernier lieu nous revenons sur le principe du comptage.

2.1. Procédure de la convention (client – SONELGAZ)

Les abonnées cherchant un nouveau branchement en électricité que ce soit basse tension (BT) ou moyenne tension (MT), doivent suivre une certaine procédure, en ce qui concerne la basse tension "<25 mètres" (est un branchement simple) on l'étaye alors par une fiche d'études pour faciliter la réalisation de ce dernier donc c'est l'agence qui s'occupe de toutes les opérations. Sauf si la demande du client dépasse les 25 mètres réglementaires (elle devient une extension de réseau) donc le dossier sera transféré automatiquement au niveau de la direction régionale (DR). Pour cela, le client doit présenter un dossier comportant les pièces suivantes :

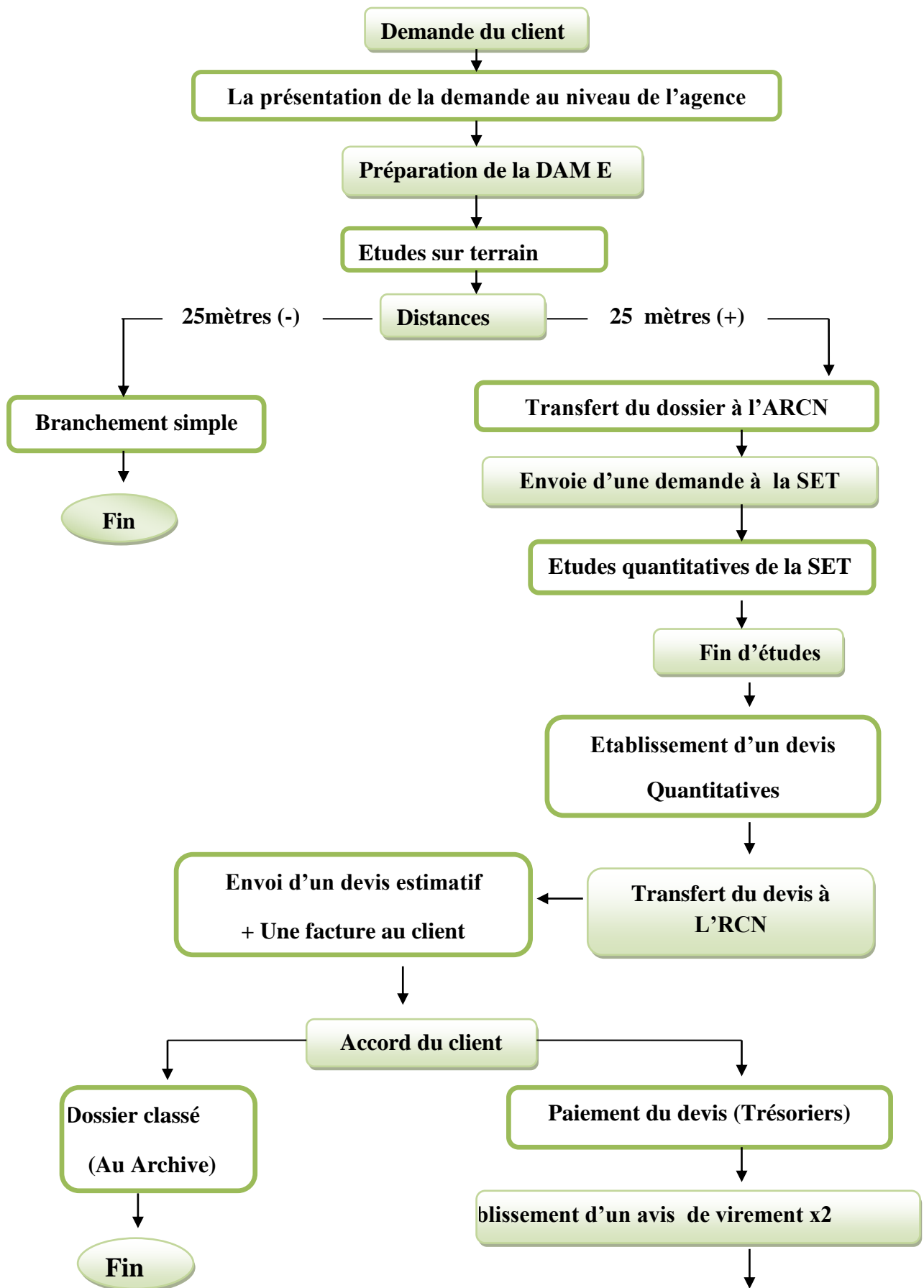
- Demande d'alimentation en énergie électrique.
- Copie de la carte d'identité.
- le folio de son voisin.

Après l'achèvement de l'étude du dossier, et la mise en service du compteur de l'abonné, le service RCN transmet un dossier complet au service clientèle, afin d'intégrer ce dernier, et suivre leur consommation. Pour que le dossier soit accessible il faut qu'il contienne :

- ✓ Un X577 (Fiche renseignements)
- ✓ Un Contrat d'abonnement explicatif entre SONELGAZ et l'abonné.
- ✓ Une Avance sur la consommation.

Un Ordre de mise en service. **[SAG 08]**

Toutes ces informations sont illustrées dans l'organigramme suivant :



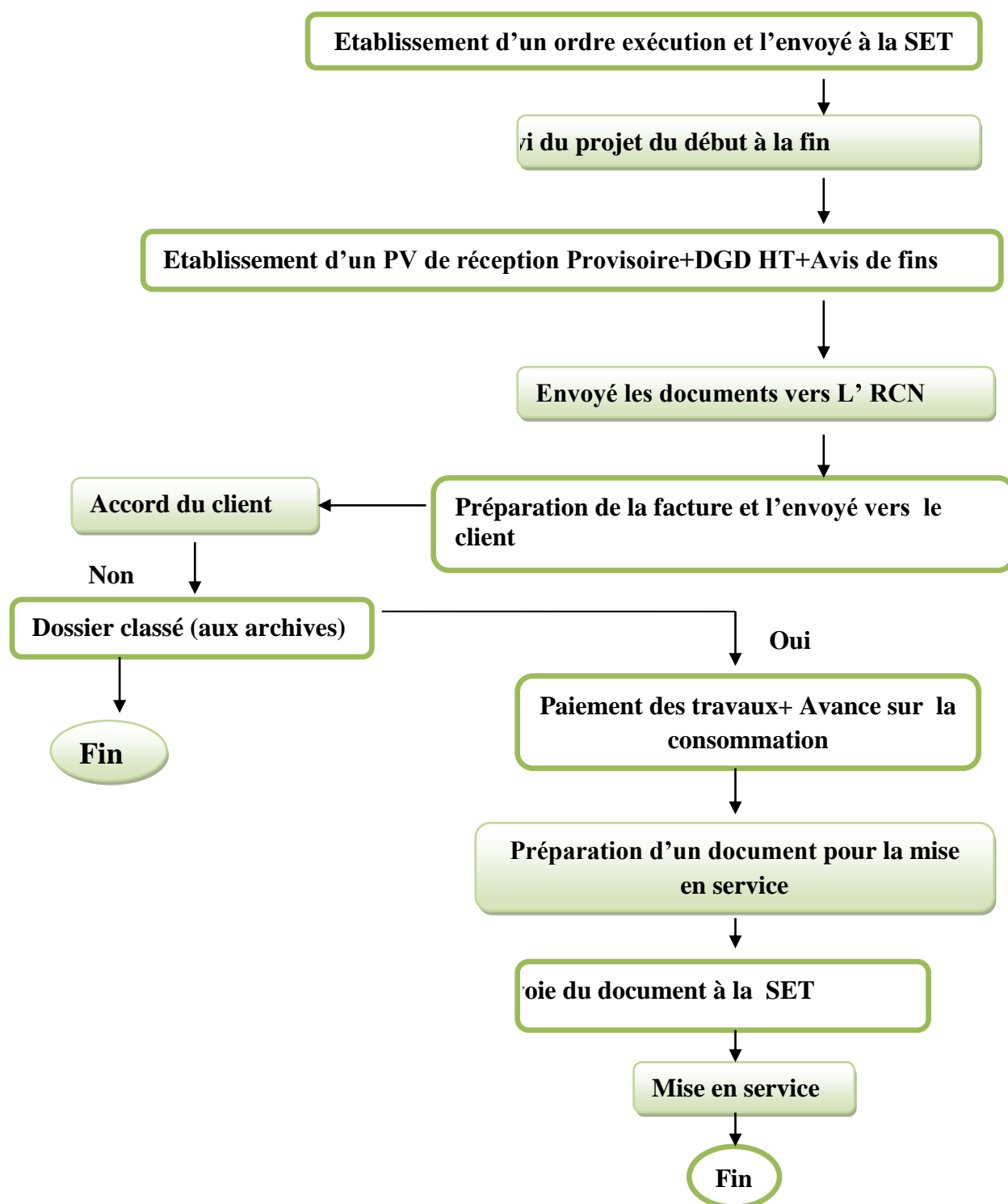


Figure 2.1 : Organigramme des différentes étapes de la convention[SAG 08]

Les documents qui représentent le contrat (Sonelgaz /client MT) et la fiche de renseignement. Sont représentés dans l'annexe (f et g).

Chapitre 2 : Comptage et tarification

2.2. Système tarifaire de l'électricité 'MT'

La tarification de l'électricité consommée est réalisée en fonction de la puissance utilisée et de critères horaire et saisonniers.

Le système tarifaire de SONELGAZ a pour but :

- D'assurer des recettes à l'entreprise de la vente de ces produits pour faire face à ces charges et en particulier le salaire de son personnel.
- De diminuer les coûts de mise à disposition à la clientèle de l'énergie électrique par l'incitation de celle-ci à consommer durant les périodes les moins chargées.
- D'assurer une égalité de traitement de tous les abonnés d'un même niveau de tension ou de pression par la mise en place des tarifs à l'échelle nationale. **[CRE 16]**

2.2.1. Caractéristiques

La structure de la tarification est unique pour l'énergie électrique .Elle se compose de :

- **Deux termes communs à l'électricité, il s'agit de:**

- * Les redevances fixes
- * L'énergie électrique

- **Un terme propre à l'électricité**

- * La puissance mise à disposition (**PMD**),
- * puissance maximale absorbée (**PMA**). **[SAG 08]**

2.2.2. Périodes tarifaires

Les prix de l'énergie sont différenciés selon les heures d'utilisation. Les heures de la journée ont été regroupées en 3 postes horaires comme suit.

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 creuses : Tous les jours de l'année de 22h30 à 6h (heures faiblement chargées).

Aux différents postes horaires définis ci-dessus, correspondent, selon le tarif, six périodes tarifaires (pointe, heures pleines, heures creuses, hors pointe, jour, poste unique) qui sera récapitulé dans le tableau suivant. **[DOC 14]**

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Tableau 2.1 :Différents périodes tarifaire

Triple tarif (3 Périodes Tarifaires)	Heures creuses (22h 30 → 6h) (7h 30/jour)	Heures pleines (6h → 17h) (21h → 22h30)	Heures pointes (17h → 21h) (4h/jour)
Double tarif (2 Périodes Tarifaires)	Heures hors pointe (21h → 17h) (20h/jour)		Heures pointe (17h → 21h) (4h/jour)
double tarif (2 Périodes Tarifaires)	Nuit (22h 30 → 6h) (7h 30/jour)	Jour (6h → 22h 30) (16h 30 /jour)	
Simple tarif Unique	Poste unique (24h/jour)		

2.2.3. Présentation des tarifs

Les tarifs d'électricité actuellement en vigueur sont classés en trois séries où chaque série regroupe les tarifs propres à un niveau de tension auquel le client est raccordé.

- ❖ **Tarifs série 30** : abonnés Haute Tension.
- ❖ **Tarifs série 40** : abonnés Moyenne Tension.
- ❖ **Tarifs série 50** : abonnés Basse Tension.

2.2.3.1. Tarifs

On distingue 4 types de tarification pour une moyenne tension :

Tarif E41 = Heures pointes de 17H00 à 21H00 (**872,02 c DA**) + Heures Pleines 06H00 à 17H00 & 21H à 22H30 (**193,76 c DA**) + Heures nuit de 22H30 à 06H00 (**102,40 c DA**).

Tarif E42 = Heures pointes de 17H00 à 21H00 (**872,02 c DA**) + Heures hors pointes 21H00 à 17H00 (**180,64 c DA**).

Tarif E43 = Jours de 6H00 à 22H30 (**428,30 c DA**) + Nuits de 22H30 à 6H00 (**102,40 c DA**).

Tarif E44 (unique) = le prix de kWh est (**375,62 c DA**)

C'est au client de choisir le type de tarification adéquat à son besoin énergétique, le tableau suivant nous montre les prix de la PMD, PMA et la redevance fixe. **[CRE 16]**

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Tableau 2.2 : Prix de la puissance et de la redevance fixe

Type de tarif	Puissance mis à disposition PMD	Puissance maximale Absorbée PMA	Redevance fixe
41	25,85 DA/Kw/ mois	116,15 DA/Kw/mois	38 673,35 DA/mois
42	38.70 DA/ Kw/ mois	180.58 DA/Kw/mois	515.65 DA/mois
43	38.70 DA/ KW/ mois	154.56 DA/ Kw/ mois	515.65 DA/mois
44	38.70 DA/ Kw/ mois	180.58 DA/Kw/mois	515.65 DA/mois

Remarque : le tarif ou l'option tarifaire, les plus appropriés pour l'entreprise peuvent changer d'une année à l'autre (changement tarifaire du fournisseur, réorganisation de l'entreprise).

2.2.4. Formule générale de tarification

La construction ou conception de tous les tarifs est bâtie en fonction d'une architecture ou structure unique, elle est appelée : **Formule tarifaire**.

L'expression générale de la structure tarifaire est un polynôme comportant trois parties est schématisée comme suit :

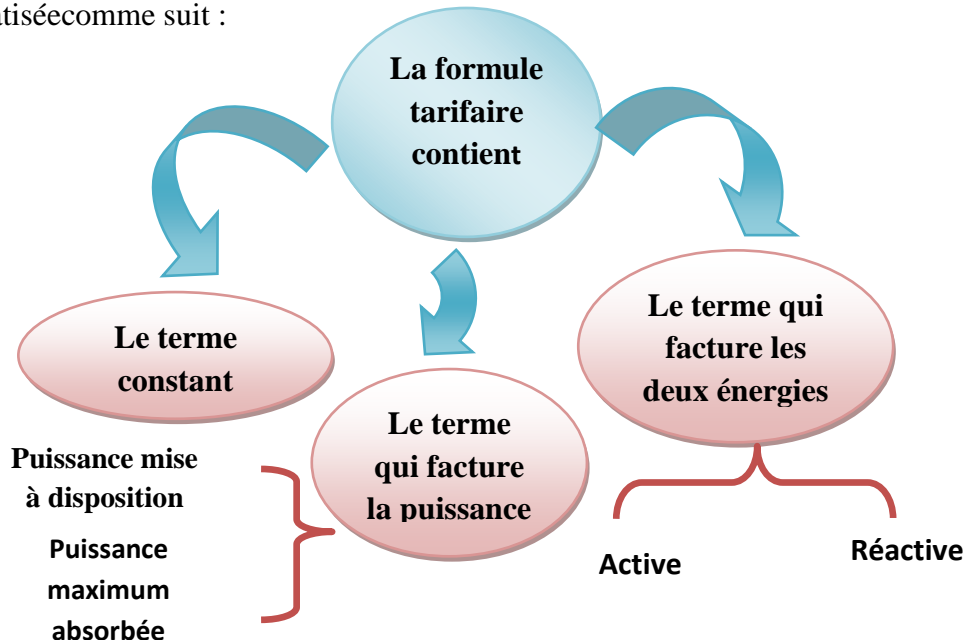


Figure 2.2 : Composants de la formule tarifaire

Cette formule est applicable à l'ensemble des clients pour les tensions suivantes :

Haute et très haute Tension : 60 – 90 – 220 kV.

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Moyenne Tension : **5,5 – 10 – 30 kV**.

Basse Tension : **220 – 380 V**.

1° terme Redevances

$$R = a + c.P_c + d.P_a + \sum e_h . E_h + a . (\omega - r . E)$$

Montant

2° terme Puissance

3° terme Énergie

Où

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

a : Redevance fixe, Il concerne les frais mensuels liés à la gestion des clients (techniques et commerciaux). (DA/ mois)

P_c : Puissance mise à disposition du client et qu'il peut appeler suivant ses besoins elle est exprimée en KW

P_a : Puissance maximale absorbée en cours de la période de facturation mesurée par un appareil indicateur de maximum avec remise à zéro à chaque relève. Elle est exprimée en KW.

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)

E_h : énergie consommée au cours du mois par poste horaire h ($E = \sum E_h$)

e_h : Prix de l'énergie par poste horaire h (cDA/kWh)

W : Energie réactive consommée au cours du mois (kVAR h/mois)

g : Prix de l'énergie réactive (c DA/kVarh)

r : concerne la facturation de l'énergie réactive : valeur du rapport $\tan \phi = W/E$ au delà duquel il y a majoration et en deçà bonification. On prend $r = 0,5$ ce qui correspond à un $\cos \phi$ de 0,894. **[SAG 08]**

2.2.5. Courbe de charge quotidienne

En réalité la consommation de l'énergie électrique n'est pas statique, elle varie selon le besoin instantané d'où par la représentation, on aura recours à des courbes de charge montrant l'évolution de la demande au cours de la journée. [DOC 14]

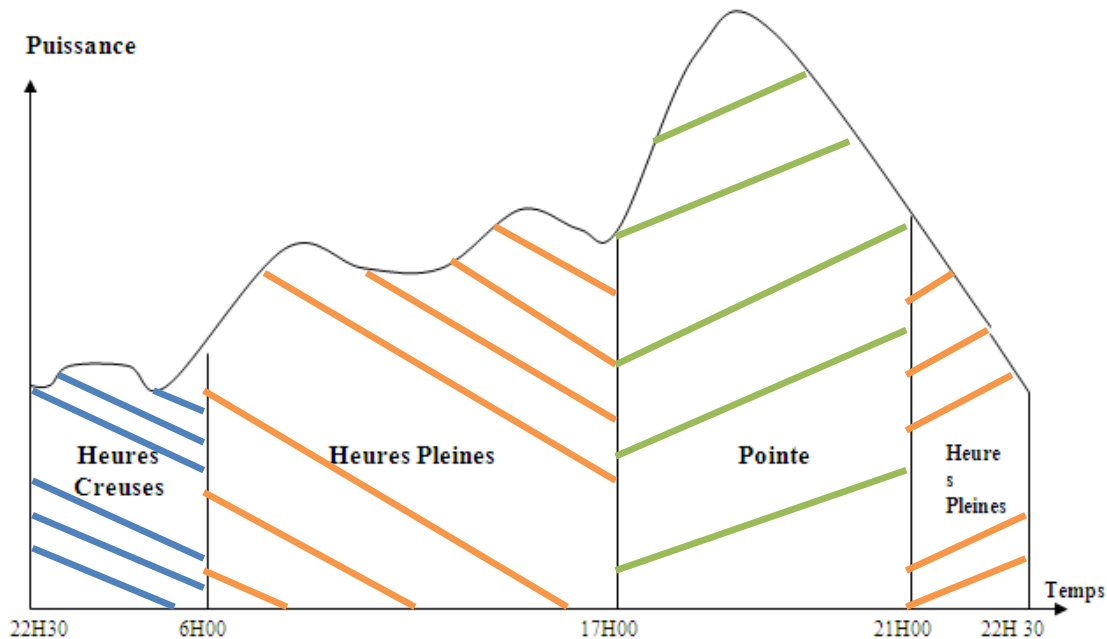


Figure 2.3 : Courbe de charge quotidienne

2.3. Comptage de l'énergie électrique

Le comptage de l'énergie électrique qui passe par un endroit donné, se fait généralement à l'aide d'un compteur **électromagnétique**. Celui-ci a la particularité de faire tourner un disque en fonction de la quantité d'énergie qui passe par le compteur. Cette roue entraîne ensuite un système de chiffres rotatifs qui traduisent les effets électriques en valeurs chiffrées. [SHE 06]

2.3.1. Intérêt du comptage de l'énergie dans une entreprise

Le comptage est indispensable au fonctionnement et à la production, l'énergie mérite toute sa place dans la stratégie d'entreprise. Ceci est d'autant plus vrai avec des contraintes environnementales de plus en plus fortes et une hausse tendancielle du prix de l'énergie qui ont un impact direct sur les comptages des entreprises

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Plusieurs voies peuvent être explorées, de façon simultanée pour faire face à cette réalité :

- ❖ La maîtrise de la demande d'énergie : connaître et satisfaire les besoins réels, éviter les pertes superflues ;
- ❖ L'exploitation d'équipements utilisant efficacement l'énergie.

La comptabilité énergétique constitue alors une démarche essentielle pour connaître puis agir efficacement sur ces différents leviers d'action et au final, pour améliorer la rentabilité et la compétitivité de l'entreprise. Le plan de l'énergie en est l'outil central. **[ADE 14]**

2.3.2. Plan de comptage

C'est un outil d'étapes permettant de mettre en place un système performant de comptage de l'énergie en entreprise.

Il permet de connaître, analyser et suivre l'ensemble des résultats mesurables concernant la consommation, l'usage et finalement la performance de l'entreprise. **[ADE 14]**

2.3.3. Méthodologie du plan de comptage

Elle comprend trois grandes étapes comme suit :

- ❖ L'analyse préalable à partir d'un état des lieux,
- ❖ La mise en œuvre de l'instrumentation et du système de collecte d'information,
- ❖ L'exploitation des données. **[ADE 14]**

Tous ces points sont illustrés dans la **(figure 2.4)**

2.3.4. Principe d'amélioration continue (Roue de Deming)

Le plan de comptage est une démarche cyclique d'amélioration continue représentée par une " Roue de Deming" **[ADE 14]**

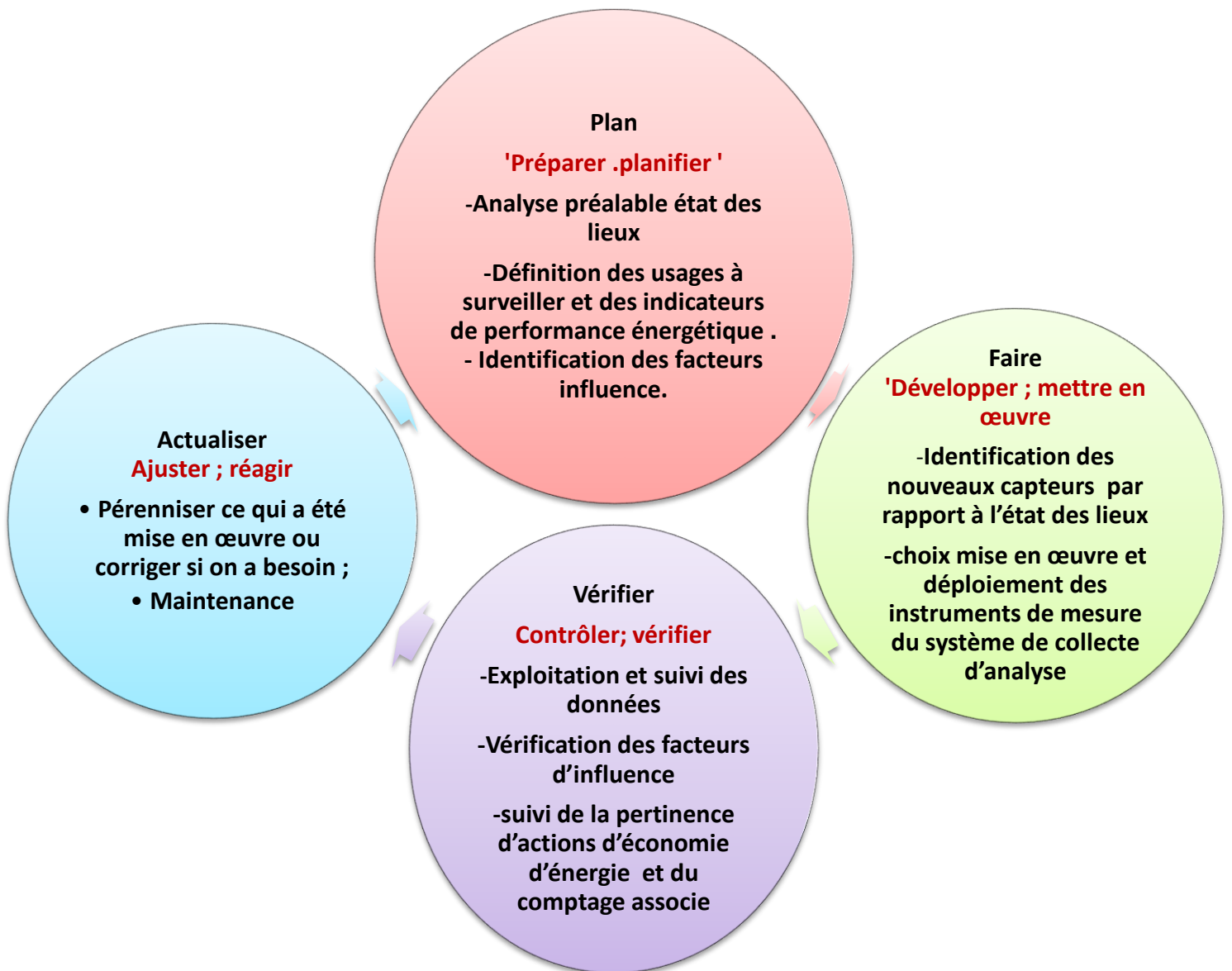


Figure 2.4 : mise en place d'un plan de comptage

2.3.5. Appareil de mesure électrique

Un compteur électrique est un organe électrotechnique servant à mesurer la quantité d'énergie électrique consommée dans un lieu : habitation, industrie...

Il est utilisé par les fournisseurs d'électricité (SONELGAZ), afin de facturer la consommation d'énergie au client.

À l'origine, ces appareils étaient de conception électromécanique (comptage classique), ils sont remplacés dorénavant par des modèles électroniques. Les nouvelles versions de compteurs électriques sont des compteurs communicants appelés parfois compteur intelligents. **[DOC14]**

2.3.5.1. Compteurs électromécanique (classique)

Ce sont les plus anciens compteurs. On les reconnaît à leur disque qui tourne proportionnellement à l'énergie consommée. Ils se fixent à l'aide de trois points d'attache. Il s'agit de la première génération de compteurs installés. **[ERD 16]**



Figure 2.5 : compteur électromécanique

2.3.5.2. Compteur électronique

Le système de comptage électronique est souvent moins encombrant que le compteur classique et très précis, on peut le programmer avec des tarifs qui varient selon la demande du client, Le fonctionnement se fait à l'aide d'un shunt. La tension mesurée aux bornes de ce shunt est proportionnelle à l'intensité qui le traverse. Il s'agit de la deuxième génération des compteurs installés, on peut le gérer à distance (les compteurs intelligents) **[ERD 16]**

2.3.5.3. Compteur intelligent

Le compteur intelligent est le compteur de la nouvelle génération qui sert à mesurer la consommation d'énergie, capable de communiquer avec une base de données centrale et d'être relevé automatiquement à une fréquence choisie (chaque mois / semaine / jour / heure) et il peut être piloté à distance [ERD 16]



Figure 2.6 : compteur électronique

2.3.6. Types de comptage

Il existe trois types de comptage :

- **Type A** : de **50 à 500kW**, Compteur installé avant le transformateur qui relève toutes les énergies consommées sans tenir compte des pertes.
- **Type B** : de **500 à 2000 kw**, Compteur installé sans condensateur après le transformateur, il faut ajouter à la lecture du compteur les pertes réactive et active.
- **Type C** : **> 2000kw**, **Compteur** installé avec condensateur après le transformateur on ne compte que les pertes actives.

Le choix du type de comptage dépend de la puissance installée ou du nombre de transformateurs du client. [EMN 03]

2.4. Mode de facturation des abonnés MT

La facture d'électricité est l'élément incontournable et le premier à exploiter pour le comptage de la consommation électrique. **[ADE14]**

La facturation moyenne tension couvre l'ensemble des opérations effectuées, ausein du service des factures MT correspondantes à une période mensuelle de consommation d'électricité.

Le montant à facturer à chaque client (MT) pour sa consommation mensuelle d'électricité, est la somme des redevances calculées en fonction des éléments suivants :

- Le prix de vente du kWh
- La consommation de l'électricité
- L'option tarifaire
- Les puissances souscrites
- Les puissances appelées
- Le facteur de puissance
- Les redevances de comptages. **[EMN 03]**

2.4.1.Cycle de facturation

Après l'achèvement de l'étude du dossier, et la mise en service du compteur de l'abonné, l'RCN transmet un dossier complet au service clientèle, afin d'intégrer ce dernier, et suivre leur consommation. Pour suivre l'énergie consommée on établie une facture QMT (Quittance De Moyenne Tension).**[DOC 14]**

L'organigramme suivant nous montre le cycle de la facture d'électricité :

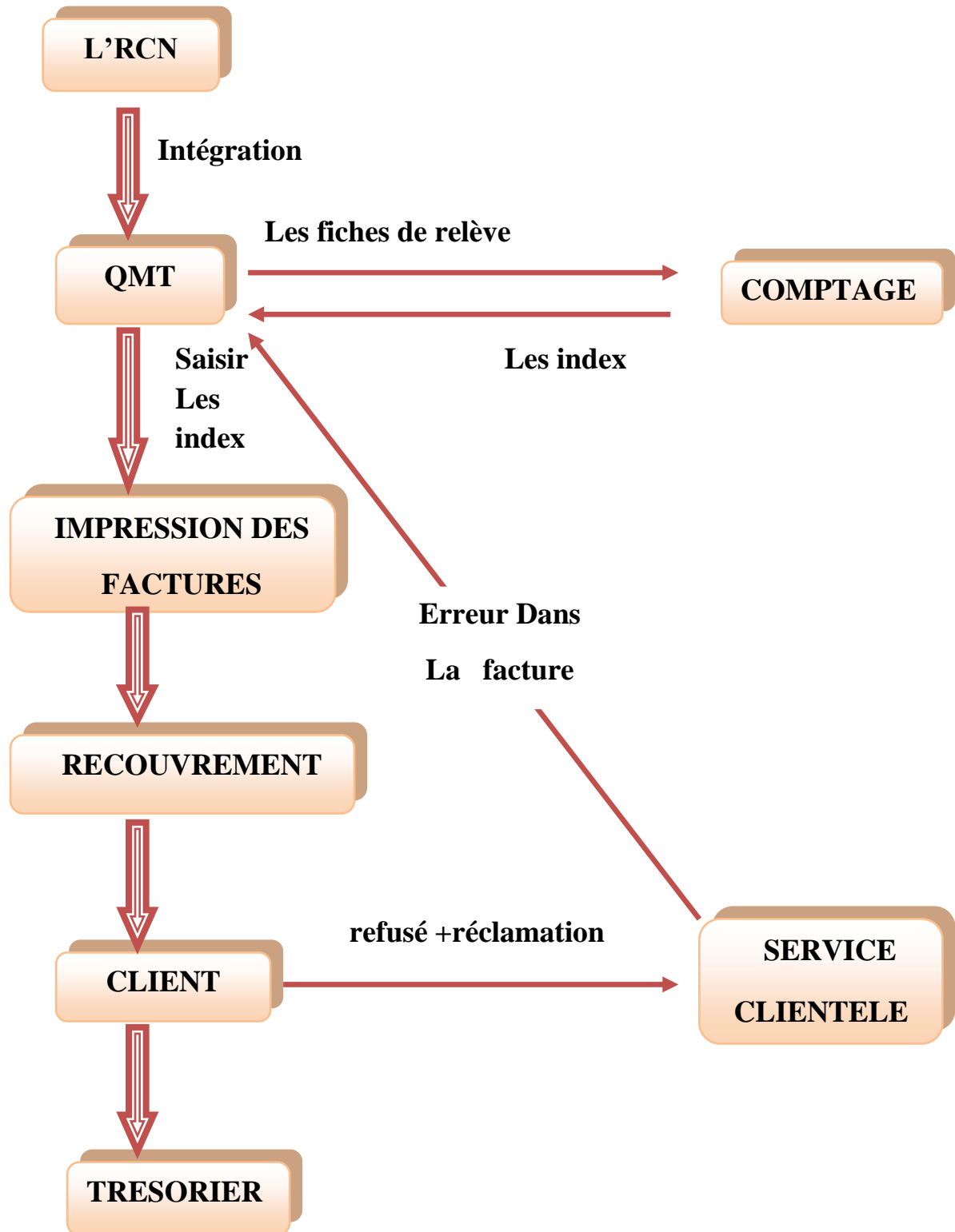



Figure 2.7 :Organigramme du cycle de la facturation

Chapitre 2 : Comptage et tarification

La figure suivante représente l'analyse de la facture MT



شركة توزيع الكهرباء والغاز للوسط
Société de Distribution de l'Électricité et du Gaz du Centre

Fourniture d'Électricité
MOYENNE TENSION

Capital social de 15 Milliards DA FACTURE N° 821510000024 Période: Octobre 2015
 I. FISC: 096916010012742 A. IMP: 07014118115
 Direction Distribution: Biskra Fax: 033740015
 Adresse: Tél.: 033741018
 N° RC: 01/0805455806 N° IS: 096916010012742 Dépannage Electricité:
 N° RIP: 0079999900003801062 N° RIB: BNA BISKRA. 00100386030030016118

Référence: 073152606155198 CLIENT N° Client: 8296155
 N° Poste: 235 N° RC: N° IS: 000000000000000 Tél.: 555222762

Désignation du lieu de consommation: PGE A EL HACF EL MIET Fax:
 Nom et Adresse du Destinataire de facture: AISSADUI RACHID SALAH
 BP 96 ZERIBET EL OUED 07084 ZERIBET EL OUED 1ER

Tarif: E43Comptage: Période de consommation du: 28-09-2015 au: 28-10-2015

Compteurs	Numéro	Coeff. de lecture	Index Premier cadran		Index Second cadran		Index Troisième cadran	
			Ancien	Nouveau	Ancien	Nouveau	Ancien	Nouveau
CTIF-T-TARIF	7386	1.00	46360	47027	31153	31884	90743	92914
EACTIF-S-T	7386	1.00	111410	114074				
ND PUISSANCE	7386	1.00		12.00				

Energies	Consommations			Périodes tarifaires	
	Cadran 1	Cadran 2	Cadran 3	NUIT	JOUR
CONSOM. ACTIVE	667	733	2171	777	3181
P. E. C ACTIVE	19	17	50		
P. A. V ACTIVE	95	51	159		
CONSOM. REACTIVE	2664			4930	
P. E. C REACTIVE	104				
P. A. V REACTIVE	2160				


FACTURATION

Veillez régler avant le 08-12-2015 par :

- Virement au compte CCP ou bancaire sus indique.
- Cheque CCP ou bancaire adresse a notre unite.

Biskra, le 08-11-2015

Le Directeur



Energie consommée	Quantité	P.U (cDA)	A déduire	A ajouter
NUIT	777	85.33		663.01
JOUR	3181	356.92		11353.63
Facteur de puissance MAJORATION	124.56%	2951	37.94	1119.61
Puissance mise à disposition	50	3225.00		1612.50
Puissance maximale atteinte	12	12880.00		1545.60
Primes fixes				429.71
Montant énergie HT				16724.04
TVA énergie taux 7 %				1170.68
Location (comptage, transformateur)				7.05
Entretien de poste transformateur				7.05
Frais de coupure et remise				1.20
Montant prestation HT				100.00
TVA prestation taux 17 %				
Taxe d'habitation				
Taxe sur vente de produits énergétiques				
Intérêts moratoires				

Contribution aux coûts permanents du système: 29.68 DA

TOTAL FACTURE 18002.99 DA

Coupon détachable à joindre à votre correspondance

Client n°: 8296155
 Facture n°: 821510000024
 Référence: 073152606155198
 Montant: 18002.99

La présente facture est arrêtée à la somme de :
 Dix Huit Mille Deux Dinars Quatre Vingt Dix Neuf Centime(s)

AVIS : Un délai de paiement de 15 jours à dater de la réception de la présente facture vous est accordé. Passé ce délai, nous serons dans l'obligation d'entamer la procédure de suspension de la fourniture d'énergie.

Figure 2.8 : l'analyse de la facture MT

2.4.2. Analyse de facture (MT)

1. Référence : 116043900249107

07 : la wilaya.

315 : la commune.

26 : la tournée.

06155 : N° de contrat.

1 : round est fixé.

98 : la clé, chaque abonné avait une clé.

2. Numéro de la facture : 840802003996

82 : N° centre de Biskra.

15 : l'année

10 : le mois de facture.

000024 : numéro de la facture.

3. identification des informations de l'abonné : nom, prénom, adresse.

4. Numéro de contrat : **8296155**

82 : N° centre de Biskra

9 : facture (MT).

6155 : N° de contrat.

5. les calculs du montant total facture :

a) pointe (Heur pointe) = nouveau index – ancien index + (P.E.C +P.A.V) Actif.

b) Hors pointe (Heur nuit + Heur Jour) =nouveau index – ancien index + (P.E.C +P.A)
Réactif

c) Montant Nuit (DA) = Heur nuit *prix unitaire.

d) Montant Jour (DA) = (Heur pointe + Heur Jour)* prix unitaire

e) Facteur de puissance = Réactive /Active

SONELGAZ fournit une concurrence de 50% de l'énergie réactive à l'énergie active

Chapitre 2 : Comptage et tarification

Consommée $\text{tg}\Phi=0.5$ la consommation du réactive donne lieu à :

Une majoration si le rapport : réactive / active $>50\%$ a un prix de 37.94 DA/kVa.

Une bonification si le rapport : réactive / active $< 50\%$ a un prix de 3.876 DA/kvrm.

Une opération nulle si le rapport : réactive / active = 50%

Montant du Facteur de puissance (DA) = réactive / active * 100* prix unitaire.

f) Montant PMD (puissance mise a disposition) (DA) = PMD * prix unitaire.

g) Montant PMA (puissance maximale atteinte) (DA) = IM * prix unitaire.

h) Montant Hors Taxe = Montant Nuit+ Montant Jour+ Facteur de puissance+
Montant PMD+ Montant PMA

i) TVA énergie = Montant Hors Taxe *0,07.

j) Montant soutien d'état = Montant Hors Taxe*0,1.

k) Montant facture = (Montant Hors Taxe+ TVA énergie+ Montant Énergie hors
taxe+ TVAprestation taux) - Montant soutien d'état.**[SAG 08]**

6. le type de tarification

7. la consommation de l'énergie :

A. La consommation de l'énergie active

B. La consommation de l'énergie réactive

C. La puissance maximale.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a entamé l'enchaînement de la convention entre le fournisseur (SONELGAZ) et le client dès la présentation de sa demande jusqu'au branchement. Ainsi que l'analyse détaillée de la facture MT et le comptage de l'énergie sans oublier le système de tarification.

L'application de toutes ces informations sera abordée dans la partie pratique.

Introduction

Dans les régions arides et semi-arides l'eau souterraine est l'unique source pour l'approvisionnement en eau destinée principalement à la consommation et l'irrigation. En termes de contribution, les eaux souterraines constituent la totalité destinée à ces besoins vitaux. Dans la majorité des cas, l'eau est pompée au moyen des pompes immergées installées aux forages.

Dans ce chapitre, on donne un aperçu sur les éléments de pompage et les différentes nappes qui caractérisent la zone d'étude, ainsi que les moteurs asynchrone et les postes de transformation **MT/BT**.

3.1. Ressources d'eau au niveau de la wilaya

L'aspect hydrogéologique, la wilaya de Biskra se caractérise par trois zones bien distinctes (Zone Est, Zone Nord, Zone Ouest).

Notre zone d'étude "**Zone Est**" se caractérise par les nappes suivantes :

✓ **Quaternaire**

Elle est constituée par des dépôts alluvionnaires qui renferment une nappe phréatique de faible profondeur, de faible débit et de mauvaise qualité d'eau.

✓ **Nappe de sable**

C'est la nappe la plus sollicitée dans cette zone, elle se caractérise par une profondeur moyenne de l'ordre de 400 m, d'un débit de 15L/s et d'une qualité chimique moyenne.

✓ **Pontien**

C'est un aquifère important, exploité dans la partie Sud de la zone; il se caractérise par une profondeur qui va jusqu'à 900 m, d'un débit moyen de 30 L/s et d'une qualité chimique moyenne.

✓ **Maestrichtien**

Elle est exploitée dans les zones montagneuses, à une profondeur moyenne de 300 m ; cet aquifère présente un débit de l'ordre de 20 L/s et une bonne qualité d'eau. **[HYD 16]**

3.2. Forage

L'opération de forage s'effectue par un outil animé d'un mouvement de rotation, généralement formé de trois molettes en acier très résistant qui, en roulant sur les roches et par des percussions multiples et rapides (figure 3.1)

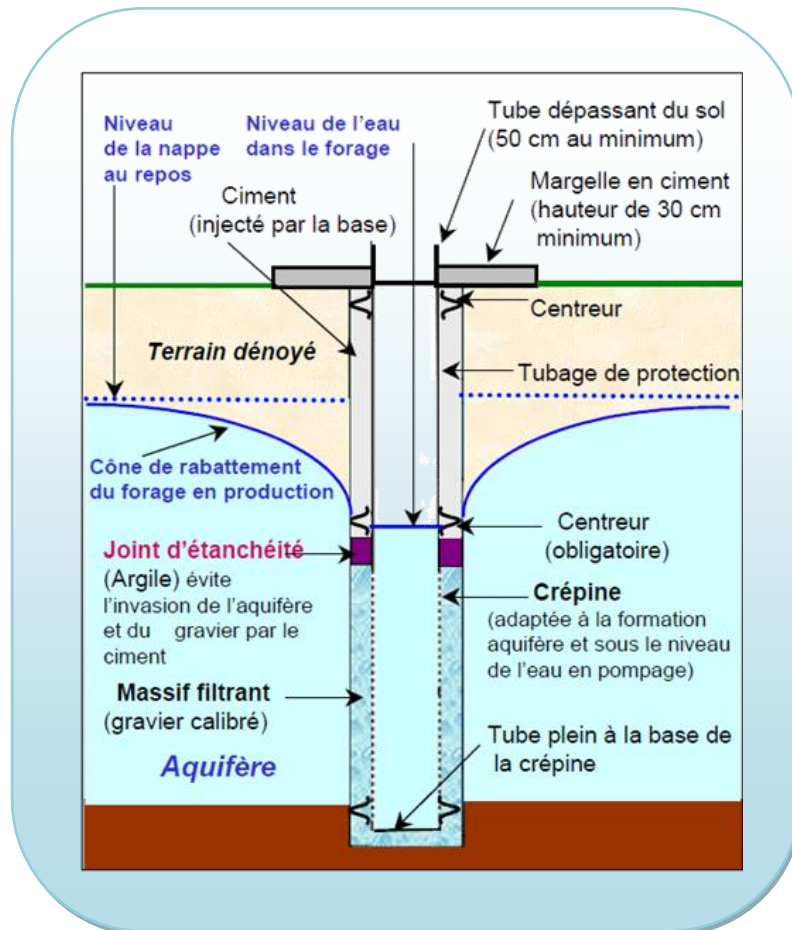


Figure 3.1 : coupe de forage.

Le bon fonctionnement d'une installation de pompage dans un puits ou un forage dépend d'abord de la conception et de la construction de cet ouvrage.

Les forages sont tous équipés par des groupes électropompes immergées multicellulaires à axe vertical. Les avantages de celles-ci sont :

- La facilité de l'installation et de l'entretien ;
- Bon rendement ;
- Abris simple (directement plongé dans les forages) ;
- Rapport qualité/prix. **[FIC 14]**

3.3. Pompes

Une pompe est une machine servant à véhiculer un fluide qui peut être de l'eau ou autre (pétrole, huile,...) en l'aspirant pour le refouler à une certaine pression.

3.3.1. Choix d'une pompe

Le choix du type de pompe résulte de l'examen des diverses conditions:

a- Conditions hydrauliques

- ✓ Les critères fonctionnels (Q, H) pour un rendement maximal.
- ✓ Possibilités de variations des conditions de pompage.

b- Conditions mécaniques

- ✓ les valeurs de la vitesse de rotation et du couple.
- ✓ la puissance absorbée et le rendement sont à prendre en considération pour le choix du type du moteur d'entraînement.

c- Conditions d'installation et d'entretien

- ✓ les conditions d'aspiration et d'amorçage.
- ✓ l'encombrement du groupe.
- ✓ Les facilités d'entretien. **[CHE 11]**

Q : le débit de la pompe (L/s)

H : la hauteur (m)

3.3.2. Pompe immergée

3.3.2.1. Définition d'une pompe immergée

Les pompes immergées sont idéalement conçues pour épuiser de l'eau à une profondeur où il est impossible de l'aspirer depuis la surface. On les trouve également dans des puits peu profonds, lorsqu'on veut éviter les amorçages difficiles. **[GEN 84]**

3.3.2.2. Présentation générale d'une pompe immergée

Quelle que soit la pompe immergée, elle est constituée de trois parties distinctes :

- ✓ La partie motrice, qui fournit la puissance nécessaire au pompage;
- ✓ La transmission, qui transmet cette puissance à la partie hydraulique;
- ✓ La partie hydraulique, qui transmet cette puissance à l'eau pour la déplacer (l'aspirer et ou la refouler). **[HAO 13]**

Les figures (3.2,3.3) représentent les deux parties hydraulique et moteur d'une pompe immergée

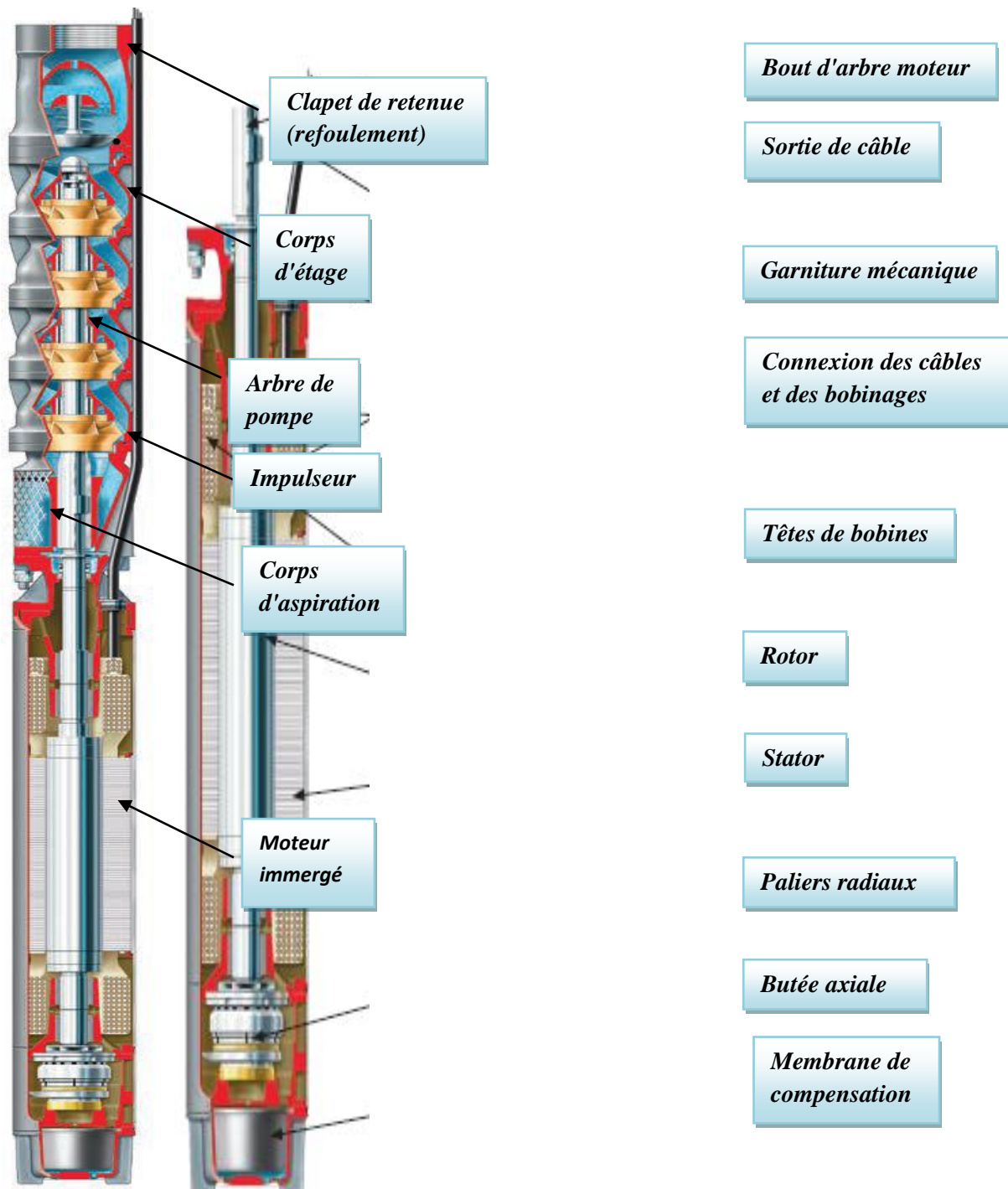


Figure 3.2 :Partiehydraulique **figure 3.3 :**Description du moteur immergé de la pompe immergée

3.3.2.3. Différents types de pompes

Le type de pompes est dicté par la vitesse spécifique (ou le nombre de tours spécifique)

$$n_{SP} = \frac{n}{H^{1/2}} \cdot \left(\frac{Q}{H}\right)^{1/2} \quad (3.1)$$

- ✓ Centrifuge (à écoulement radial)
- ✓ Hélio centrifuge (écoulement incliné par rapport à l'axe)
- ✓ Axial (écoulement parallèle à l'axe)

3.3.3. Pompe centrifuge

La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes.

La pompe centrifuge est conçue pour une HMT relativement fixe. Le débit de cette pompe varie en proportion de la vitesse de rotation du moteur qui devra être très rapide pour assurer un bon débit. **[HAO 13]**



Figure 3.4 : Pompe centrifuge immergée

3.3.3.1. Différents types de pompes centrifuges

Il existe un très grand nombre de types de pompes centrifuges. On peut les classer de différentes manières, en tenant compte de :

Chapitre 3 : Généralités sur le pompage

- Du nombre de roues ;
- De la forme des aubes de la roue ;
- De la direction de l'axe (horizontale ou verticale)
- De la position de la pompe par rapport au niveau de l'aspiration. [CHE 11]

3.3.3.2. Avantages et inconvénients des pompes centrifuges

Les pompes centrifuges présentent beaucoup d'avantages [HAO 13]

Tableau 3.1 : Avantages et inconvénients des pompes centrifuges

	<i>Pompe centrifuge</i>
<i>Avantages</i>	<ul style="list-style-type: none">- Prix peu élevé.- Bons rendements- Entretien en général peu coûteux.- Grand flexibilité d'utilisation. .- Ces machines sont de construction simple et demande peu d'entretien.
<i>Inconvénients</i>	<ul style="list-style-type: none">- Elle n'est pas auto amorçante.- Elle nécessite des dispositifs d'équilibrage- Maintenance assez difficile et coûteuse- Difficulté de contrôler le débit.

3.3.3.3. Caractéristiques de la pompe centrifuge

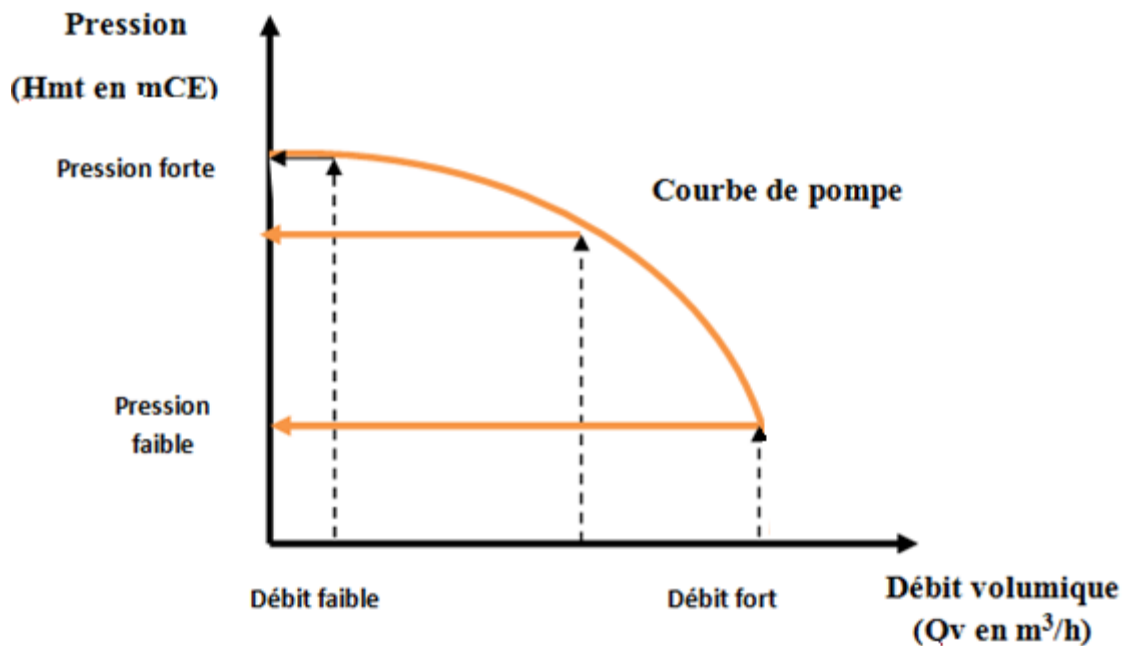


Figure 3.5 : courbe caractéristiques d'une pompe centrifuge

3.3.3.4. Relations fondamentales et traces des caractéristiques

1-Débit

Le débit (Q) est la quantité d'eau que la pompe peut fournir durant un intervalle de temps donné. En pompage, le débit est habituellement donné en litres par heure (l/h). En pompage solaire, le débit (ou le besoin en eau) est souvent exprimé en m^3 par jour.

2- Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale se compose de la somme algébrique des quatre quantités suivantes

- **H_g**: Hauteur géométrique, égale à la différence de hauteurs entre les niveaux libres du liquide côté aspiration et côté refoulement.
- $\frac{P_a - P_e}{\rho \cdot g}$: Différence de pression entre les niveaux du liquide côté aspiration et côté de refoulement en cas de réservoirs fermés.

ρ : Masse volumique de l'eau (kg / m^3).

g : accélération de la pesanteur (m / s^2).

- **ΔH** : Sommes de toutes les pertes de charges dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement (tuyauteries, vannes, accessoires).
- $\frac{V_a^2 - V_e^2}{2 \cdot g}$: Différence de vitesses. Il en résulte la hauteur manométrique totale

$$H_m = H_g + \frac{P_a - P_e}{\rho \cdot g} + \frac{V_a^2 - V_e^2}{2 \cdot g} + \Delta H \quad (3.2)$$

3- Niveau statique

Le niveau statique (NS) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage.

4- Niveau dynamique

Le niveau dynamique (ND) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau pour un pompage à un débit donné. Pour le calcul de la HMT, le niveau dynamique est calculé pour un débit moyen. La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée rabattement.

R_m est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe.

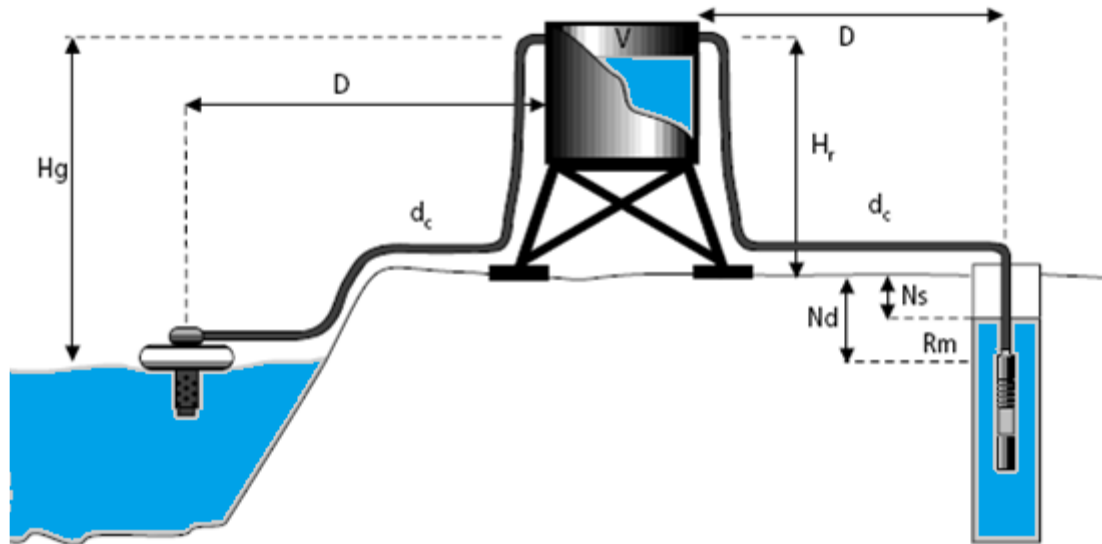


Figure 3.6 : Donnée de base d'une pompe

5- Rendement

Comme toute machine entraînée, une pompe consomme une puissance supérieure à celle qu'elle fournit. Le rendement d'une telle machine est le rapport de la puissance hydraulique acquise par le fluide à celle disponible sur l'arbre :

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot H_m \cdot Q}{P_{ab}} \quad (3.3)$$

H_m : Hauteur manométrique totale (m)

Q : Débit (m³/h)

P_{ab} : Puissance fournie par le moteur (KWatt). **[HAO 13]**

3.4. Moteur asynchrone triphasé

Comme toute machine électrique, le moteur asynchrone est un actionneur qui convertit l'énergie électromagnétique à l'entrée en une énergie mécanique sur l'arbre.

Il comporte un stator fixe et un rotor mobile autour de l'axe de symétrie de la machine. Les trois enroulements du stator sont logés dans des encoches régulièrement réparties sur la face interne, et leur axe est distant entre eux d'un angle « $2\pi/3$ ». **[ZIN 15]**

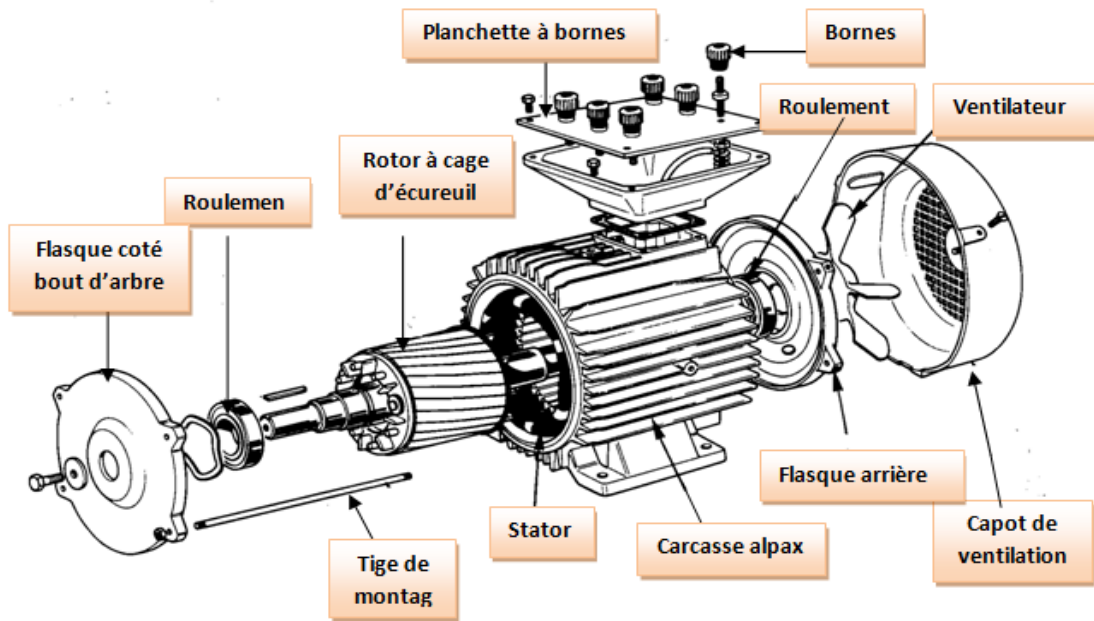


Figure 3.7 : Moteur asynchrone triphasé

3.4.1. Caractéristiques

Tout moteur électrique à ses propres caractéristiques, elles sont regroupées sur une plaque signalétique qu'est fixée sur le moteur. [LOU 14]

En la démontrant dans la figure suivante :

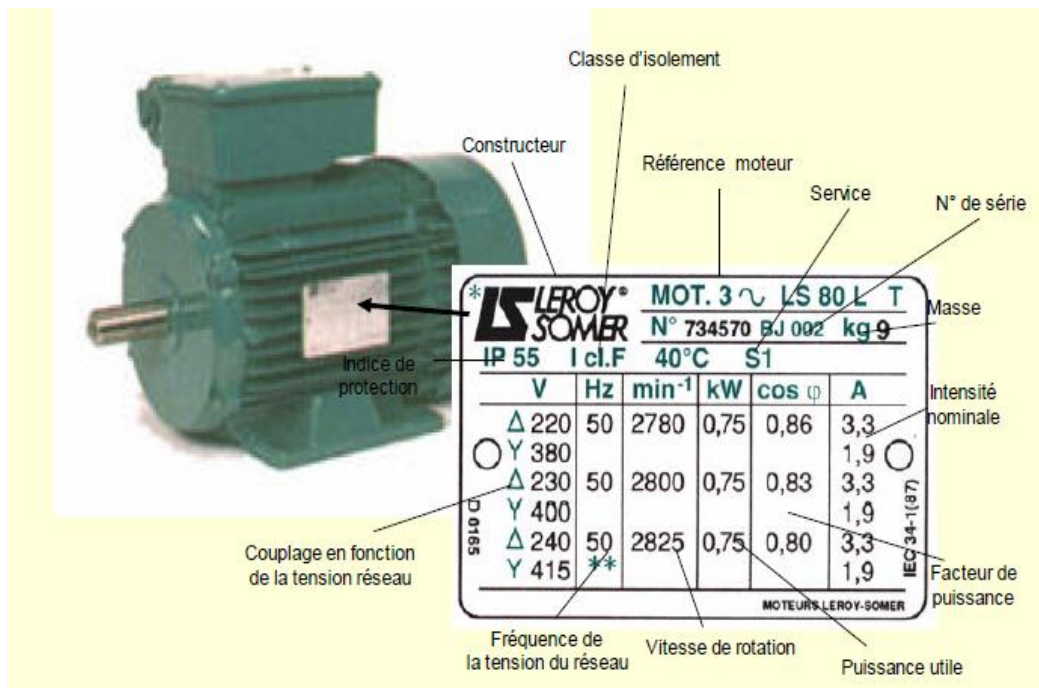


Figure 3.8 :Plaque signalétique d'un moteur asynchrone

3.4.2. Avantages et inconvénients du moteur asynchrone

Tableau 3.2 : Avantages et inconvénients du moteur asynchrone [HAO 13]

	<i>Avantages</i>	<i>inconvénients</i>
<i>moteur asynchrone</i>	<ul style="list-style-type: none">- Disponible dans le marché avec un coût bas.- Son entretien est nul de fait de l'absence complète de pièces en frottement.- Son utilisation augmente l'autonomie et la fiabilité de l'installation.	<ul style="list-style-type: none">- Nécessité d'utiliser un onduleur avec des spécifications photovoltaïque.- Chute de rendement aux faibles puissances.- Appel de courant au démarrage qui peut atteindre cinq fois l'intensité nominale.

3.5. Poste de transformation MT/BT

Les postes de transformation électrique sont des éléments du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution de l'électricité. Ils permettent d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels).

Les postes de transformation électrique se trouvent donc au cœur des lignes de transmission ou de distribution. Ils comportent plusieurs équipements, ainsi que d'autres organes de protection, de coupure et de sectionnement. [ISM 10]

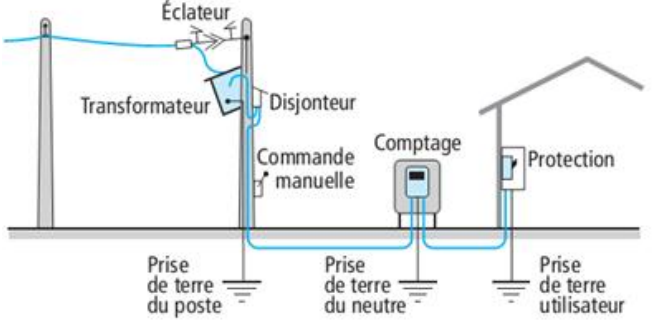
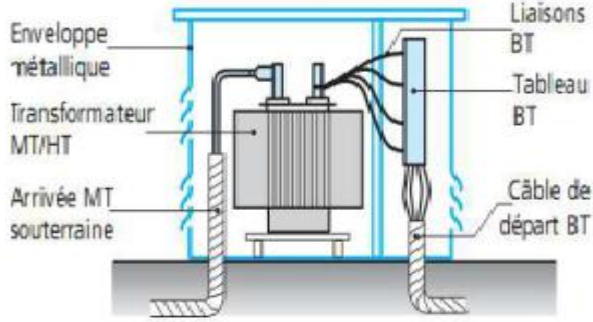
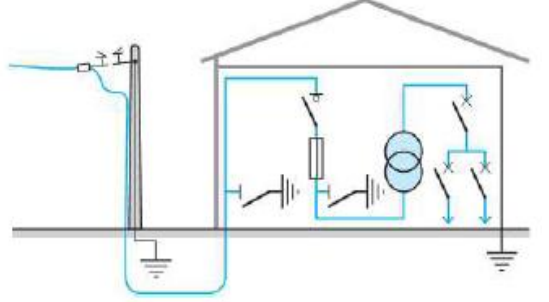


Figure 3.9 : Poste de transformation MT/BT

Chapitre 3 : Généralités sur le pompage

3.5.1. Différents types de postes de livraison

Tableau 3.4 : Les différents types de postes de livraison

Poste sur poteau	Poste préfabriqué	Postes d'intérieur
 <p>Le transformateur et l'appareillage sont fixes sur le poteau, l'alimentation est aérienne, le départ s'effectue en aérien ou en souterrain.</p> <p>Protection :</p> <p>Côté haute tension, protection contre la foudre par éclateur.</p> <p>Côté basse tension, Un disjoncteur protège le transformateur contre les surintensités.</p> <p>puissances : 25 - 50 - 100 - 160 KVA. [ISM 10]</p>	 <p>Ces postes peuvent être soit en bas de poteau soit sur une plate-forme extérieure. Le raccordement s'effectue par câble soit au réseau aérien, soit au réseau souterrain. Le tableau BT comporte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un interrupteur avec fusibles ou un disjoncteur avec coupure visible. <p>puissances : de 100 à 250 KVA</p>	 <p>L'installation d'un poste de livraison en intérieur se justifie lorsqu'on doit protéger l'appareillage MT et BT du poste contre les fortes variations de température, ou dans le cas de puissances importantes. L'appareillage MT est sous enveloppe métallique (<i>cellules préfabriquées métalliques</i>); ils présentent l'avantage d'une meilleure sécurité.</p> <p>puissances : de 160 à 1250 KVA.</p>

Chapitre 3 : Généralités sur le pompage

Conclusion

Ce chapitre a permis d'édifier les fondations de notre étude à travers la représentation des différentes nappes d'eau au de Oued el Hai, puis on à aborder tous les point concernant le pompage d'eau, ainsi que le moteur asynchrone et ces caractéristiques sans oublier les postes de transformation MT/BT.

Introduction

Après avoir abordé tous les points relatifs à notre sujet d'étude, nous arrivons actuellement à appliquer ces notions théoriques sur un site réel alimentant la ville de Biskra.

Dans ce dernier chapitre, nous allons décrire le site d'étude en se basant sur les forages les plus importants, une étude sera développée concernant les aspects hydraulique, électrique et économique.

4.1. Situation géographique du site de l'étude

Notre zone d'étude est située dans la ville de **Biskra**, qui est située au **Sud-Est** algérien, Elle s'étale sur une superficie de 21 509.80 Km² et compte 33 communes réparties sur 12 Daïras. Elle est limitée :

- ✓ Au nord par la wilaya de Batna;
- ✓ Au NW par la wilaya de M'sila;
- ✓ Au NE par la wilaya de Khenchela;
- ✓ Au SW par la wilaya de Djelfa;
- ✓ Au SE par la wilaya d'El-Oued;
- ✓ Au sud par la wilaya d'Ouargla.

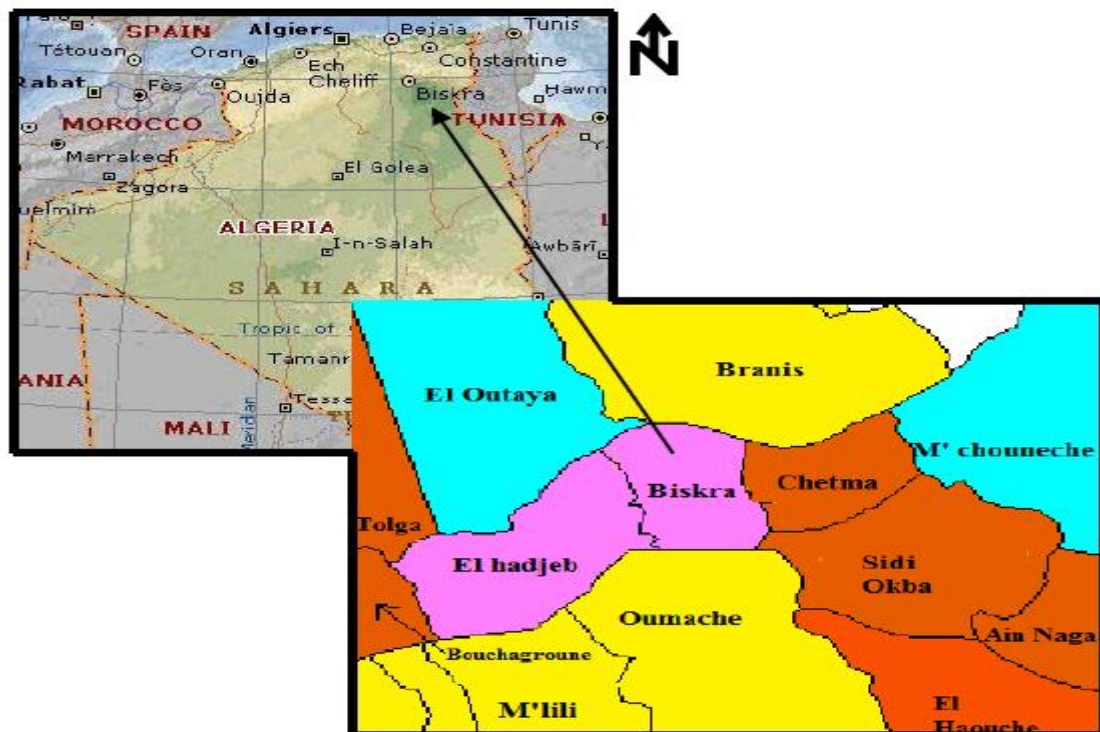


Figure 4.1 : Limites administratives de la ville de Biskra.

4.1.1 .Délimitation du site d'étude

Le champ captant d'Oued Biskra

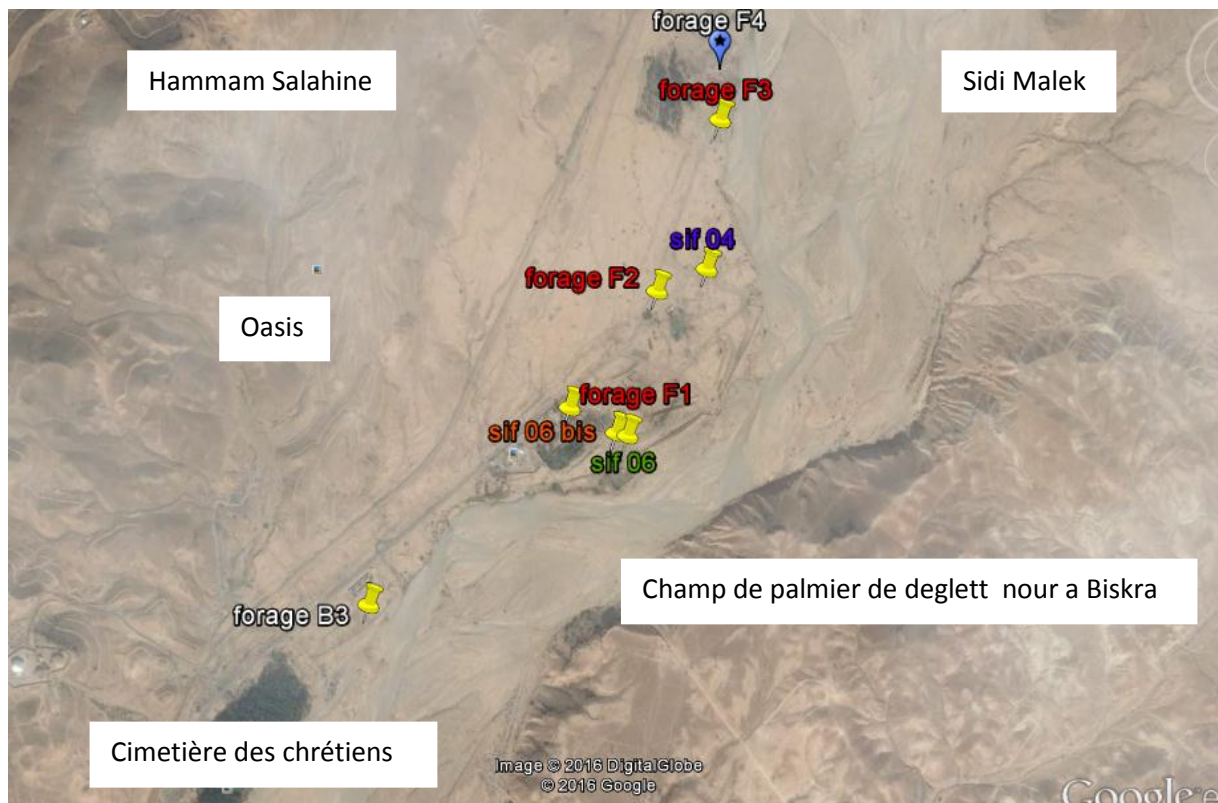


Figure 4.2 :Délimitation du site d'étude

4.2. Description technique du champ captant

Le champ captant externe d'oued Biskra est constitué de 12 forages, il est situé au Nord de la ville sur une région saharienne caractérisée par une forme généralement plate et climat semi-aride, ils sont alimentés par une nappe artésienne très riche en eaux souterraines et les rabattements sont mesurés après un essai de pompage continu. Ce champ alimente 3 zones : Centre ville, El Alia Nord et zone Ouest.

L'accès se fait par la route du front d'oued liant la **RN 03** à la **RN 46**. On s'est limité dans ce tableau des forages fonctionnels tout en omettant les lieux qui ne sont pas encore mis en service.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Tableau 4.1 : caractéristique des forages d'Oued el haï

Non de Forage	Débit exploité Q (L/s)	HMT (m)	N.S (m)	N.D (m)	cordonnées	
					Longitude x	L'altitude y
F 01	50	85	12	18	05° 44' 17,8"	34° 53' 00,0"
F 02	30	85	17.25	19.60	05° 44' 24,4"	34° 53' 08,0"
F 03	30	85	13	20	05° 44' 28,5"	34° 53' 21,4"
F 04 Remp	27	50	24,02	35,80	05° 44' 28,5"	34° 53' 26,2 "
Sif 04	28	85	17.80	18	05° 44' 28,5 "	34° 53' 10,7 "
Sif 06	32	85	14.25	20.60	05° 44' 23,0 "	34° 52' 58,4 "
Sif 06 Bis	28	85	15.60	17	05° 44' 22,0 "	34° 52' 58,5 "
B 03	25	50	19,24	24,50	05° 44' 02,1"	34° 52' 44,80"

4.3. Présentation générale de l'alimentation électrique

4.3.1. Etude du poste de transformation MT/BT

Le raccordement entre le réseau de distribution électrique local et le forage est généralement réalisé par l'installation de trois principaux éléments :

- une cellule d'arrivée
- une cellule de protection qui renferme les fusibles à percussions
- quatre transformateurs abaisseurs servant à transformer la moyenne tension de 10 kV en basse tension 380v d'une puissance égale à 1250kw



Figure 4.3 : transformateur 400 KVA

4.3.2. Plaque signalétique

Chaque transformateur est muni d'une plaque signalétique en acier inoxydable gravée donnant les indications suivantes :

- ❖ Nom du constructeur, l'année de fabrication, le numéro de série du constructeur, le nombre des phases, les normes de fabrication, la puissance nominale (en KV), la tension nominale, l'intensité nominale, le système de couplage, la tension du court-circuit, le mode de refroidissement, la classe d'isolement, la masse d'huile et la masse totale.



Figure 4.4 : Plaque signalétique

4.3.3. Armoire électrique

L'armoire de distribution de type TGBT (Tableau Général Basse Tension) assure la fonction de distribution électrique alimentant les différents équipements de forages et la gestion d'énergie. Son exploitation et sa maintenance doivent être effectuées avec le minimum de perturbations pour les utilisateurs



Figure 4.5: Armoire électrique

4.3.3.1. Analyse de l'armoire électrique

1. Le démarreur progressif
2. Le contacteur
3. Le transformateur de commande
4. Disjoncteur principal
5. Fusibles
6. Relais instantané
7. Transformateur de courant
8. Relais de niveau
9. Disjoncteur de commande
10. Les borniers
 - A. L'entrée de l'énergie
 - B. La sortie

4.4. Présentation des postes d'étude

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi 4 forages alimentés par 2 postes de transformation, ce choix justifié par l'importance de zones alimentées en eau potable (Centreville, El Alia Nord et zone Ouest).

4.4.1. Pour le poste " 243 "

Est un poste de moyenne tension appartenant au centre **d'Oued el haïsous** le contrat N° 1300 avec les descriptions suivantes :

- Un transformateur avec une puissance de **250KV_a** ;
- Une armoire électrique avec une puissance de **63 KW** ;
- Avec une **PMD** de **120 KW** ;
- Tarif **E-42**

4.4.2. Pour le poste "76"

Est un poste de moyenne tension appartenant au centre **d'Oued el haïsous** le contrat N° 1237 avec les descriptions suivantes :

- Un transformateur avec une puissance de **400 KV_a** ;
- Une armoire électrique avec une puissance de **55 KW** ;
- Avec une **PMD** de **80 KW** ;
- Tarif **E-42**.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

4.5. Suivi de l'évolution de la consommation

L'évolution de la puissance active et réactive ainsi que la fréquence présente un indice fiable de la qualité d'énergie électrique fournie, d'où la nécessité d'une analyse profonde à cette évolution. Afin d'obtenir cette évolution on a utilisé le logiciel **Saturne**.

4.5.1. Présentation du logiciel

Saturne est une solution de collecte de tout type de données de comptage : multi-constructeur, multi-fluide et multi-segment. Ce logiciel est capable de prendre en charge diverses topologies de communication. Il est basé sur une architecture hautement évolutive et sécurisée.

Saturne intègre une plate-forme dédiée qui génère des rapports de données complexes (statistiques journalières, évènements de défauts de communication) pour couvrir les besoins commerciaux ou opérationnels.

Il intègre des mécanismes lui permettant de s'intégrer dans tous les systèmes d'entreprise, et en particulier de façon native avec IEE (MDM ITRON).

IEE:Itron Enterprise Edition.

MDM:Meter Data Management



Figure 4.6 :Interface du logiciel Saturne

4.5.2. Caractéristique

- Intégration native à IEE, l'outil de gestion des données de compteur (MDM) d'Itron
- Système sécurisé, conformément à la solution de sécurité complète mise en œuvre par Itron.
- Télé relève de compteurs, (possibilité de relevé jusqu'à plusieurs millions de points de collecte)
- Analyse des données de comptage.
- Gestion des alarmes

4.5.3. Courbe de charge

Les prix de l'énergie sont différenciés selon les heures d'utilisation qui dépend de la variation de la consommation de l'énergie électrique, c.-à-d. que les coûts sont en fonction du moment de la consommation. Ces variations de la demande en énergie électrique sont données par la courbe de charge.

➤ Poste de transformation''76''

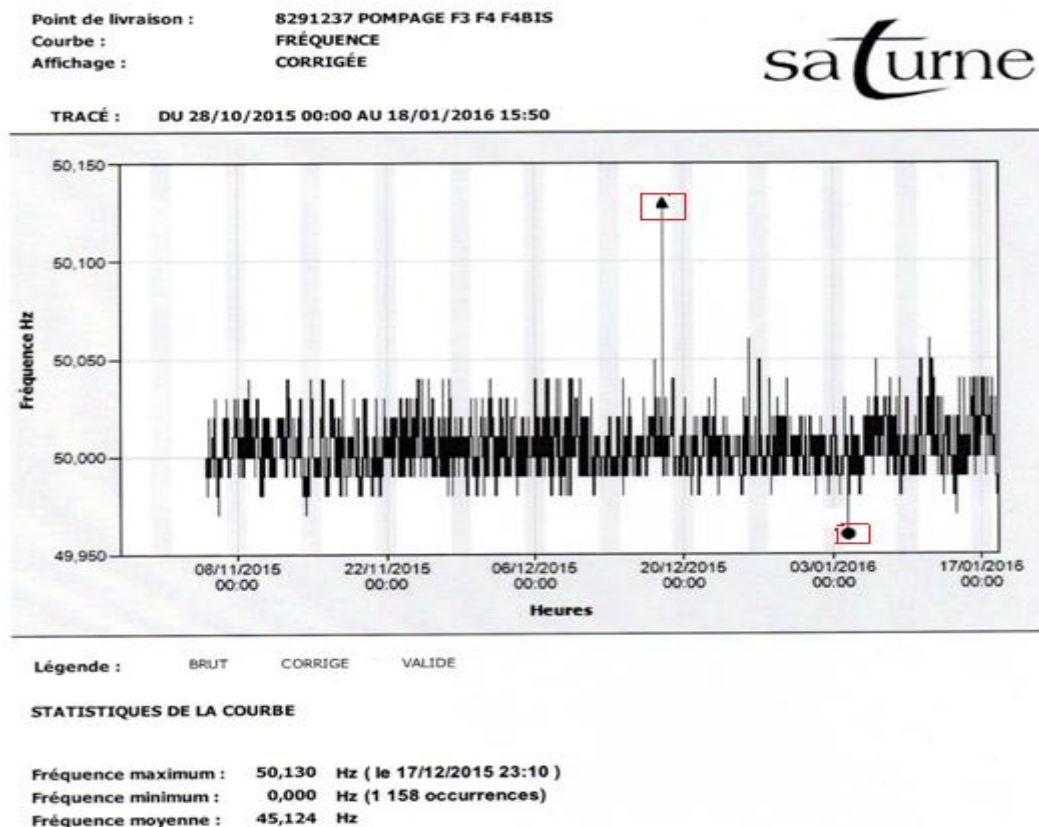


Figure 4.7: courbe de charge de la fréquence

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Commentaire :

D'après la figure (4.8) nous pouvons constater clairement que la fréquence tourne autour de la valeur nominale de 50 HZ avec une différence de $\pm (0.05)$, à l'exception des deux pics observés durant le 17/12/2015 et le 03/01/2016.

Cette différence, quoi qu'elle soit minime, peut engendrer des anomalies (perturbations) sur le bon fonctionnement des équipements surtout ceux relatifs à la commande.

L'origine de ces deux pics revient à des causes extérieures propres à la source d'alimentation principale de la Sonelgaz.

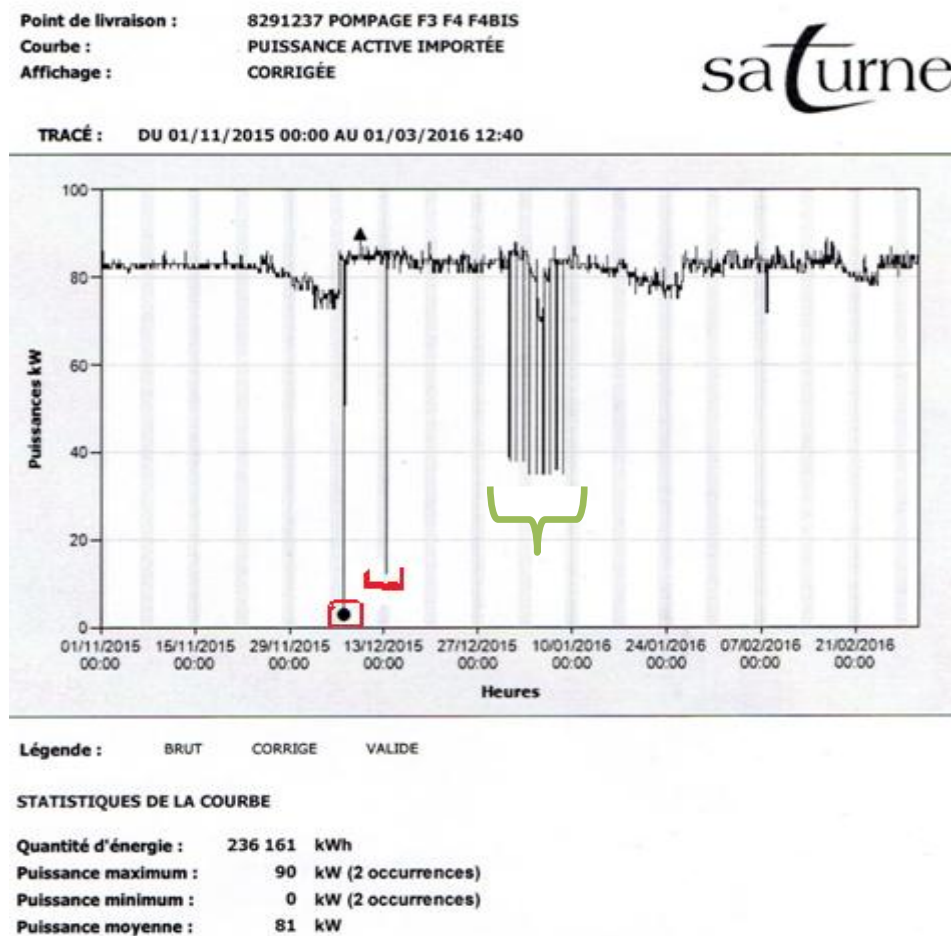


Figure 4.8 : courbe de charge de la puissance active

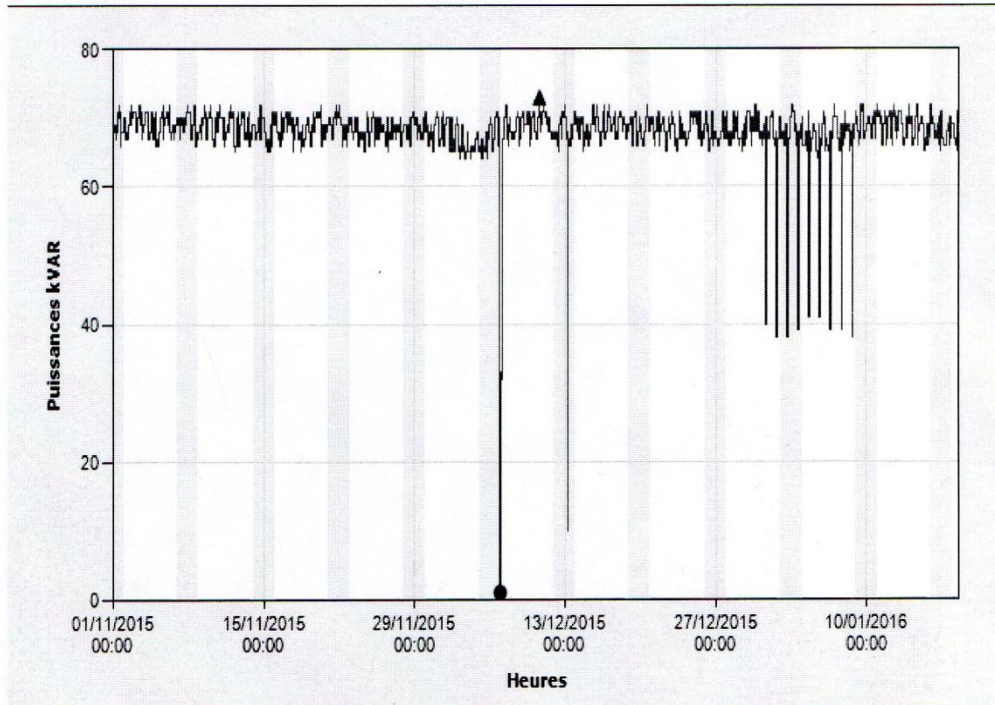
Interprétation

D'après la figure (4.9) on remarque que la puissance active consommée est au voisinage du 81 KW. Néanmoins, on constate la présence d'une consommation plus faible pendant des périodes bien déterminées du 11/12/2015 et le 13/12/2015, puis du 30/12/2015 jusqu'au 08/01/2016.

Point de livraison : 8291237 POMPAGE F3 F4 F4BIS
Courbe : PUISSANCE RÉACTIVE IMPORTÉE
Affichage : CORRIGÉE

saturne

TRACÉ : DU 01/11/2015 00:00 AU 18/01/2016 15:40



Légende : BRUT CORRIGE VALIDE

STATISTIQUES DE LA COURBE

Quantité d'énergie : 126 548 kVARh
Puissance maximum : 73 kVAR (le 10/12/2015 15:50)
Puissance minimum : 0 kVAR (7 occurrences)
Puissance moyenne : 67 kVAR

Figure 4.9 : courbe de charge de la puissance réactive

Interprétation:

D'une manière similaire pour la puissance active, nous remarquons que les variations de la puissance réactive consommée sont dans une fourchette de $\pm (0.01)$ autour d'une valeur moyenne de 67 KVAR.

Les fluctuations importantes de la puissance réactive coïncident avec les mêmes moments que ceux de la puissance active illustrée.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

➤ Poste de transformation ‘‘243’’

Point de livraison : 8291300 PGE AEP B1 BORDJ TURK
Courbe : PUISSANCE ACTIVE IMPORTÉE
Affichage : CORRIGÉE

saTurne

TRACÉ : DU 10/11/2015 00:00 AU 11/11/2015 00:00



Légende : BRUT CORRIGE VALIDE

STATISTIQUES DE LA COURBE

Quantité d'énergie : 4 184 kWh
Puissance maximum : 175 kW (47 occurrences)
Puissance minimum : 173 kW (le 10/11/2015 05:10)
Puissance moyenne : 174 kW

Figure 4.10 :courbe de charge de la puissance active‘‘ P : 243’’

Interprétation :

Ce diagramme représente l'évolution de la consommation de la puissance active durant 24h. On constate que les valeurs de la puissance active consommées sont équitables à l'exception de celle signalée à 5h30 du matin. Cela est dû au déclenchement du système de protection dont les moteurs sont dotés.

En outre, on remarque que ce défaut est fugitif car la consommation a regagné sa valeur initiale.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Point de livraison : 8291300 PGE AEP B1 BORDJ TURK
Courbe : PUISSANCE RÉACTIVE IMPORTÉE
Affichage : CORRIGÉE

saTurne

TRACÉ : DU 10/11/2015 00:00 AU 11/11/2015 00:00



Figure 4.11: courbe de charge de la puissance réactive "P : 243"

Interprétation :

On constate que la puissance réactive mesurée durant 24h du 10/11/2015 au 11/11/2015 représente quelques fluctuations entre (128 et 117) KVAR :

- Parce qu'il y a une différence d'appel de puissance réactive pour le moteur.

- Une diminution brusque vers 5h30 ce qui coïncide avec la même diminution au niveau de la puissance active. Cette dernière est justifiée par la présence d'un défaut au niveau du moteur.

On aperçoit également que ce défaut n'est pas permanent parce que la réponse du système de protection a montré sa nature.

Après ce défaut, on remarque que la P.A a regagné sa valeur initiale ce qui n'est pas le cas de la P.R qui a mis du temps pour atteindre la même valeur initiale.

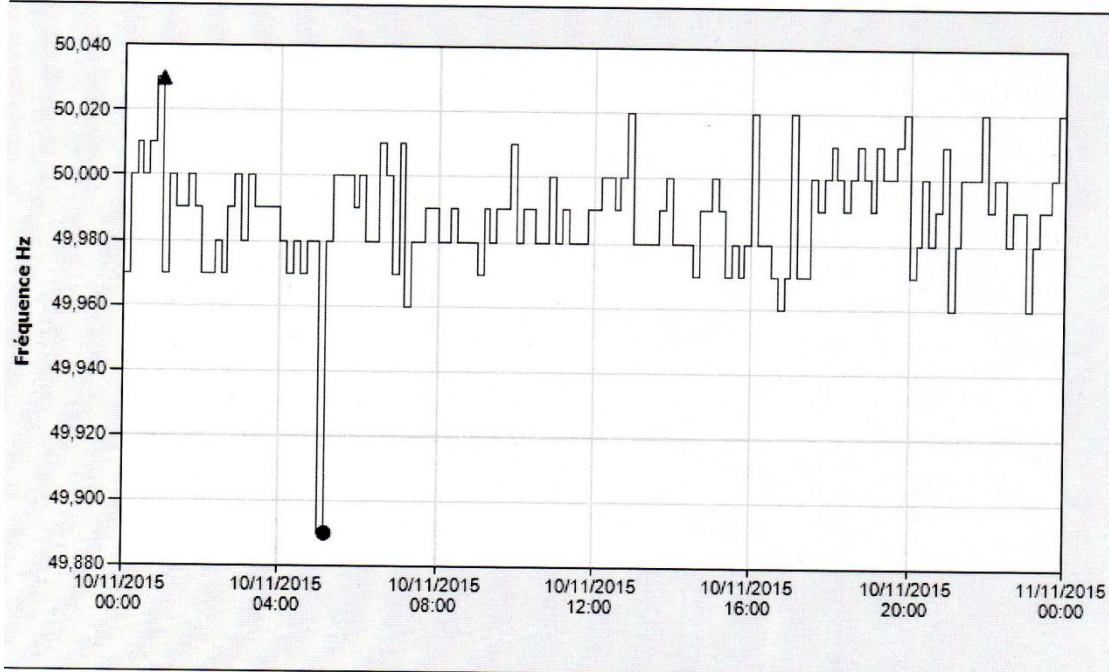
Cette différence de processus est due à la nature de la puissance réactive, qui se diffère de la puissance active. En effet la P.A est instantanée par contre la P.R dépend essentiellement du stockage de l'énergie réactive. Cette dernière va entraîner une lente réaction.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Point de livraison : 8291300 PGE AEP B1 BORDJ TURK
Courbe : FRÉQUENCE
Affichage : CORRIGÉE

saturne

TRACÉ : DU 10/11/2015 00:00 AU 11/11/2015 00:00



Légende : BRUT CORRIGE VALIDE

STATISTIQUES DE LA COURBE

Fréquence maximum : 50,030 Hz (le 10/11/2015 01:00)
Fréquence minimum : 49,890 Hz (le 10/11/2015 05:10)
Fréquence moyenne : 49,988 Hz

Figure 4.12 :courbe de charge de la fréquence

Interprétation :

D'après la figure (4.12) nous pouvons constater clairement que la fréquence tourne autour de la valeur nominale de 50 HZ avec une différence de $\pm (0.14)$, à l'exception des deux pics remarquées à 1 :00 du matin et l'autre 6 :00 du matin.

Cette différence, quoi qu'elle soit minime, peut entrainer des perturbations sur le bon fonctionnement des équipements surtout ceux relatifs à la commande.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

4.6. Amélioration de la facturation

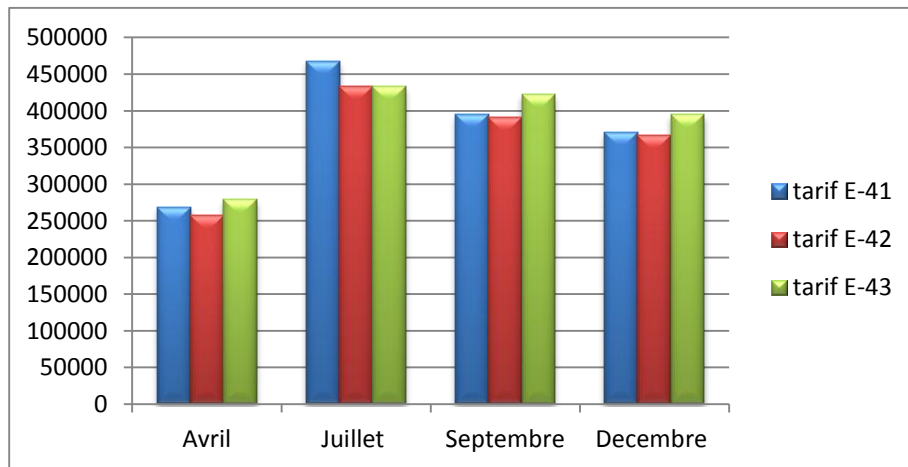
Dans cette partie, on a proposé des solutions afin d'améliorer le coût de la facturation d'électricité en se basant sur plusieurs paramètres.

4.6.1. Vérification du choix de tarification

Ces deux tableaux montrent le total des factures durant 4 mois avec trois tarifs différents, afin de déterminer la tarification approprié pour le client.

Tableau 4.2 : vérification du tarif pour le poste "243"

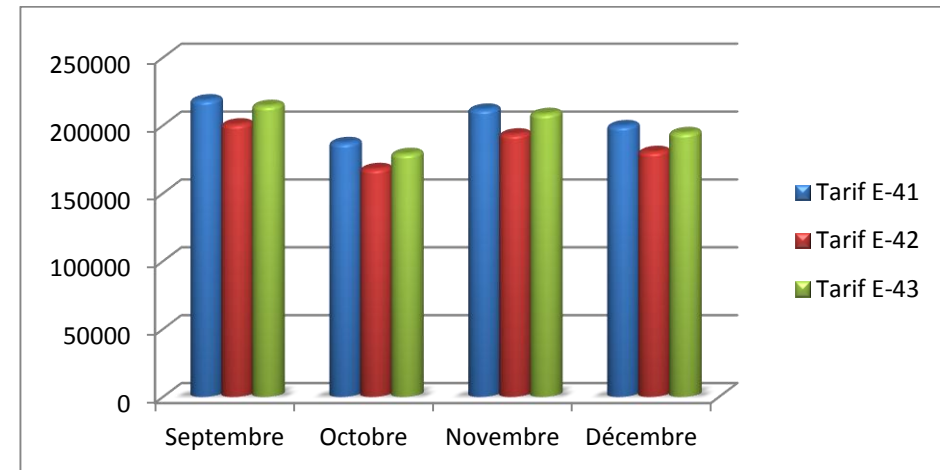
	Avril	Juillet	Septembre	Décembre
Tarif E-41	268804,16	468026,32	394851,05	370357,94
Tarif E-42	257185,98	432768,73	391369,09	366818,87
Tarif E-43	278807,25	433478,78	422094,83	395238,5



a- Poste "243"

Tableau 4.3: vérification du tarif pour le poste "76"

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Tarif E-41	218526,04	187051,14	211662,16	199484,36
Tarif E-42	200777,34	167944,73	193390,36	180516,06
Tarif E-43	214434,53	179015,88	208497,25	194425,25



b- Poste "76"

Figure 4.12 : vérification du tarif

Interprétation

D'après les résultats obtenus et décrits dans l'histogramme, on constate que le tarif E-42 est le meilleur tarif pour les deux postes, d'où le choix du tarif

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

adapté par l'ADE est justifier.

Remarque : la démarche suivie et l'analyse détaillée des tarifs des deux postes sont élargies dans la partie 'annexe' (a et b)

4.6.2. Analyse de la facture d'électricité des forages

Les tableaux (4.4 et 4.5) montrent l'état de la consommation de l'énergie électrique durant l'année **2015** au niveau des deux postes "**P : 243 et P : 76**" avec une PMD de **120 KW** et **80 KW**.

Tableau 4.4 : Etat de la consommation d'énergie 2015 ' P : 243'

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
PMD (KW)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
PMD(DA)	3870	3870	3870	3870	3870	3870	3870	3870	3870	3870	3870	3870
PMA (KW)	150	150	152	139	158	158	155	156	152	177	177	175
PMA(DA)	22572	22572	22872,96	20916,72	23775,84	23775,84	23324,4	23474,88	22872,96	26634,96	26634,96	26334
hors pointe	90600	69020	80392	70931	70364	77251	122615	122807	109258	91482	109541	101226
H-P (DA)	136380,18	103895,81	121014,08	106772,43	105918,93	116285,93	184572,36	184861,38	164466,07	137707,85	164892,07	152375,5
pointe	18118	13640	16396	14065	13737	15265	24913	24421	22369	17914	21934	20429
P (DA)	131659,88	99119,15	119146,45	102207,54	99824,03	110927,7	181037,79	177462,52	162551,05	130177,46	159389,99	148453,46
E.Act.(Kwh)	108718	82660	96788	84996	84101	92516	147528	147228	131627	109396	131475	121655
E.Réact(Kvarh)	71974	55395	62925	58446	55417	61370	103044	105506	96025	80293	96892	90467
Majoration- Q	17615	14065	14531	15948	13366	15112	29280	31892	30211	25595	31154	29639
Tan PHI (Q/P)	0,6620	0,6702	0,6501	0,6876	0,6589	0,6633	0,6985	0,7166	0,7295	0,7340	0,7370	0,7436
Cos PHI	0,8338	0,8307	0,8384	0,8240	0,8350	0,8333	0,8198	0,8128	0,8079	0,8062	0,8050	0,8024
Maj (DA)	8683,13	7336,26	8513,06	9050,67	7071,06	8733,49	11108,83	12099,82	11462,05	11710,74	12819,83	12245,04
prime fixe	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71
Total	303594,90	237222,93	275846,26	243247,07	240889,57	264022,67	404343,09	402198,31	365651,84	310530,72	368036,56	343707,71

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Tableau 4.5 : Etat de la consommation d'énergie 2015 " P : 76"

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
PMD(KWh)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
PMD(DA)	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00	2580.00
PMA(KWh)	85	90	87	83	94	93	92	98	90	88	86	90
PMA(DA)	12790,8	13543.20	13091.76	12489,84	14145.12	13994.64	13844.16	14747.04	13543.20	13242.24	12941.28	13543.20
hors-pointe	30637	29102	29140	29845	40203	54410	70211	74479	54012	44926	52502	48319
h-p(DA)	46117.88	43807.24	43864.44	44925.68	60517.58	81903.37	105688.62	112113.24	81304.26	67627.11	79031.26	72734.59
pointe	6254	5894	6037	5778	7418	10596	14127	14894	11283	8961	10521	9742
Pointe (DA)	45446.57	42830.52	43869.67	41987.57	53905.12	76999.01	102658.08	108231.72	81991.30	65117.79	76454.00	70793.17
E -ACT (KW)	36891	34996	35177	35623	47621	65006	84338	89373	65295	53887	63023	58061
E-Réact (KVAR)	22353	21337	21488	21989	30630	43558	60663	65347	50914	45650	53754	49490
Majoration-Q (KVAR)	5887	5819	5879	6157	8799	13035	20474	22640	20246	20686	24222	22439
Maj (DA)	5233.53	6207.73	5230.49	7335.97	6338.34	6945.48	9767.84	10589.62	9681.33	10848.27	11189.83	11513.36
Tan phi (Q/P)	0,6059	0,6097	0,6109	0,6173	0,6432	0,6701	0,7193	0,7312	0,7798	0,8471	0,8529	0,8524
Cos phi	0,8553	0,8538	0,8534	0,8509	0,8410	0,8307	0,8118	0,8072	0,7886	0,7630	0,7608	0,7610
prime fixe	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71	429,71
Total	112598,49	109398.40	109066.07	109748,77	137915.87	182852.21	234968.41	248691.33	189529.80	159845.12	182626.08	171594.03

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

En faisant, l'analyse de la facture annuelle '2015' du poste 76, j'ai constaté qu'il y a une défaillance au niveau de la majoration de l'énergie réactive imposée par la Sonelgaz.

Le tableau (4.6) représente la majoration imposée et la majoration réelle, ainsi que la différence entre eux.

Tableau 4.6 : Comparaison entre les deux majorations

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Majoration imposée (k var)	5887	5819	5879	6157	8799	13035	20474	22640	20246	20686	24222	22439
Majoration réelle (k var)	3908	3840	3900	4178	6820	11055	18494	20661	18267	18707	22243	20460
Différence (k var)	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979	1979

Commentaire :

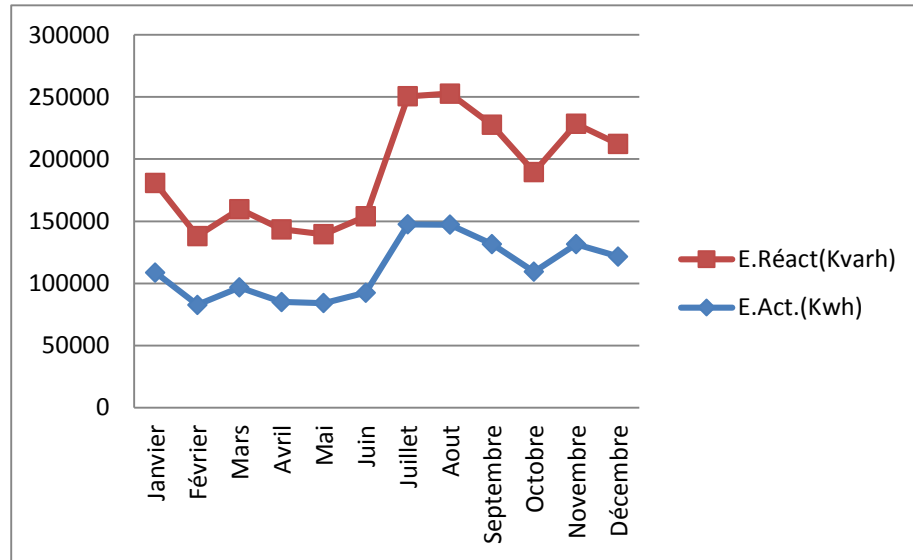
A travers l'étude de données indiquées dans le tableau ci-dessous, j'ai constaté que la différence entre les deux majorations est restée fixe durant toute l'année.

D'où cette valeur représente 13.4% de la majoration annuelle et 1% du montant total de la facture annuelle.

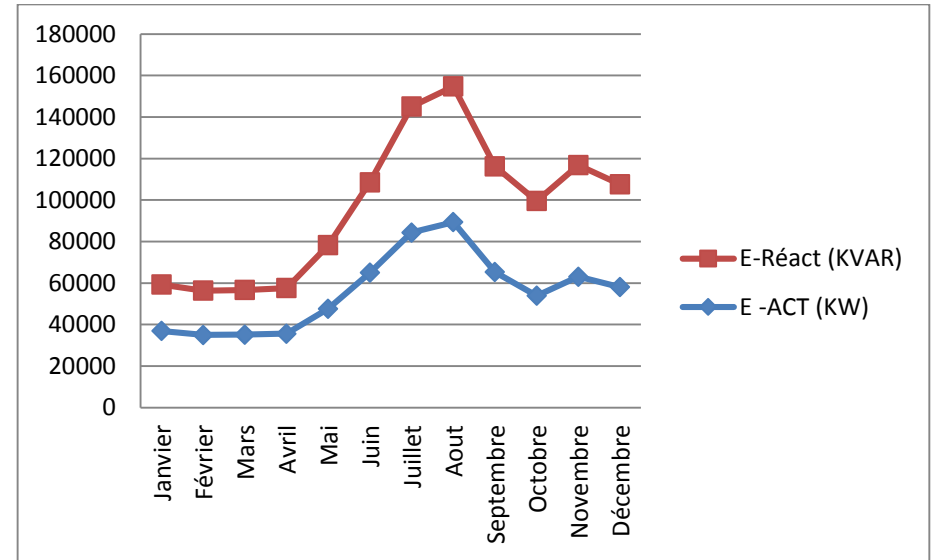
Afin d'éviter que l'ADE paye des frais supplémentaires aux erreurs commises par la sonelgaz, il faut que le service de facturation de l'Algérienne des eaux doit vérifier les factures d'électricité avant de les payer. Donc elle doit recruter des spécialistes dans ce domaine ou bien assurer une formation au personnel travaillant au sein du groupe.

4.6.3. Développement de l'énergie active et réactive

Ces figures montrent l'évolution de l'énergie active et réactive durant 12 mois.



a- P : 243



b- P : 76

Figure 4.13 : consommation de l'énergie active-réactive

Interprétation :

On remarque que les deux courbes présentent quelques fluctuations minimales autour de deux valeurs extrêmes. Celles -ci sont généralement proches et représentent une valeur moyenne :

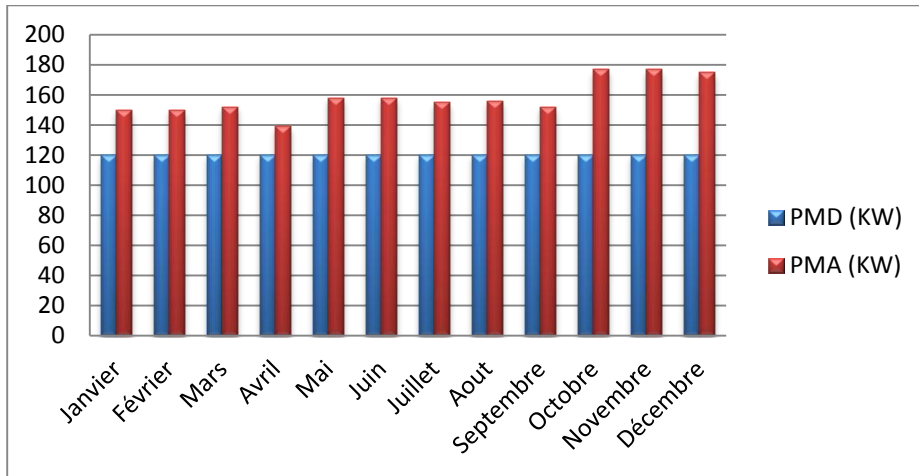
- Poste 243 est aux environs de 100000 KW pour l'énergie active et de 190000 KVAR pour l'énergie réactive
- Poste 76 est aux environs de 60000 KW pour l'énergie active et de 13000 KVAR pour l'énergie réactive

De plus, on peut constater clairement une harmonie entre l'énergie active et réactive. Cette harmonie nous indique que notre moteur fonctionne dans les normes (ses valeurs nominales)

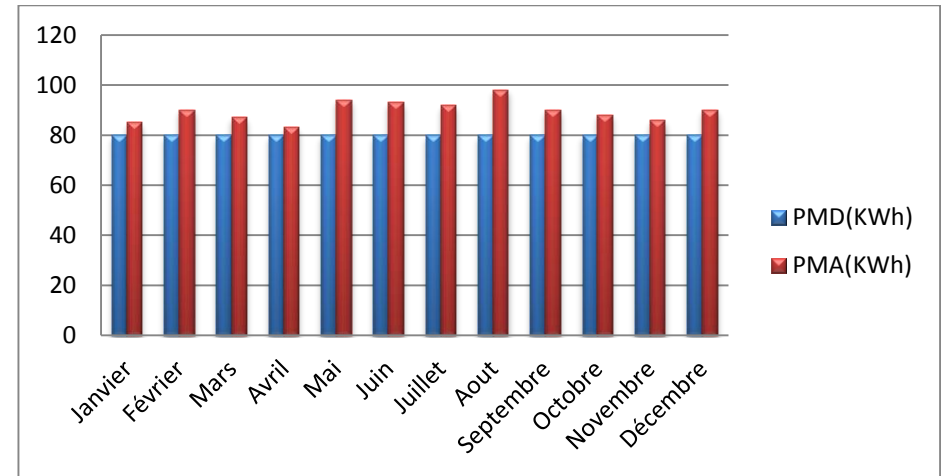
Ce qui a préservé une puissance réactive nominale nécessaire pour le champ tournant.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

4.6.4. Vérification de la présence de la majoration du PMA



a- Poste''243''



b- Poste''76''

Figure 4.14 : Histogramme de comparaison entre la PMD et la PMA

Interprétation :

Les deux histogrammes (4.14) représentent une comparaison entre la PMA et la PMD durant une période bien déterminée (année 2015), afin d'effectuer une vérification de majoration du PMA.

Nous avons remarqué que la puissance maximale absorbée (PMA) est toujours supérieure à la puissance mise à disposition (PMD).

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

4.6.4.1. Réduction du coût de la majoration

Ces deux tableaux désignent le coût de majoration de la PMA pour les deux postes.

Tableau 4.7 : Coût de majoration de la PMA''P : 243''

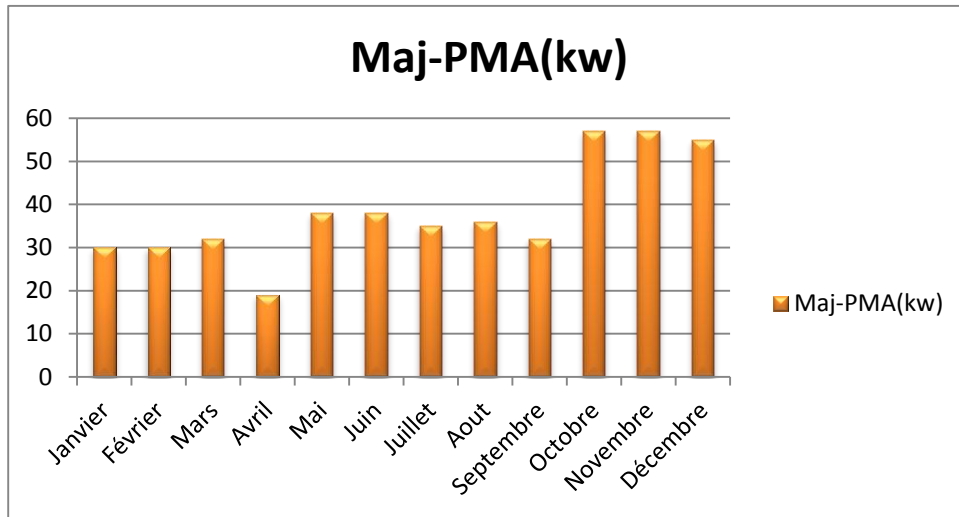
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Maj-PMA (kw)	30	30	32	19	38	38	35	36	32	57	57	55
Maj(DA)	4514,40	4514,40	4815,36	2859,12	5718,24	5718,24	5266,80	5417,28	4815,36	8577,36	8577,36	8276,40

Tableau 4.8 : Coût de majoration de la PMA'' P : 76''

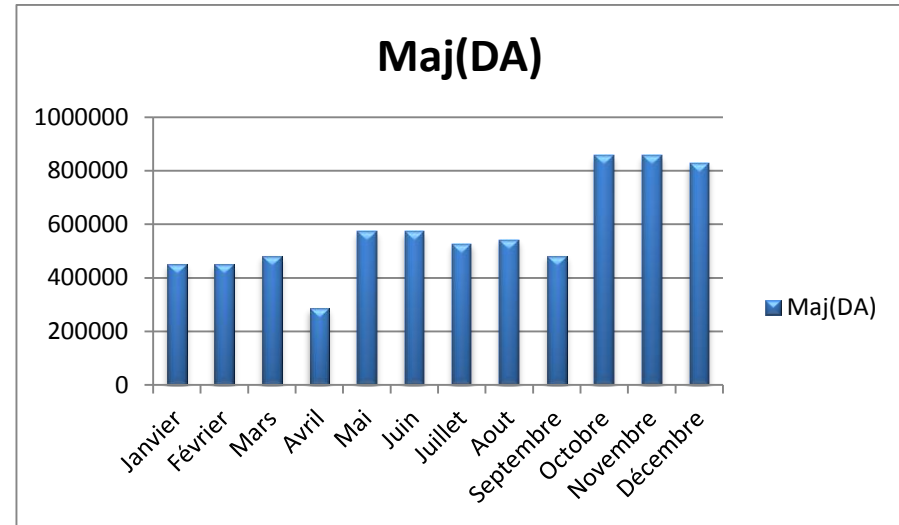
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Maj-PMA (KW)	5	10	7	3	14	13	12	18	10	8	6	10
Maj-PMA (DA)	852,4	1734,8	1053,36	483,44	2506,72	1986,24	1845,76	2748,64	1734,8	1253,84	942,88	1734,8

Les histogrammes des figures (4.16. (a, b, c, d)) illustrent les variations et les perspectives du coût de majoration de la PMA

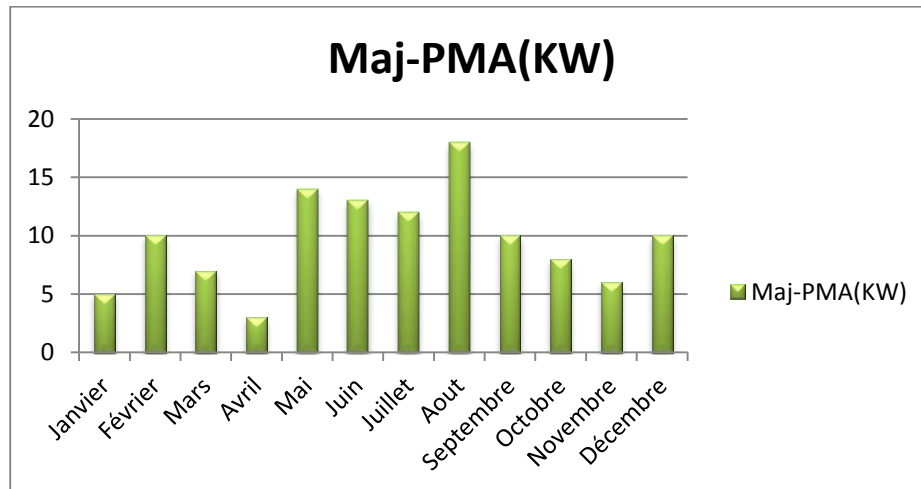
Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra



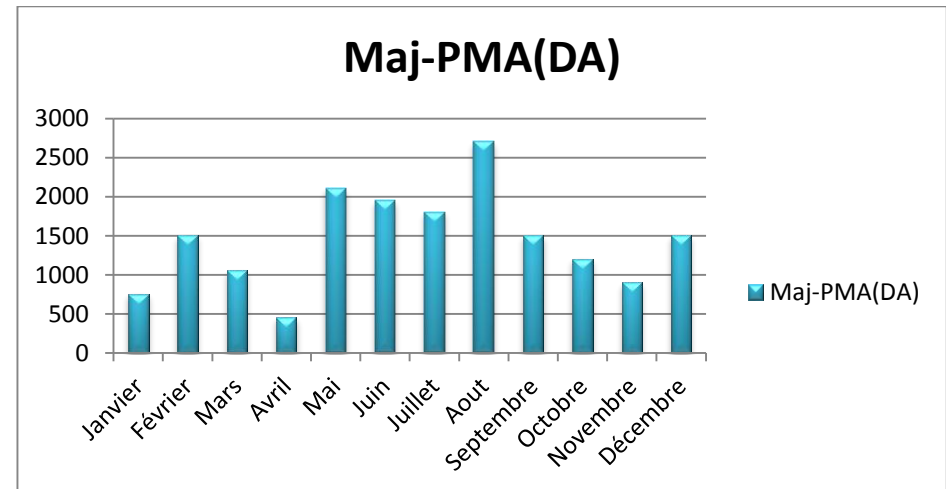
a- Poste "243"



b- Poste "243"



c- "Poste 76"



d- "Poste 76"

Figure 4.15 : Histogramme du coût de majoration

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Interprétation

On remarque que le coût de majoration annuelle est de :

- **69070.32 DA** du montant annuel de la facturation du **(Poste 243)**
- **27455.68 DA** du montant annuel de la facturation du **(Poste 76)**

Sachant que la PMA est mesurée pour contrôler notre demande d'énergie électrique, (une marge de sécurité est obligatoire), la PMA doit être inférieure et au maximum égale à la PMD ; ce qui nous pousse à proposer l'augmentation du PMD au niveau de deux postes, afin d'éviter la majoration due à cette différence.

4.6.5. Vérification du poste horaire

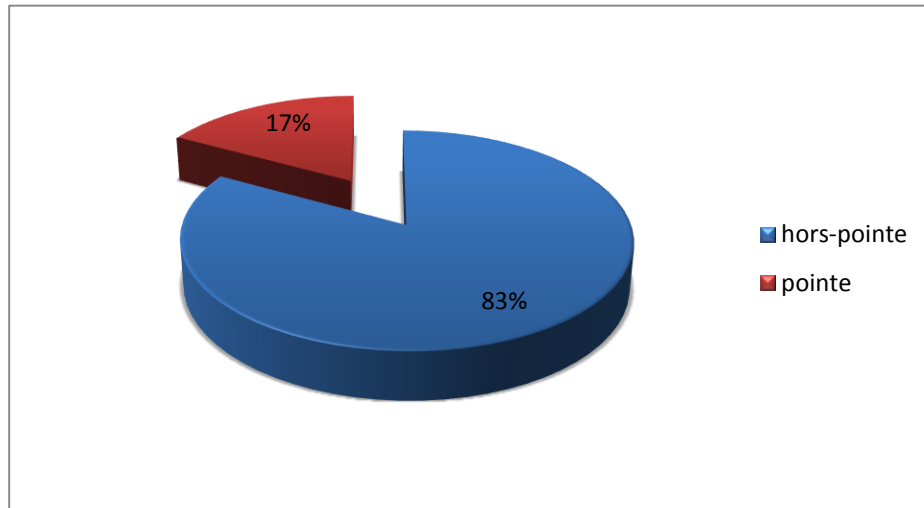
Dans cette partie, nous allons vérifier la répartition horaire de la consommation pour évaluer le choix adapté par l'ADE et proposer par la suite des modifications.

Tableau 4.9 : Total de la consommation énergétique (KWh)

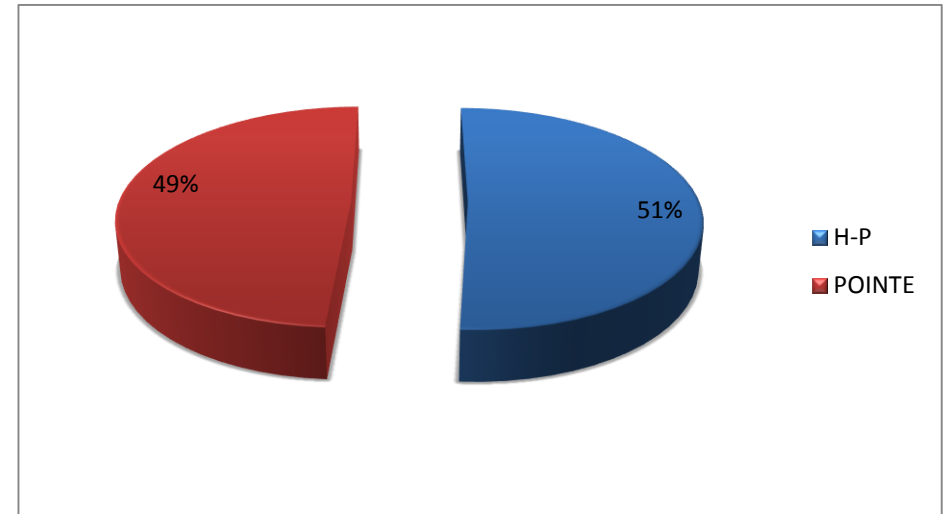
	L'énergie consommée (kWh)	Pourcentage
Hors pointe	1115487	83 %
pointe	223201	17 %
total	1338688	100 %

Tableau 4.10 : Coût énergétique année 2015 'P : 243'

	Coût de la consommation (DA)	pourcentage
Hors pointe	1679142,59	51 %
Pointe	1621957,02	49 %
Total	3301099,61	100 %



a- Consommation



b- Coût

Figure 4.16 : Diagramme sectoriel du coût de la consommation par poste horaire

Interprétation :

Ces deux diagrammes représentent la consommation de l'énergie électrique et son coût par poste horaire.

- on constate qu'il y a seulement **17 %** de la consommation en heures pointe qui représente **51%** de la facture annuelle, pour cela ils doivent procéder à une simulation de tarif et de consommation.

Le prix de l'énergie est différencié selon les heures d'utilisation, c'est pour cela on propose à l'abonné d'étudier et changer si possible son programme de production de telle sorte qu'il puisse éviter les heures de pointe au maximum.

Remarque :

On a obtenu le même pourcentage de consommation pour les deux postes, c'est pour cela on a pris un seul exemple.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

4.6.6. Amélioration de l'énergie réactive

Dans cette partie, nous nous intéressons à l'impact de l'excès de la puissance réactive sur le coût de la facture de l'électricité des forages de l'ADE. Afin de minimiser les effets néfastes de cet excès sur le réseau électrique cités au paragraphe (1.1.4), la **Sonelgaz** pénalise la consommation exagérée de la puissance réactive de ces abonnés en leur imposant des seuils à ne pas dépasser. Lorsque la consommation d'énergie réactive durant une période considérée dépasse la proportion de **50%** d'énergie active, l'excès est facturé à l'abonné selon les prix du tarif appliqué.

L'énergie réactive non consommée au-dessus de ces **50%** donne lieu à une bonification par Kvar/h qui est égale au cinquième (**1/5**) du prix propre au tarif appliqué aux abonnés.

4.6.6.1. Vérification de la majoration de l'énergie réactive

Ces deux tableaux (4.10, 4.11) indiquent la consommation de l'énergie réactive par rapport à celle de l'active, après avoir calculé les 50% de l'énergie active puis la comparé avec celle de l'énergie réactive pour déterminer la majoration.

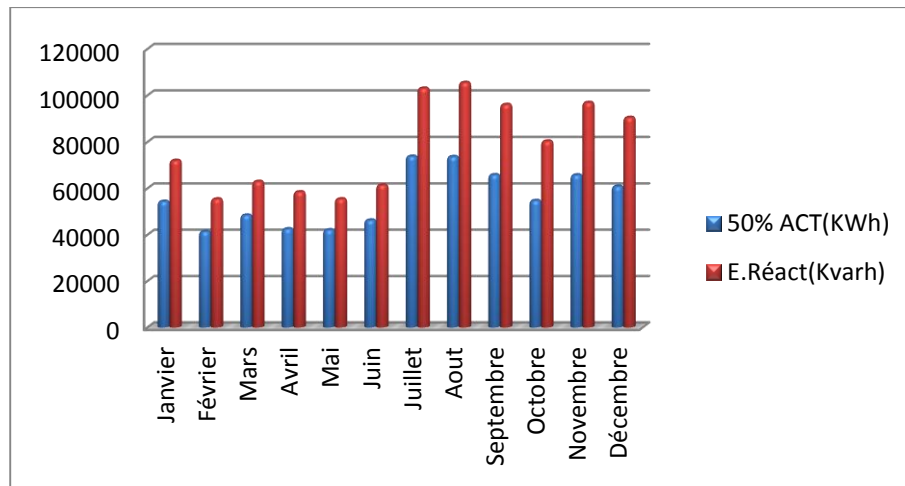
Tableau 4.11 : Comparaison entre l'énergie active et réactive "P : 243"

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
50% ACT (KWh)	54359	41330	48394	42498	42050,5	46258	73764	73614	65813,5	54698	65737,5	60827,5
E. Réactive (Kvarh)	71974	55395	62925	58446	55417	61370	103044	105506	96025	80293	96892	90467

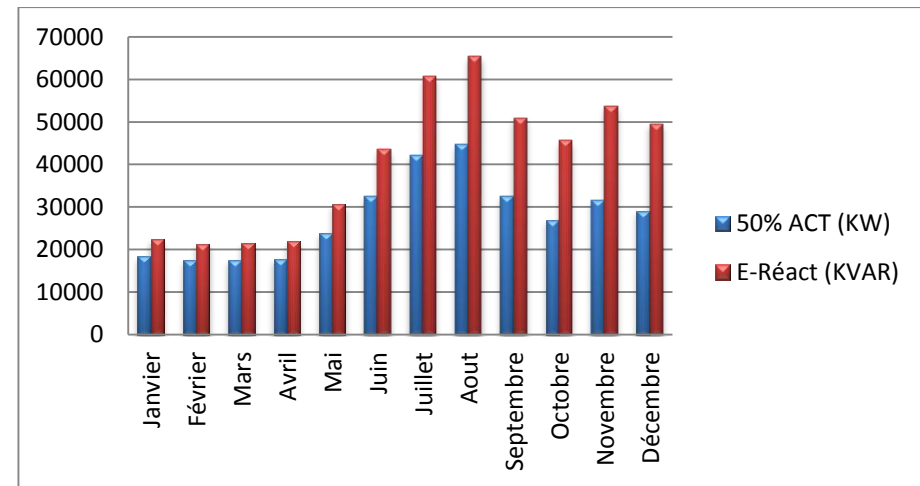
Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Tableau 4.12: Comparaison entre l'énergie active et réactive 'P : 76'

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
50% ACT (KW)	18445,5	17498	17588,5	17811,5	23810,5	32503	42169	44686,5	32647,5	26943,5	31511,5	29030,5
E.Réactive (KVAR)	22353	21337	21488	21989	30630	43558	60663	65347	50914	45650	53754	49490



a- Poste "243"



b- Poste "76"

Figure 4.17 : Histogramme de comparaison entre l'énergie active et réactive

Interprétation

On constate dans l'histogramme suivant un dépassement du seuil autorisé par la **Sonelgaz**.

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Ces tableaux (4.12, 4.13) représentent le coût de la majoration mensuelle de l'énergie réactive

Tableau 4.13 : Coût de la majoration de l'énergie réactive 'P : 243'

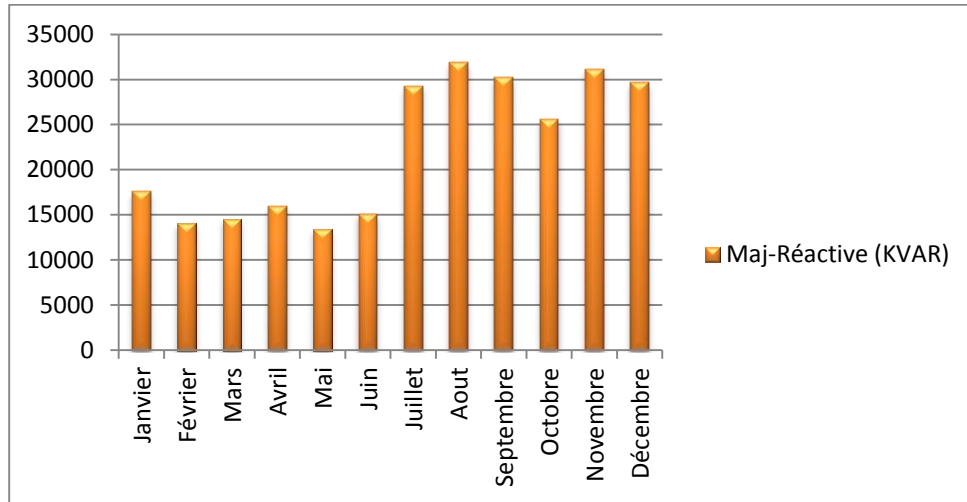
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Maj-Réactive (KVAR)	17615	14065	14531	15948	13366	15112	29280	31892	30211	25595	31154	29639
Maj (DA)	6683,13	5336,26	5513,06	6050,67	5071,06	5733,49	11108,83	12099,82	11462,05	9710,74	11819,83	11245,04

Tableau 4.14 : Coût de la majoration de l'énergie réactive 'P : 76'

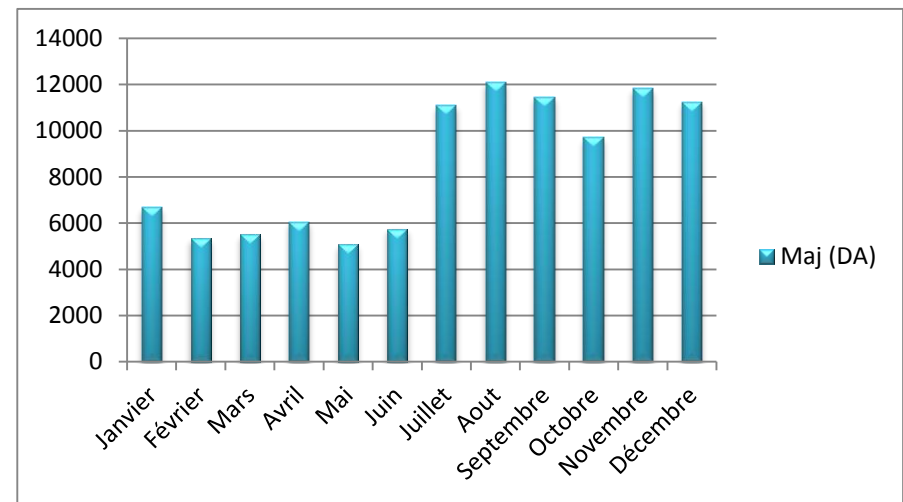
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Majoration-Q (KVAR)	5887	5819	5879	6157	8799	13035	20474	22640	20246	20686	24222	22439
Maj (DA)	2233.53	2207.73	2230.49	2335.97	3338.34	4945.48	7767.84	8589.62	7681.33	7848.27	9189.83	8513.36

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

❖ Poste '243'

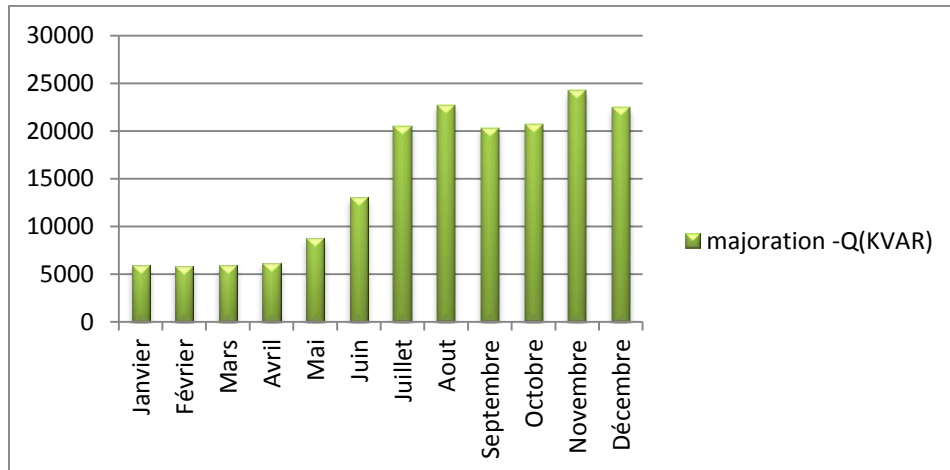


a- Maj- réactive(Kvar)

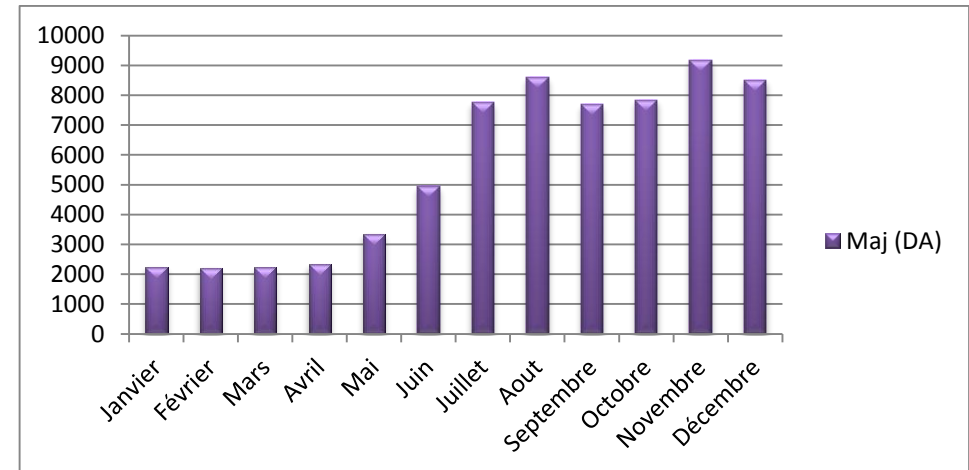


b- Majoration (DA)

❖ Poste '76'



c-Maj-réactive (Kvar)



d- Majoration (DA)

Figure 4.18 : Histogramme du coût de majoration d'énergie réactive

Interprétation

Les histogrammes (4.8) présentent successivement la majoration de l'énergie réactive et son coût pour les deux postes (**243** et **76**), durant l'année 2015. On remarque clairement qu'il y a une augmentation durant ces trois mois (juillet, août et septembre) qui est due à l'utilisation abondante de l'eau pendant la période de l'été, vu le climat de la région. Mais en ce qui concerne les mois de novembre et décembre cela est dû à l'étendue de l'espace d'alimentation en eau potable dans le secteur de **l'Alia nord**. Malheureusement la majoration est signalée dans tous les mois de l'année d'une manière inévitable. Ce qui oblige l'ADE à payer des pénalités importantes à la **Sonelgaz**.

Pour faire face à ce problème, nous avons passé à la compensation de l'énergie réactive.

4.7.6.2. Amélioration du $\cos \varphi$

L'amélioration du $\cos \varphi$ doit passer par l'installation d'un moyen de compensation, qui constitue la solution la plus efficace pour réduire la consommation de l'énergie réactive. Pour atteindre cet objectif, on doit suivre certaines démarches pour pouvoir choisir la batterie de condensateur qui convient à chaque poste.

1^{ère} étape :

A partir de la facture d'électricité des 12 mois, on a pu déterminer :

1- La valeur moyenne de l'énergie active et réactive consommée pour calculer la $\tan \varphi$, à partir (**les tableaux 4.4, 4.5**)

2- La valeur moyenne de la puissance maximale absorbée (**PMA**)

❖ **Poste '76'**

$Q_m = 40598$ (K var) ; $P_m = 55774$ (kW) ; $\tan \varphi = 0.73$; $PMA = 90$ (KW).

❖ **Poste '243'**

$Q_m = 78146$ (k var) ; $P_m = 111557$ (kW) ; $\tan \varphi = 0.70$; $PMA = 158$ (KW).

3- Calcul de la valeur de la puissance réactive compensée Q_c

A l'aide d'un programme sous l'environnement '**Matlab**' j'ai pu calculer la valeur de la puissance réactive compensée, pour déterminer la valeur de la batterie de condensateur qu'on doit installer à chaque poste.

Pour le poste '76' : $Q_c = 39.6$ (kvar)

Donc on doit installer une batterie de **50 (k var)**

Pour le poste '243' : $Q_c = 65$ (kvar)

Donc on doit installer une batterie de **100 (k var)**

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

Remarque :

Le calcul de la compensation est basé sur la valeur moyenne de l'énergie réactive, au détriment de la valeur maximale, parce qu'elle a une faible fréquence d'apparence.

2^{ème} étape :

Choix de type de compensation

Pour choisir le type de compensation qui convient pour les 2 postes, on applique le rapport suivant

$$\varepsilon = \frac{Q_c}{S_n} \left\{ \begin{array}{l} \leq 15\% \text{ Compensation fixe} \\ > 15\% \text{ Compensation automatique} \end{array} \right.$$

Q_c = La puissance de la batterie à installer (K var)

S_n = La puissance apparente du transformateur de l'installation (KV a)

❖ Poste '76' : on a $S_n = 400 \text{ kVa}$ et $Q_c = 39.6 \text{ k var}$ / $\varepsilon = 0.099$; $9.9\% < 15\%$

Donc on doit installer une batterie fixe.

❖ Poste '243' : on a $S_n = 250 \text{ kVa}$ et $Q_c = 65 \text{ k var}$ / $\varepsilon = 0.26$; $26\% > 15\%$.

A partir des résultats obtenus au niveau du poste **243**, on doit installer une batterie automatique. Puisque l'installation électrique à charge constante fonctionne 24h/24 et afin d'éviter la génération des harmoniques qui ont des effets néfastes sur la qualité d'énergie électrique, on propose la compensation fixe malgré qu'elle ne soit pas flexible au changement de la charge.

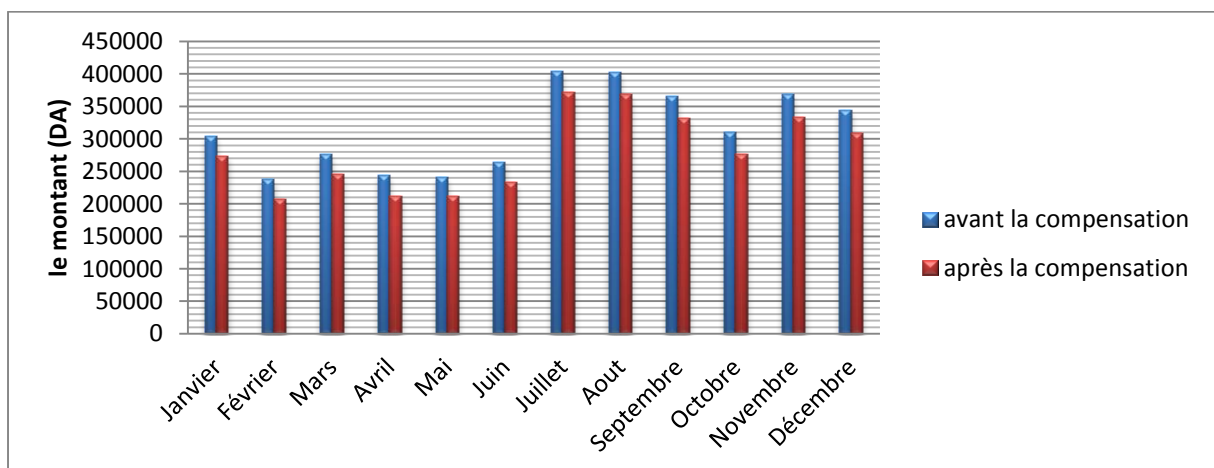


Figure 4.9 : comparaison du montant total avant et après la compensation 'P : 243'

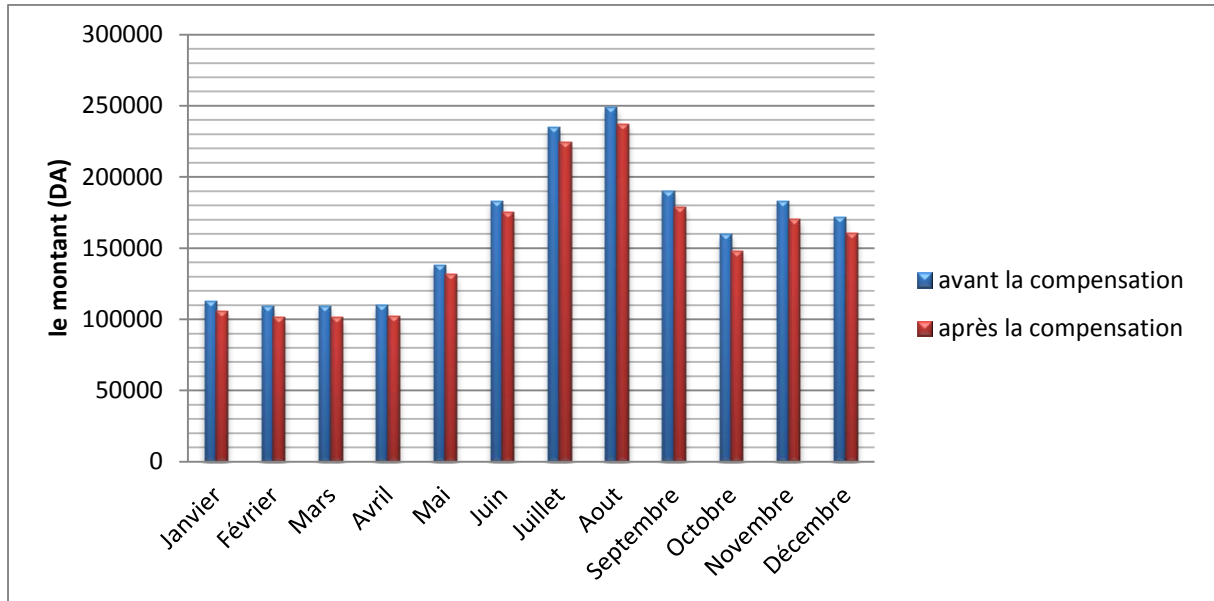


Figure 4.10 : comparaison du montant total avant et après la compensation ‘P : 76’

Commentaire :

Les histogrammes (4.9) et (4.10) représentent successivement le coût total de la facture annuelle, avant et après la compensation de l'énergie réactive au niveau de ces deux postes (243 et 76). On remarque clairement qu'il y a un abaissement du coût.

La réduction obtenue est de **6%** du montant total de la facture annuelle pour le poste '76' et de **3.8%** pour le poste '243'.

4.7.6.3 : Autres solutions

➤ FACTS

Les dispositifs FACTS présentent la meilleure solution pour la compensation, car ils offrent au système l'opportunité d'injecter ou d'absorber la puissance réactive nécessaire au réseau d'une façon instantanée. Mais vu leur coût très élevée, cette variante est à écarter.

➤ Variateurs de vitesse

Parmi les solutions proposées qui servent à améliorer le fonctionnement du moteur, on a les variateurs de vitesse. Cette technologie offre de nombreux avantages, parmi lesquels :

- ✓ Diminution de la consommation d'électricité ;
- ✓ Amélioration du facteur de puissance ;
- ✓ Démarrage progressif des moteurs, réduisant les chutes de tension dans le réseau et limitant le courant de démarrage ;

Chapitre 4 : Application sur le champ captant de Biskra

- ✓ Prolongement de la durée de service du matériel entraîné ;
- ✓ Précision de la régulation de vitesse.

Malgré ses bienfaits, ils peuvent causer certains problèmes comme : les harmoniques, l'échauffement des équipements et des vibrations.

Pour éviter ces effets néfastes, on doit installer des filtres.

Conclusion

Le présent chapitre, traite les moyens et les mesures nécessaires à mettre en œuvre pour obtenir des gains par la gestion des consommations électriques. Pour cela, on a appliqué une méthodologie qui consiste d'abord, à analyser et à diagnostiquer ce qui existe en matière de facturation électrique. Vient ensuite, la partie d'optimisation de l'énergie électrique qui développe les systèmes de tarification, ainsi que les techniques utilisées pour minimiser ces factures.

Enfin, nous avons détaillé les points essentiels qui peuvent améliorer et réduire la surconsommation qui rend la facture d'électricité coûteuse.

Donc cette étude permet de générer une économie financière significative vers les pistes de la maîtrise de l'énergie.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce thème a été proposé, dans le cadre de rapprochement entre l'université et le secteur économique. L'Algérienne des eaux, est une entreprise publique responsable d'alimenter ses abonnés en eau potable d'une façon régulière, vu la cherté de l'électricité qui représente de plus en plus un fardeau pour les entreprises publiques et privées. Ses frais de production et de distribution d'eau dépassent les 40% de son budget total.

Pour réduire la facture d'électricité, nous avons suivi dans ce mémoire une stratégie qui consiste à analyser et diagnostiquer les défaillances. En analysant les factures d'électricité des dernières années et en vérifiant l'état des équipements électriques relatifs à l'opération de pompage et ce après une étude approfondie sur le choix des paramètres des différents équipements. Pour réaliser ce travail, j'ai effectué deux stages parallèlement au niveau de l'ADE et la Sonelgaz.

La puissance réactive est un facteur très important pour la rotation ou bien le mouvement de n'importe quelle machine (le système de pompage). Mais sa présence excessive peut causer une pénalité à l'ADE par la Sonelgaz. D'où la compensation de la puissance réactive a occupé une place importante dans ce mémoire.

Après cette étude, nous avons proposé une diversité de solutions et des actions d'amélioration. Ces solutions sont résumées dans :

- ✓ Le changement de la puissance mis à disposition (PMD), afin d'éviter la majoration ;
- ✓ Le changement du programme de production pour éviter les heures de pointe ;
- ✓ L'installation des batteries de condensateurs pour compenser l'énergie réactive, afin d'éviter la pénalité.
- ✓ L'utilisation de matériels à faible consommation électrique : variateurs de vitesse ;
- ✓ Le remplacement des anciens équipements par d'autres plus performants, ayant un meilleur rendement.
- ✓ Le recrutement des spécialistes dans le domaine d'électricité pour le suivi de la facturation.

Il faut noter que la variante d'utiliser les FACTS a été écartée vu son coût exagéré.

Bibliographie

Bibliographie

[ABD 09] **Abdelali ALIBI**, "Contrôle des Réseaux Electriques par les Systèmes FACTS: (Flexible AC Transmission Systems)" Magister de l'Université de Batna 2009.

[ADE 14] **ADEME** (Agence de l'environnement et de la maîtrise d'énergie) " le comptage de l'énergie ", Amélioration de la performance énergétique dans l'industrie. Édition 2014

[CHE 11] **Chebihi Lakhder** " **Adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zones arides** " mémoire de magister en 2011

[CRE 16] www.creg.gov.dz " **La Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG)**" consulté le 21/02/2016 à 21 :10

[DOC 14] document sonelgaz 2014

[DIR 15] **DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU de la WILAYA DE BISKRA**

" Rapport sur la Situation des Ressources en Eau Souterraine, Superficielle et la présentation des différentes nappes et qualité des eaux dans la wilaya de Biskra " en 2015.

[EMN 03] **Emna Rajhi** " Rapport de stage mené au sein de l'hôpital principal d'instruction de Tunis, portant sur l'optimisation de la consommation énergétique ", **Ecole supérieure des sciences et techniques de Tunis, diplôme de physique 2003**

[ERD 16] www.erdf.fr **Electricité Réseau Distribution France. Le Site officiel de la société anonyme à conseil de surveillance et directoire, consulté le 10/03/2016 à 9 :30**

[FIC 14] Fiche d'inventaire des forages «direction de l'hydraulique wilaya de Biskra » en 2013

[GEN 84] **Genetier. B** "La pratique des pompages d'essai en hydrogéologie" **Manuels et méthodes du B R G M, N° 9 France en 1984.**

[HAO 13] **Haoussa Nadjma** " Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra et Droh" mémoire master ,2013.

[ISM 10] **I.S.Bousmaha , M.Brahami** " Etude d'un poste de transformation HTA/BT de distribution d'énergie électrique", Société de Distribution de l'ouest SDO, Sonelgaz, Tlemcen .Laboratoire Intelligent Control and Power Electrical Systems, UDL, Sidi Bel Abbès en 2010.

E-mail: mbrahami@yahoo.com

Bibliographie

[KER 13] **Kerbaa Amel** ‘‘ Etude de l’influence des systèmes FACTS sur la qualité de l’énergie électrique’’ mémoire magister, le 02 Juin 2013

[LOU 14] **Loudjani Naouel** ‘‘ Analyse des séries temporelles des données de Production d’eau potable De la Ville de Biskra’’ **mémoire de master en 2014.**

[MAH 10] **B. Mahdad**, Optimal Power Flow with Consideration of FACTS devices Using Genetic Algorithm: Application to the Algerian Network, *Doctorat Thesis, Biskra University Algeria*, 2010.

[MAN 07] **Mancer N, Aggouni Y**’’ modélisation et intégration des dispositifs de compensation dynamique FACT’, Mémoire de l’ingénieur d’état Juin 2007

[MAR 09] **Martin Hennebel**,’’valorisation des services système sur un réseau de transport d’électricité en environnement concurrentiel thèse de doctorat de l’université de paris le 11/ 2009

[NAB 12] **Nabil MANCER** "Contribution à l’optimisation de la puissance réactive en présence de dispositifs de compensation dynamique (FACTS) ' mémoire magister en 2012

[OUS 12] **Oussama Mammeri**’’ Différentes méthodes DE CALCUL DE LA PUISSANCE REACTIVE DANS UNE NOEUD A CHARGE NON LINEAIRE EN PRESENCE D’UN SYSTEME DE COMPENSATION DE L’ENERGIE’’ Université de Batna 2012

[PAD 07] **K. R. Padiyar**. ‘‘FACTS controllers in power transmission and distribution ‘‘ New age international publishers, 2007.

[SAG 08] **Sagâa Adel** ‘‘ description des différents ateliers au niveau de la sonelgaz’’2008

[SCH 06]www.schneider-electric.com/fr/fr. **Site officiel du groupe industriel européen en 2006** le ‘‘magazine Schneider Electric de l’enseignement technologique et professionnel’’ consulté le 06/02/2016 à 10 :30

[SCH 08]www.schneider-electric.com/fr/fr. **Site officiel du groupe industriel européen en 2008**, consulté le 24/02/2016 à 15 :30

[SIR 16] **Sirmel**, la solution électrique des professionnels ‘‘ Catalogue des postes de transformation’’

Bibliographie

[THE 00] Theodore wildi ‘‘ électrotechnique’’ 3^{ème} edition, 2006

[ZEI 13] Zeine ould M^{ed} Mahmoud ‘‘Planification de la puissance réactive avec l’intégration des dispositifs FACTS’’ mémoire magister, Juin 2013

[ZIN 15] Zine Abderrhmane ‘‘optimisation de la facturation de l’électricité des forages ADE de BISKRA’’ mémoire de master en 2015.