



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : ELECTROTECHNIQUE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : NACERI Mohammed Kamel

CHATTI Mohammed amine

DOMAINE : Sciences et Technologies.

FILIERE : Electrotechnique.

OPTION : Energies renouvelables en électrotechnique.

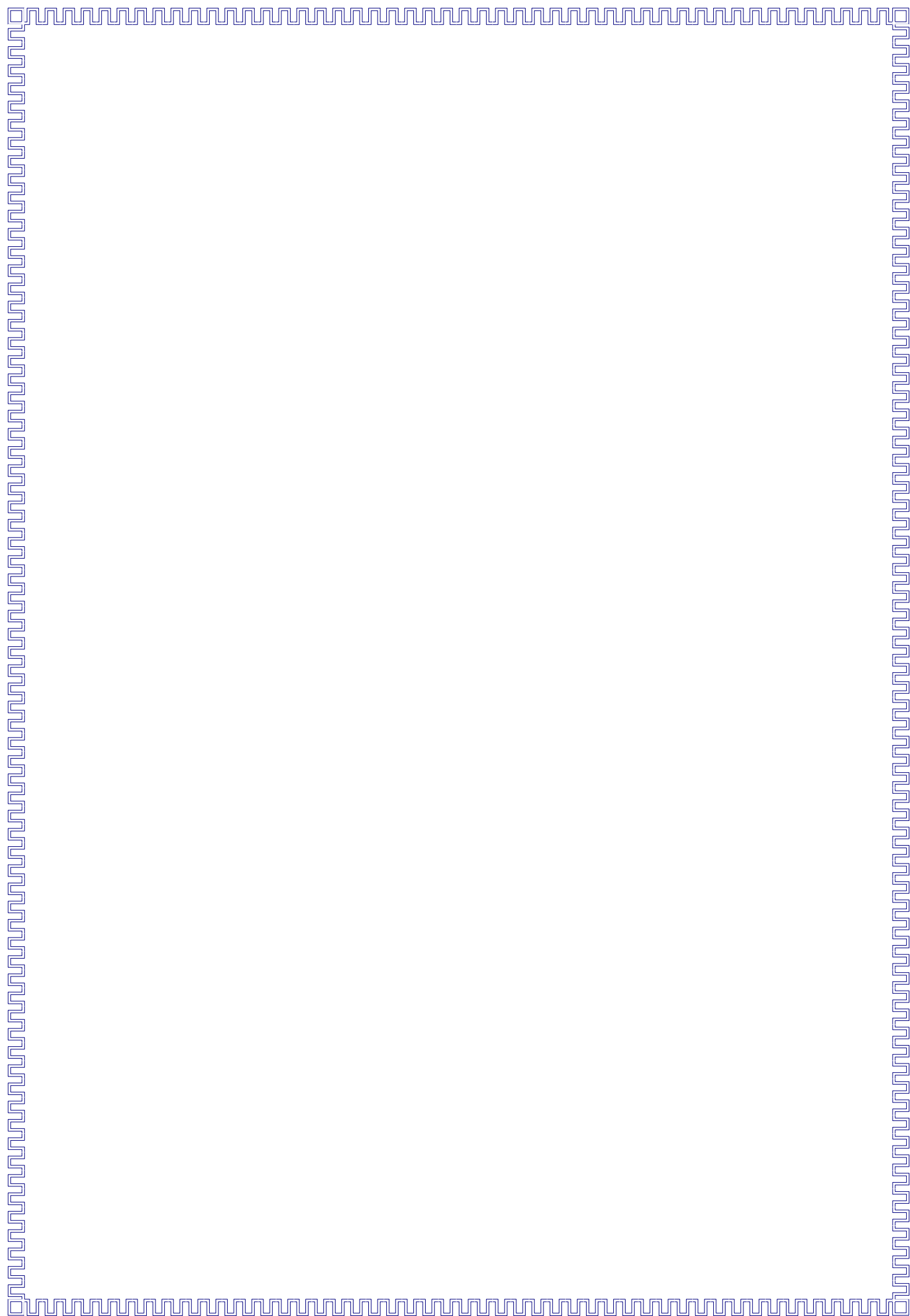
Thème

**Rationalisation de la consommation d'énergie électrique
dans les unités industrielles**

Jury de soutenance :

Noms et Prénoms	Grade	qualité
DJEKIDEL Rabah	Prof	Examineur
BIRANE Mouhoub	MCA	Président
KOUIDRI Mohammed Ali	MCA	Rapporteur

Promotion : 2021 - 2022



REMERCEMENTS

Au nom d'Allah, le plus gracieux, le plus miséricordieux :

Tout d'abord, nous remercions DIEU de nous avoir donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

*Nous tenons à exprimer notre gratitude à Monsieur **KOUIDRI Mohammed Ali** pour l'honneur qu'il nous a fait. En nous guidant, pour son aide précieuse, ses remarques et ses conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail. Nous remercions également tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre parcours universitaire.*

*Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude et nos remerciements particuliers à Messieurs **BENGHUOUINI taher** et **GAHGOUHI outhmane** qui nous ont apporté leur soutien et leurs encouragements durant la réalisation de ce travail.*

DEDICACE

Je remercie le Dieu miséricordieux qui m'a donné le courage et la volonté de faire ce travail.

Je dédie ce travail à mes parents qui ont été la source d'inspiration et de courage, qui ont inséré le sens des responsabilités qui ont tous permis que je réussisse dans mes études, afin que Dieu les bénisse avec une longue vie et une bonne santé.

*A mon frère et ma sœur , qu'ils trouvent ici l'expression de mon affection. Tous mes vœux de réussite et de bonheur. A toute ma famille : **CHATTI** et **BENBEHAZ**.*

*A mon frère et binôme: **NACERI med Kamal**.*

A ma femme : G.Dji.

A tous mes amis sans exception surtout : B.Mohcen, G.Othman, O.Mohammed , M.Allal , M.Racime, Z.Yazid, D.Khayro ,B.Tahori, R,Mohammed, CH.Khalil, S.Youcef .

A tous mes collègues et surtout aux étudiants de la 2ème année master énergies renouvelables.

Pour tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à rendre ce travail possible.

Med amine

DEDICACE

Je remercie le Dieu miséricordieux qui m'a donné le courage et la volonté de faire ce travail.

Je dédie ce travail à mes parents qui ont été la source d'inspiration et de courage, qui ont inséré le sens des responsabilités qui ont tous permis que je réussisse dans mes études, afin que Dieu les bénisse avec une longue vie et une bonne santé.

A mon frère, qu'il trouve ici l'expression de mon affection. Tous mes vœux de réussite et de bonheur. A toute ma famille :

NACERI et HADJADJ.

*A mon frère et binôme: **CHATTI MOHAMMED AMINE .***

*A tous mes amis sans exception surtout : B.MOHSEN ,
G.OUTHMANE, H.BRAHIM, , O.OUTHMANE , M.ALLAL ,
M.RACIM,B.SALAH EDDINE , Z.YAZID,
B.ABDELLATIF,B.ZEID ELKHER ,B.IVAN*

A tous mes collègues et surtout aux étudiants de la 2ème année master énergies renouvelables.

Pour tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à rendre ce travail possible.

MOHAMMED KAMEL

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature - Symbole - Acronymes

Introduction Générale..... 1

Chapitre. I. Maitrise de l'énergie

I.1. Introduction..... 3

I.2 Maitrise de l'énergie en Algérie..... 4

I.2.1. Politique Algérienne en Matière d'Energie.....4

I.2.2. Loi de la Maîtrise d'Energie en Algérie :.....4

I.3. Maîtrise des risques technologiques et environnementaux 5

I.4. Grandes actions de la maitrise de l'énergie 5

I.5. Energies renouvelables 6

I.6. Les principales sources d'énergie renouvelables 6

I.6.1. Energie solaire.....7

I.6.1.1. Les différents types d'énergie solaire.....7

I.6.2.Energie hydraulique9

I.6.3.Energie éolienne.....10

I.6.4.Energie biomasse12

I.6.5.Energie géothermique13

I.7.Efficacité Energétique 14

I.7.1. Le Plan d'Action en Matière d'Efficacité Énergétique14

I.8.Conclusion 16

Chapitre. II. Système photovoltaïque

II.1. Introduction	17
II.2.L'effet photovoltaïque.....	17
II.3.La cellule photovoltaïque.....	18
II.3.1.Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque.....	19
II.3.2.Influence de l'éclairement et la température sur les courbes $I = f(V)$	19
II.4.Les types des systèmes Photovoltaïques	21
II.4.1. Autonome / hors réseau	21
II.4.2.Couplée au réseau (Grid-tie).....	21
II.4.3. Couplée au réseau avec alimentation de secours (grid interactive)	22
II.4.4. Repli sur le réseau.....	23
II.5.Conclusion.....	24

Chapitre .III. Etude de cas

III.1.Introduction.....	26
III.2.Qualité d'énergie électrique.....	26
III.3.les harmoniques	27
III.4.Distorsion harmonique.....	27
III.5.Chutes et coupures de tension du réseau.....	28
III.6.Comptage.....	30
III.7.1.Analyse de l'énergie active en kwh.....	31
III .7.2.Analyse de l'énergie réactive en Kvarh de la SP.....	31
III.7.3.Analyses des énergies consommée pointes en 2021	32
III.7.4.Analyses des énergies consommées hors pointes en 2021	33
III .7.5.Structure de la consommation par postes horaires	33
III .7.6. Analyse de la tangente ϕ 2021	34
III .7.7.Analyse de la PMA (2021) :.....	34
III .7.8.Facture ST de pompage MT en(DA) 2021 . Lignes 30KV	35
III.8.Tarification.....	35
III .8.1.Tarifs de l'électricité applicables aux clients	35
III.8.2.Les paramètres de facturation sont :	36
III.8.3. prix de la puissance	37

III.9.Optimiser l'utilisation de l'énergie électrique	39
III.9.1.L'énergie active :	39
III.9.2.L'énergie réactive :	40
III.9.3.Le Facteur De Puissance	40
III.9.4.Compensation de puissance réactive	41
III.9.5.Les modes de compensation.....	42
III.9.5.1.Compensation globale :	42
III.9.5.2.Compensation par secteur :	42
III.9.5.3.Compensation locale :	43
III.9.6. Choix du type de compensation :	43
III.10.Etude de cas.....	43
III.10.1.Choix du tarif simulation.....	43
III.10.2. Station de pompage sonatrach.....	44
III.10.3. Analyse de la PMA.....	45
III.10.4. Amélioration du facteur de puissance	46
III.10.4.1. Calcule de la puissance réactive de condensateur à utiliser dans la station.....	47
III.10.5. Généralisé des gains	47
III.11. conclusion	48

Chapitre .IV. Dimensionnement d'un système PV connecté au réseau

IV.1. Introduction.....	49
IV.2. Les étapes de dimensionnement	49
IV.2.1. Connaitre le site d'installation et ses caractéristiques	49
IV.2.2. Irradiation.....	49
IV.2.3. Rayonnement solaire.....	50
IV.2.4. L'orientation et l'inclinaison des panneaux	50
IV.2.5. puissance maximal attiente.....	50
IV.2.6. Détermination du nombre d'onduleur et sa puissance.....	50
Correspondante.....	50
IV.2.7. Détermination du nombre des panneaux	50
IV .2.8. La section des câbles.....	51
IV.2.9. La mise à la terre	51
IV.2.10. Les éléments de protection électrique	51
IV.2.11. La visite de l'endroit du champ est obligatoire pour	51

IV.2.12. La structure :	51
IV.3. Traitement d'un exemple	52
IV.3.1. Problématique	52
IV.3.2. Le dimensionnement	52
IV.3.3. Les conditions météorologiques à Laghouat	52
IV.3.4. Choix d'onduleur	53
IV.3.5. Choix des panneaux :	54
IV.3.6. Suite à la simulation dans le PV Sys	55
IV.3.7. Détermination du nombre des panneaux	56
IV.3.8. Résultat de la simulation	56
IV.3.9. Les données obtenu de la simulation de PVSys sont	57
IV.3.10. La section des câbles	57
IV.3.11. Les éléments de protection électrique	57
IV.3.12. Devis quantitatif & estimatif	58
IV.3.13. La durée du projet	59
IV.3.14. La remise du projet.....	59
IV.4. la rentabilité.....	59
IV.4.1. Temps de retour simple	59
IV.4.2. La méthode de la comparaison du cout de l'énergie	60
IV.5. conclusion.....	60
Conclusion Générale	62
Résumé	
Référence bibliographie	

Liste des figures

Chapitre. I

Figure I.1 : transition énergétique mondiale : les énergies renouvelables représentent l'avenir....	6
Figure I. 2 : panneaux solaire thermique.....	7
Figure I. 3 : panneaux solaire photovoltaïque.....	8
Figure I. 4 : panneaux solaire thermodynamique.....	9
Figure I.5 : barrage hydraulique.....	10
Figure I.6 : éolienne horizontale.....	11
Figure I. 7 : éolienne vertical.....	11
Figure I.8 : énergie biomasse.....	12
Figure I.9 : Carte de gradient géothermique du Sud algérien.....	14

Chapitre. II

Figure II .1 : Représentation schématique d'une cellule solaire.....	18
Figure II .2. : Une cellule photovoltaïque.....	18
Figure II . 3 : Caractéristique $I = f(V)$ d'une cellule photovoltaïque.....	19
Figure II . 4 : L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I = f(V)$	20
Figure II . 5 : L'influence de la température sur la caractéristique $I = f(V)$	20

Chapitre. III

Figure III.1 : Evolution de la consommation d'énergie active.....	31
Figure III.2 : Evolution de la consommation d'énergie réactive.....	31
Figure III.3 : Evolution du poste heures pointes.....	32
Figure III.4 : Evolution du poste heures hors pointes.....	33
Figure III.5 : la consommation annuelle en 2021.....	33
Figure III.6: Evolution de la tangente ϕ	34
Figure III.7 : Evolution de PMA.....	34
Figure III.8 : Evolution du montant durant l'année 2021.....	35
Figure III.9. la répartition les types des heures selon la journée.....	36
Figure III.10. Schéma illustration de l'énergie active.....	39

Figure III.11. Schéma du facteur de puissance.....	41
Figure III.12. Schéma d'illustration la compensation globale.....	42
Figure III.13. Schéma d'illustration la compensation par secteur.....	42
Figure III.14. Schéma d'illustration la compensation locale.....	43
Figure III.15. Evolution du montant dans chaque type de tarif.....	45
Figure III.16. Schéma de principe de la compensation.....	46

Chapitre. IV

Figure IV. 1 : Irradiation globale horizontale Algérie.....	49
Figure IV. 2 La structure est en aluminium ou en alliage d'aluminium.....	52
Figure IV. 3 La température moyenne quotidienne maximale.....	53
Figure IV. 4 fiche technique de l'onduleur.....	54
Figure IV. 5 fiche technique des panneaux.....	55
Figure IV. 6 interface de PVsyst 7.1.....	55
Figure IV. 7 nombres de panneaux et leurs disposition dans le system d'après PVsyst.....	56
Figure IV. 8 fiche technique des dispositifs comme donnée dans PVsyst.....	56
Figure IV. 9 fiche technique des dispositifs comme donnée dans PVsyst.....	57

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau.III.1. Bilan de puissance de la station 2021.....	30
Tableau.III.2. prix de la puissance et de la redevance.....	37
Tableau.III.3. Energie active total en 2021.....	44
Tableau.III.4. Energie consommée dans chaque type heureux.....	44
Tableau.III.5. les prix mensuel dans chaque type de tarif da l'année 2021.....	44
Tableau.III.6. tableau de gain l'année 2021.....	45
Tableau.III.7. Tableau de gain de la PMD pour la station sonatrach.....	46
Tableau.III.8. les énergie totale et le tangent pour l'année 2021.....	47
Tableau.III.9. Tableau de gain de la compensation pour la station sonatrach.....	47
Tableau.III.10. Tableau de gain Totale pour la station sonatrach pour l'année 2021.....	48

Chapitre IV

Tableau. IV. 1. Devis quantitatif et estimatif.....	58
Tableau.VI.2. Méthode Comparison du coût.....	60

Mtep : Million de tonnes équivalent pétrole

PV :Photovoltaïque

M.D. E : Maîtrise de demande d'électricité

CSP : Énergie solaire concentrée

EnR : Énergies renouvelables

TR : Transformateur

BT : Basse tension

MT : Moyenne tension

HT : Haute tension

THD : Distorsion Harmonique Totale

FIG : Figure

TAB : Tableau

KVA : Kilo voltampère

KW : Kilowatt

KV : Kilovolt

PMA : Puissance maximum absorbée

PMD : Puissance mise à disposition

Introduction Générale

Le cout de l'énergie dans l'exploitation des unités industrielles représente une charge de plus en plus importante. La recherche des méthodes et moyens qui permettent de maitriser cette tendance par la réduction des couts, l'optimisation du fonctionnement, le suivi de la facturation et le contrôle des conditions de fourniture d'énergie doit être un souci permanent du dirigeant de l'entreprise. L'audit énergétique est ainsi reconnu comme une méthode efficace d'investigations confiées à des intervenants non concernés par les contraintes quotidiennes d'exploitation et de production et qui, grâce à un «regard neuf» et une compétence soutenue par une méthodologie d'analyse, donnent ainsi la possibilité au gestionnaire d'avoir les éléments de décision nécessaires dans le domaine de la maitrise de l'énergie.

Cette maitrise ne s'exprime pas seulement en termes d'économie d'énergie, elle implique également l'organisation du travail, le suivi des consommations et la mise en œuvre d'une gestion rationnelle de l'énergie. De par l'expérience acquise, il s'avère que dans les unités de production, la gestion de l'énergie est rarement mise en application, non pas faute de volonté de la part des gestionnaires, mais surtout par absence d'outils adéquats, aptes à donner une image claire des quantités et des modes de production, de transformation, d'achat et de consommation d'énergie.

En fait, il n'est plus suffisant de connaître les quantités d'énergie produites ou utilisées mais il est impératif de se donner les moyens nécessaires afin de pouvoir déterminer la manière la plus rationnelle dont cette énergie est mise à disposition et utilisée. Les informations mises à disposition, leur fiabilité et les démarches qu'entamera au Station de Sonatrach de Laghouat, sont autant de paramètres nécessaires à la réussite de l'étude et à la mise en place des mesures qui seront définies.

Cette étude énergétique a permis d'apercevoir un potentiel d'économie d'énergie au niveau du Station de Sonatrach de Laghouat.

Ce potentiel peut être réparti en trois catégories:

-Tarification et gestion des contrats de fourniture, cette catégorie d'actions est beaucoup plus intéressante car ne nécessitant presque pas d'investissement et dont l'effet est immédiat.

-De type organisationnel Des actions qui nécessitent des investissements plus au moins importants mais dont la rentabilité-est avérée. Cette catégorie d'action concerne l'amélioration de l'efficacité énergétique des installations par l'amélioration du système de comptage et l'installation de nouveaux équipements.

- Afin d' éviter que les ressources économiques du pays ne soient gaspillées dans des systèmes surdimensionnés , il est pratiquement évident qu'il est important que les systèmes photovoltaïques soient dimensionnés en fonction des conditions météorologiques spécifiques de chaque zone. [1]

I.1. Introduction

A l'évidence la maîtrise de l'énergie a été un des facteurs clés qui ont conduit au développement de l'humanité. La recherche de nouvelles sources d'énergie. Toujours plus abondantes et diversifiées. les démarches actuelles de réflexion, d'analyse et de débats du type Quelle énergie Pour demain? Sont non seulement légitimes mais indispensables. Les tensions sur l'offre énergétique au regard des besoins. Les craintes vis-à-vis de la sécurité de L'environnement. Les interrogations sur le modèle de développement économique. Le développement durable au niveau de notre planète s'inscrit dans une solidarité à la fois dans l'espace et dans le temps. Il ne peut y avoir de développement durable sans une utilisation saine. Appropriée et à un coût abordable, de l'énergie. Cela signifie qu'il faut :

- Assurer les besoins énergétiques tout en réduisant les impacts environnementaux, veiller à une gestion prudente et responsable des ressources non renouvelables, ce qui conduit à mettre en place une politique énergétique aux niveaux local, régional, national et international;

Il faudra donc tenir compte :

- Des maîtrises nécessaires des processus de transition entre les technologies d'aujourd'hui et celles de demain ;
- Des grandes échelles de temps associées à la conception, la réalisation et l'utilisation des infrastructures énergétiques ;
- De la nécessité d'une diffusion large de l'information conduisant à une acceptabilité raisonnée par le corps social [1]. Notons que la maîtrise de l'énergie est une activité d'utilité publique qui permet d'assurer dans les différents domaines d'activité le progrès technologique, l'amélioration de l'efficacité économique et de contribuer au développement. Pour cela la maîtrise de l'énergie fait l'objet de ce chapitre .[1]

I.2 Maîtrise de l'énergie en Algérie

I.2.1. Politique Algérienne en Matière d'Energie

Pour une application éventuelle des mesures et moyens d'utilisation rationnelle d'énergie en Algérie, il est nécessaire d'avoir une vue globale sur la consommation nationale d'énergie. Cette dernière est orientée essentiellement sur la valorisation des hydrocarbures par le développement des capacités de recherche, d'exploration et de production de cette industrie. L'objectif visé est d'augmenter les exportations des produits des hydrocarbures bruts et leurs dérivés. Ces produits contribuent à plus de 90% des recettes en devises pour l'Algérie ce qui les classent comme produits hautement stratégiques. Pour leur valorisation sur le plan interne, ces produits qui sont le pétrole et le gaz naturel sont utilisés pour améliorer le niveau de vie des populations et approvisionner l'industrie locale en produits énergétiques. Avec la croissance démographique l'évolution du mode de vie et le développement de l'urbanisation laissent présager une augmentation importante de la consommation de l'énergie, on note que la consommation finale d'énergie a atteint : 16.22 Mtep en 1998, la part du secteur « en ménages et autres » qui comprend le secteur résidentiel agricole et les activités tertiaires était de 49%. Par produits, l'électricité vient en première position avec 35% de la consommation totale du secteur, suivie par le gaz naturel avec 25% [2].

I.2.2. Loi de la Maîtrise d'Energie en Algérie

Les études montrent que la production d'énergie primaire en Algérie suffirait à peine à couvrir les besoins du marché national. Afin de préserver et gérer de manière rationnelle ces ressources, le gouvernement algérien a adopté une loi sur la maîtrise de l'énergie ; loi n° 99-09 du 15 Rabiea Ethani 1420 correspondant au 28 Juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie P.3 (N°JORA : 051 du 02-08-1999). L'objectif visé par cette loi est de rationaliser l'usage de l'énergie à la production, à la transformation et à la consommation finale. L'amélioration du cadre de vie par l'introduction de normes d'efficacité énergétique dans : «le chapitre -I- sous le titre : Normes et exigences d'efficacité énergétique », particulièrement dans le bâtiment sous : « le titre : L'isolation thermique dans les bâtiments neufs » et la protection de l'environnement dans : « le chapitre I- article 5 » sont autant d'éléments de la mise en œuvre de cette loi, un audit énergétique est obligatoire et périodique pour établir le suivi et le contrôle de la consommation d'énergie des établissements grands consommateurs d'énergie dans les secteurs de l'industrie, transports, résidentiel et du tertiaire, pour assurer

l'optimisation énergétique de leur fonctionnement. Cette loi permettra non seulement l'économie de l'énergie, elle a aussi pour but de préserver les ressources et les réserves nationales en hydrocarbure. Elle vise également à initier des actions pour la recherche, le développement et l'utilisation des énergies renouvelables tel que : solaire, éolienne, hydraulique, géothermie, et biomasse. [3]

I.3. Maîtrise des risques technologiques et environnementaux

Une augmentation brutale des besoins en énergie est apparue, celle-ci ne cessait de croître de façon explosive sous l'effet conjoint de l'augmentation de la population et du développement industriel. Ce qui conduirait dans un proche avenir, à un épuisement des ressources énergétiques fossiles non renouvelables et à une dégradation de l'environnement. Notre système énergétique présente des risques non négligeables pour l'homme et son environnement. Marées noires, explosions minières, accidents nucléaires,...etc de nombreuses catastrophes directement liées à notre consommation d'énergie sont survenues à travers le monde depuis le début de l'ère industrielle. Au niveau mondial, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) dues à l'énergie en 2017 sont estimées par l'AIE à 32 840 Mt, en progression de 112 % depuis 1973, dont 44,2 % produites par le charbon, 34,6 % par le pétrole et 20,5 % par le gaz naturel. Dans le cadre des négociations internationales sur le climat, tous les pays se sont engagés à maintenir la hausse des températures en deçà de +2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. Pour aboutir à ce résultat, il faut globalement s'abstenir d'extraire un tiers des réserves de pétrole, la moitié des réserves de gaz et plus de 80 % du charbon disponibles dans le sous-sol mondial, d'ici à 2050. Selon l'AIE, les engagements individuels des pays à la Conférence de Paris de 2015 sur les changements climatiques (COP21) sont largement insuffisants: ils ne feraient que ralentir la progression des émissions de CO₂ et mèneraient à une hausse des températures de +2,7 °C en 2100. Nous sommes alors contraints de faire la recherche d'autres ressources d'énergie. De préférence, nous nous orientons vers la recherche de ressources énergétiques qui soient durables telle que les énergies renouvelables [4]

I.4. Grandes actions de la maitrise de l'énergie

Toutes les énergies utilisées par l'homme proviennent de l'une des sources suivantes :

- L'énergie rayonnante émise par le Soleil (énergie solaire), principalement sous deux formes :

- L'énergie solaire directe
- L'énergie solaire capturée sous la forme de combustibles biomasse ou fossiles ;
- L'énergie géothermique de l'intérieur de la Terre ;
- L'énergie des marées provenant de l'attraction de la lune ;
- L'énergie nucléaire. La forme prédominante est l'énergie solaire. Elle est mille fois plus importante que toutes les autres et inépuisable tant que le Soleil brillera (des estimations projettent 4,9 millions d'années).

I.5. Energies renouvelables

est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'homme. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marée) et la Terre (énergie géothermique). Aujourd'hui, on assimile souvent par abus de langage les énergies renouvelables aux énergies propres [5].

I.6. Les principales sources d'énergie renouvelables

- Energie éolienne
- Energie solaire
- Energie hydraulique
- Energie de la biomasse
- Energie géothermique



Figure I.1 : transition énergétique mondiale : les énergies renouvelables représentent l'avenir

I.6.1. Energie solaire

L'énergie solaire est l'énergie dont la matière première est le soleil. Elle est gratuite, inépuisable et en plus, disponible dans le monde entier. Synonyme d'écologie, cette source d'énergie est en plus propre, c'est-à-dire qu'elle n'émet aucun gaz à effet de serre. Depuis la nuit des temps, on utilise l'énergie issue du soleil pour apporter de la chaleur et le maximum de lumière naturelle dans les maisons. Simple, la technique tient compte de l'architecture, l'orientation et les matériaux du bâtiment de manière à ce que celui-ci soit chauffé et éclairé par l'énergie solaire passive.

I.6.1.1. Les différents types d'énergie solaire

Il faut dire que les techniques d'exploitation de l'énergie solaire n'ont cessé de s'améliorer au fil des années. Aujourd'hui, on compte trois types d'énergie solaire catégorisés selon leurs méthodes de production :

L'énergie solaire thermique

Ce type d'énergie est produit à partir de panneaux solaires thermiques posés sur le toit de la maison pour capter la chaleur du soleil. Comment cela fonctionne ? C'est simple : les panneaux solaires thermiques contiennent des fluides caloporteurs. Une fois chauffés par le soleil, ces derniers chauffent à leur tour le ballon d'eau chaude. L'énergie thermique solaire ainsi obtenue peut être employée de différentes façons : chauffage solaire, chauffe-eau, cuisinières...

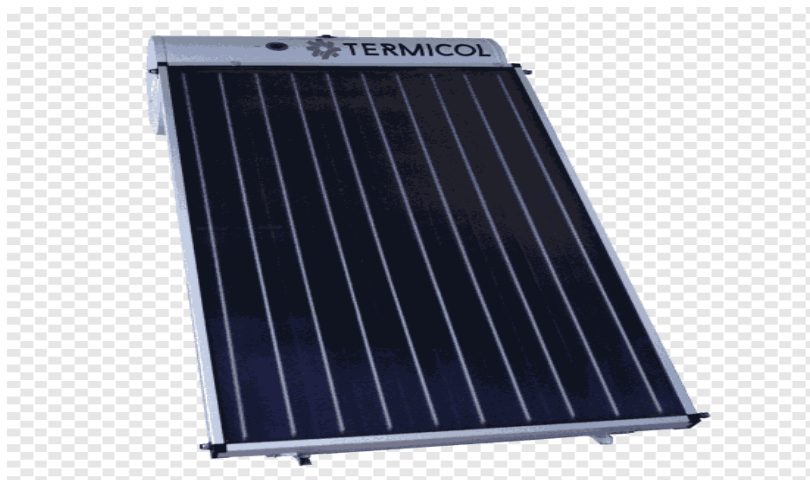


Figure I. 2 : panneaux solaire thermique.

L'énergie solaire photovoltaïque

Si l'énergie solaire thermique est obtenue par la chaleur du soleil, l'**énergie solaire photovoltaïque** l'est par l'énergie même du rayonnement solaire. Autrement dit, les panneaux photovoltaïques, souvent installés sur le toit, recueillent les photons du soleil et les transforment en électricité. Ces panneaux photovoltaïques sont composés d'une superposition de couches de cellules dont l'une est chargée négativement et l'autre positivement. Dès qu'un photon traverse ces couches, il produit une tension électrique. Il ne reste plus qu'à raccorder un fil à la borne négative et un autre à la borne positive pour exploiter l'électricité produite. En gros, l'énergie solaire photovoltaïque fonctionne comme une pile.



Figure I. 3 : panneaux solaire photovoltaïque

L'énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique, quant à elle, est produite par des centrales solaires à concentration. Cet équipement est composé de miroirs avec des fluides caloporteurs et d'un générateur d'électricité solaire. Tout comme les panneaux solaires thermiques, ces miroirs transforment l'énergie apportée par le rayonnement solaire en chaleur, mais à une température considérablement plus élevée. Cette dernière peut, d'ailleurs, aller de 250 à 800° en fonction des techniques utilisées. La chaleur ainsi obtenue va, ensuite, être convertie en énergie électrique en activant le turbo-alternateur.



Figure I. 4 : panneaux solaire thermodynamique

➤ **Perspective de l'Energie solaire en Algérie :**

Par sa situation géographique. L'Algérie dispose l'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur le territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m² est de l'ordre de 5kw/h sur la totalité du territoire national. Soit près de 1700 (kw/h/m²)/an au Nord et 2263 (kWh/m²)/an au Sud.

I.6.2. Energie hydraulique

L'énergie hydraulique est renouvelable non polluante. Cette énergie est captée et stockée dans des barrages ensuite elle est transformée, au moyen d'une turbine entraînée par l'eau, qui entraîne un alternateur produisant ainsi de l'électricité. Cette dernière est ensuite envoyée dans le réseau ou elle est vendue. Il existe deux types en utilisant :

a) La pression de l'eau dans le cas d'une conduite forcée pour les captages en altitude

(Torrent ou contrebas d'un barrage)

b) Le débit du d'eau pour le captage en surface. L'un des avantages de cette source d'énergie est qu'elle est facile à stocker en accumulant des masses d'eaux à l'aide de barrages.

➤ **Perspective de l'Energie Hydraulique en Algérie**

Les quantités globales d'eau tombant sur le territoire Algérien sont importantes et estimées à

65 milliards de m³/an. mais finalement profitent peu au pays : nombre réduit de jours de précipitation. Concentration sur des espaces limités, forte évaporation, Évacuation rapide

vers la mer, nombre réduit de retenues et de barrages.

On évalue actuellement les ressources utiles et renouvelables de l'ordre de 25 milliards de m³ dont environ 2/3 pour les ressources de surface. Actuellement il ya 48 barrages en exploitations.



Figure I.5 : barrage hydraulique.

I.6.3. Energie éolienne

L'énergie éolienne utilise la force du vent qui en faisant tourner les pales de l'éolienne. Entraîne un alternateur et produit ainsi de l'électricité. Celle-ci peut être soit stockée dans des batteries. Soit envoyée sur le réseau comme c'est le cas pour le photovoltaïque. La puissance d'une éolienne augmente avec le diamètre des pales et la vitesse du vent développement de la technologie les éoliennes modernes sont fiables et silencieuses.

Elles développent des puissances supérieures au mégawatt de plus elles délivrent une énergie électrique à un prix très concurrentiel. Par rapport au nucléaire ou au thermique classique.

Eolienne à Axe Horizontal

Les éoliennes à axe horizontal sont les plus utilisées dans le monde. Probablement pour leur simplicité et leur coût moins élevé. Leur principe de fonctionnement est relativement simple Une hélice composée de pâles actionne un alternateur directement relié à l'arbre en rotation pour obtenir un rendement maximal on installe l'éolienne en hauteur là où les vents sont plus forts. Peu importe le type d'éolienne. C'est la surface balayée par les pâles qui détermine la puissance fournie par le vent. C'est pourquoi on utilise généralement peu de pâles mais on allonge la longueur de celles-ci. On peut ainsi atteindre des diamètres de 70-80 m avec des mâts allant jusqu'à 100 m.



Figure I.6 : éolienne horizontale

Eolienne à Axe Vertical

La plus grande éolienne à axe vertical de Cap-Chat dans le monde est de 110 m de hauteur équivalent à un édifice de 30 étages. Il s'agit d'une éolienne à axe vertical de type Darrieus. Ce principe omnidirectionnel à l'avantage de capter les vents d'où qu'ils viennent. Sans nécessiter de mécanisme d'orientation. Par contre, L'éolienne est lourde qu'il faut un moteur électrique pour lancer sa rotation car même des vents forts ne suffisent pas à la faire démarrer. Son avantage est sa grande puissance de 4 Mw. Ce qui lui permet d'alimenter jusqu'à 800 maisons.



Figure I. 7 : éolienne vertical

➤ Perspective d'Energie Eolienne en Algérie

L'Algérie a un régime de vent modéré (2 à 6m /s) ce potentiel énergétique convient parfaitement pour le pompage de l'eau particulièrement sur le haut plateau.

I.6.4. Energie biomasse

La biomasse représente à peu près n'importe quelle matière organique possible (copeaux de Bois, plantes, déchets, etc.). Le principe de génération d'énergie est quasi-identique à une usine thermique traditionnelle sauf que le combustible est un combustible organique et non du charbon, du pétrole ou du nucléaire. Quant on parle de biomasse, on parle souvent de cogénération. La cogénération implique que de l'électricité et de la chaleur sont produites. Il y a deux façons d'utiliser la biomasse.

consiste à brûler la substance en y ajoutant 2 ou 3% d'huile lourde. La chaleur produite produit de la vapeur d'eau sous pression dans une chaudière. On utilise ensuite cette vapeur pour faire tourner les génératrices et ainsi produire de l'électricité. Il est ensuite possible de récupérer l'énergie de la vapeur pour chauffer des bâtiments ou toute autre application nécessitant une énergie thermique.

façon d'exploiter la biomasse est de décomposer la matière à l'aide d'enzymes et de bactéries pour produire un gaz semblable au gaz naturel. On utilise ensuite ce gaz pour alimenter des réacteurs qui entraînent des génératrices. On récupère ensuite l'énergie thermique dégagée des réacteurs pour d'autres applications. L'avantage de la biomasse est le très faible taux de pollution, de plus, le fait de récupérer des déchets non utilisés pour en tirer profit est très populaire socialement. Son seul inconvénient majeur est que la chaleur produite doit être consommée localement.



Figure I.8 : énergie biomasse

➤ **Perspective de l'Energie de la Biomasse en Algérie**

Potentiel de la forêt : le potentiel actuel est évalué à environ 37 M tep (tonnes

équivalent Pétrole). Le potentiel récupérable est de l'ordre de 10 %. Potentiel énergétique des déchets urbains et agricoles : 5 M de tonnes de déchets urbains et agricoles ne sont pas recyclés. Ce potentiel représente un gisement de l'ordre de 1.33M tep/an.

I.6.5. Energie géothermique

L'énergie géothermique est l'énergie calorifique stockée sous la surface terrestre. Les profondeurs de la terre recèlent d'énormes quantités de chaleur naturelle dont l'origine réside essentiellement dans la désintégration d'éléments radioactifs. Selon les Connaissances actuelles, les températures culminent à 6000°C dans le noyau et atteignent jusqu'à 1300°C environ dans le manteau supérieur du globe terrestre. Le flux géothermique qui parvient à la surface du globe dépasse 40 milliards de Kw.

Plus de 99 % de la masse de notre Terre est soumise à des températures dépassant 1000 °C. Seul 01% est plus froid que 100 °C. Le principe de la géothermie consiste à extraire l'énergie contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou d'électricité. On distingue quatre types de géothermie :

la haute (>180°C), la moyenne (entre 100 et 180°C), la basse (entre 30 et 100°C) et la très basse Énergie (<30°C). Les sites géothermiques à haute et moyenne température permettent la Production d'électricité. Tandis que la production de chaleur est obtenue à partir des sites géothermiques de basse (utilisation des nappes d'eau chaude du sous-sol profond.) [6].

➤ Perspective de l'Energie Géothermique en Algérie

Plus de 200 sources sont répertoriées dans la partie nord de l'Algérie. Un tiers (33%) d'entre elles ont des températures supérieures à 45°C. Il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118°C à Biskra, des études sur le gradient thermique ont permis d'identifier trois zones dont le gradient dépasse les 5°C/100 m. Zone de Relizane et Mascara ; Zone de Ain Boucif et Sidi Aissa (Sétif) ; Zone de Guelma (Djebel El Onk).

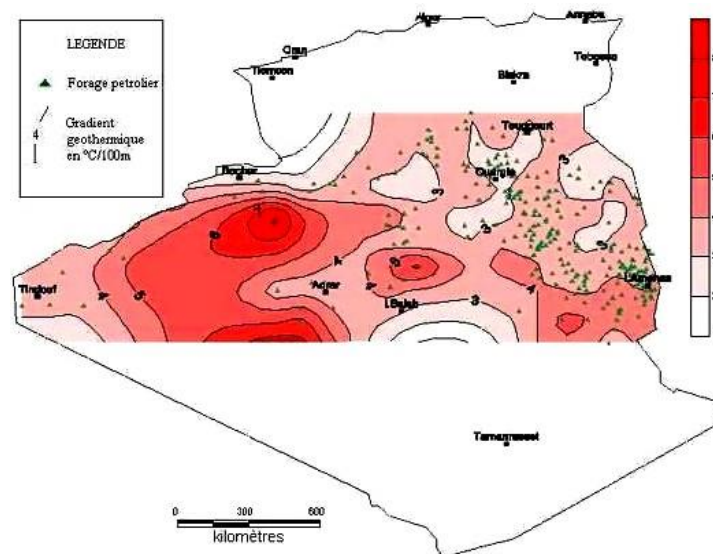


Figure I.9 : Carte de gradient géothermique du Sud algérien

I.7. Efficacité Energétique

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale. L'objectif de l'efficacité énergétique consiste à produire les mêmes biens ou services, mais en utilisant le moins d'énergie possible. Ce programme contient des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

I.7.1. Le Plan d'Action en Matière d'Efficacité Énergétique

- ❖ **Isolation Thermique des Bâtiments** : En Algérie. Le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente plus de 42% de la consommation finale. Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettra de réduire d'environ 40% la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation des logements.
- ❖ **Développement du Chauffe-eau Solaire** La pénétration du chauffe-eau solaire (CES) en Algérie reste embryonnaire mais le potentiel est important. Il est prévu, dans ce sens, le développement du chauffe-eau solaire en le substituant progressivement au

chauffe-eau traditionnel. L'acquisition d'un chauffe-eau solaire est soutenue par le fonds national pour la maîtrise de l'énergie.

❖ **Généralisation de l'Utilisation des Lampes à Basse Consommation d'Energie**

L'objectif assigné à la stratégie d'action est l'interdiction graduelle de la commercialisation des lampes à incandescence (lampes classiques couramment utilisées par les ménages) sur le marché national à l'horizon 2020. En parallèle, il est prévu la mise sur le marché de quelques millions de lampes à basse consommation. Par ailleurs, la production locale des lampes à basse Consommation sera encouragée, notamment, par le recours au partenariat entre les producteurs locaux et étrangers.

❖ **Introduction de la performance Energétique dans l'Eclairage Public :** Le poste éclairage public est l'un des postes les plus énergivores du patrimoine des collectivités locales. Souvent, les responsables de ces collectivités sont très peu informés des possibilités d'amélioration, voire de réduction de la consommation énergétique de ce poste.

❖ **Promotion de l'Efficacité Energétique dans le Secteur Industriel:** Le secteur industriel Représente environ le quart de la consommation énergétique finale du pays. Pour plus d'efficacité énergétique, il est prévu : Le cofinancement des audits énergétiques et des études de faisabilité qui permettront aux entreprises de définir avec précision les solutions technico-économiques les mieux adaptées pour réduire leur consommation énergétique; Le Cofinancement des surcoûts liés à l'introduction de l'efficacité énergétique pour les projets viables techniquement et économiquement.

❖ **Introduction des Principales Techniques de Climatisation Solaire:** L'utilisation de L'énergie solaire pour la climatisation est une application à promouvoir particulièrement au Sud du pays, d'autant que les besoins en froid coïncident, la plupart du temps, avec la disponibilité du rayonnement solaire (fonctionnement au fil du soleil).Par ailleurs, le champ de capteurs solaires pourrait aussi servir à la production d'eau chaude sanitaire et au Chauffage des locaux pendant la saison froide. Le rendement global de l'installation est de ce fait très intéressant.

d'ici 2013, des études seront lancées pour s'approprier et maîtriser les Techniques de rafraîchissement solaire et permettront de retenir le système le mieux adapté au

Contexte algérien. deux projets pilotes de climatisation par machine à absorption et par machine à adsorption porteront sur la climatisation solaire de bâtiments au sud du pays.

I.8. Conclusion

De toutes les formes d'énergie, l'énergie électrique est la plus flexible. alors La part de l'électricité dans la consommation totale d'énergie continue de croître. La gestion de l'énergie qui doit être notée est l'une des composantes de la gestion de l'énergie Prenez le contrôle total de l'énergie. Le développement de nouvelles technologies apporte Des solutions performantes pour maîtriser cette énergie. Les énergies renouvelables présentent plusieurs avantages :

- Plus les sources sont diversifiées, plus l'indépendance énergétique est assurée.
- Favorise la décentralisation des petites unités de production locales.
- Facile à installer, utiliser et combiner plusieurs sources en même temps.
- Aucune émission de CO₂ pour la plupart des méthodes.
- Coût du kWh fixe, faible et stable.
- Les investissements et les rendements sont prévisibles à long terme.

II.1. Introduction

Les systèmes photovoltaïques sont conçus autour de la cellule photovoltaïque. Comme une cellule photovoltaïque typique produit moins de 3 watts à environ 0,5 volt dc, les cellules doivent être connectées en série et en parallèle pour produire suffisamment d'énergie pour les applications de forte puissance. Comme les panneaux photovoltaïques ne produisent de l'énergie que lorsqu'ils sont éclairés, les systèmes photovoltaïques utilisent souvent un mécanisme de stockage de l'énergie afin que l'énergie électrique captée puisse être mise à disposition ultérieurement. Le plus souvent, le mécanisme de stockage est constitué de batteries rechargeables, mais il est également possible d'utiliser des mécanismes de stockage plus exotiques. Si le système PV ne produit pas l'énergie adéquate, alors le système aura besoin d'un contrôleur pour faire fonctionner le système de secours. Il est également possible que le système photovoltaïque soit interconnecté au réseau électrique. De tels systèmes peuvent livrer l'énergie PV excédentaire au réseau ou utiliser le réseau comme système de secours en cas de production PV insuffisante. [7]

Pour comprendre le fonctionnement de cette énergie et en optimiser son utilisation, nous effectuons dans ce chapitre un bref rappel sur le principe de l'effet photovoltaïque, la cellule photovoltaïque et ses performances ainsi que les différentes configurations des systèmes Photovoltaïques existé.

II.2. L'effet photovoltaïque

Le principe de fonctionnement d'une installation solaire photovoltaïque est relativement simple : il s'agit de convertir le rayonnement du soleil en électricité.

Cette opération repose sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque. Ce mécanisme a été découvert en 1839 par Antoine Becquerel mais il n'a été expliqué que près d'un siècle plus tard par Albert Einstein, ce qui lui a valu le Prix Nobel de physique en 1921. De façon très schématique, l'effet photovoltaïque permet à certains matériaux d'émettre des électrons lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Une cellule photovoltaïque est constituée d'un de ces matériaux, généralement du silicium, et conçue de telle façon que les électrons émis soient récupérés pour former un courant électrique. Les cellules sont assemblées pour créer un courant suffisamment élevé pour être exploité, cet assemblage de cellules est appelé module photovoltaïque ou, plus souvent, panneau solaire. [8]

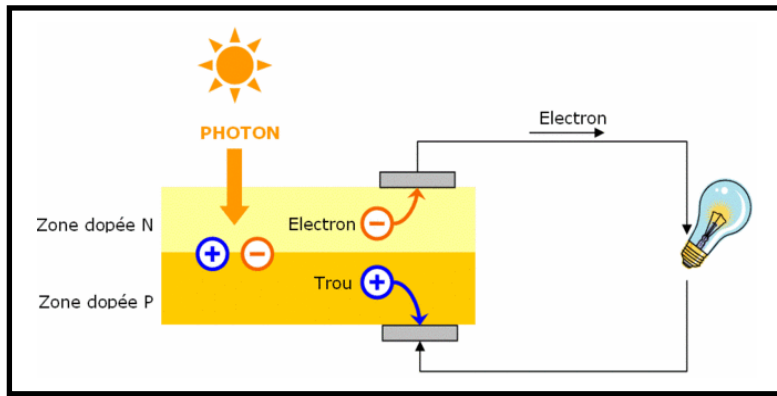


Figure II - 1 : Representation schématique d'une cellule solaire

II.3. La cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque, également dénommée cellule solaire, est un composant électronique qui, exposé à la lumière (photons), produit de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque. La puissance obtenue est proportionnelle à la puissance lumineuse incidente et dépend du rendement de la cellule. Celle-ci délivre une tension continue et un courant la traverse dès qu'elle est connectée à un circuit électrique (en général un onduleur, parfois une simple batterie).

Les cellules photovoltaïques les plus répandues sont constituées de semi-conducteurs, principalement à base de silicium (Si) et plus rarement d'autres semi-conducteurs : sélénium de cuivre et sélénium d'indium ($\text{CuIn}(\text{Se})_2$ ou $\text{CuInGa}(\text{Se})_2$), tellure de cadmium (CdTe), etc. Elles se présentent généralement sous forme de fines plaques d'une dizaine de centimètres de côté.

Les cellules sont souvent réunies dans des modules solaires photovoltaïques ou panneaux solaires, en fonction de la puissance recherchée. [8]

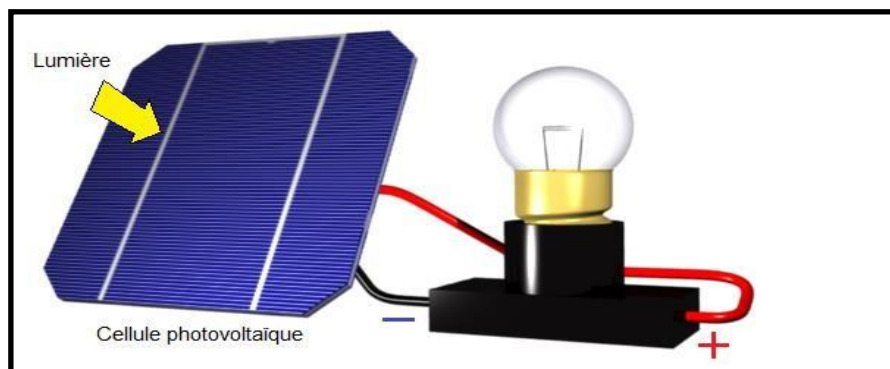


Figure II .2. Une cellule photovoltaïque.

II.3.1. Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque

Sous un éclairement donné, toute cellule photovoltaïque est caractérisée par une courbe courant-tension (I-V) représentant l'ensemble des configurations électriques que peut prendre la cellule. Trois grandeurs physiques définissent cette courbe :

-Tension à vide V_{oc} : Cette valeur représenterait la tension générée par une cellule éclairée non raccordée.

-Courant court-circuit $I_{cc}(I_{sc})$: Cette valeur représenterait le courant généré par une cellule éclairée raccordée à elle-même.

-Point de puissance maximal MPP : (en anglais : maximum power point) obtenu pour une tension et un courant optimal : V_{opt} , I_{opt} (parfois appelés aussi V_{mp} , I_{mp}) [7].

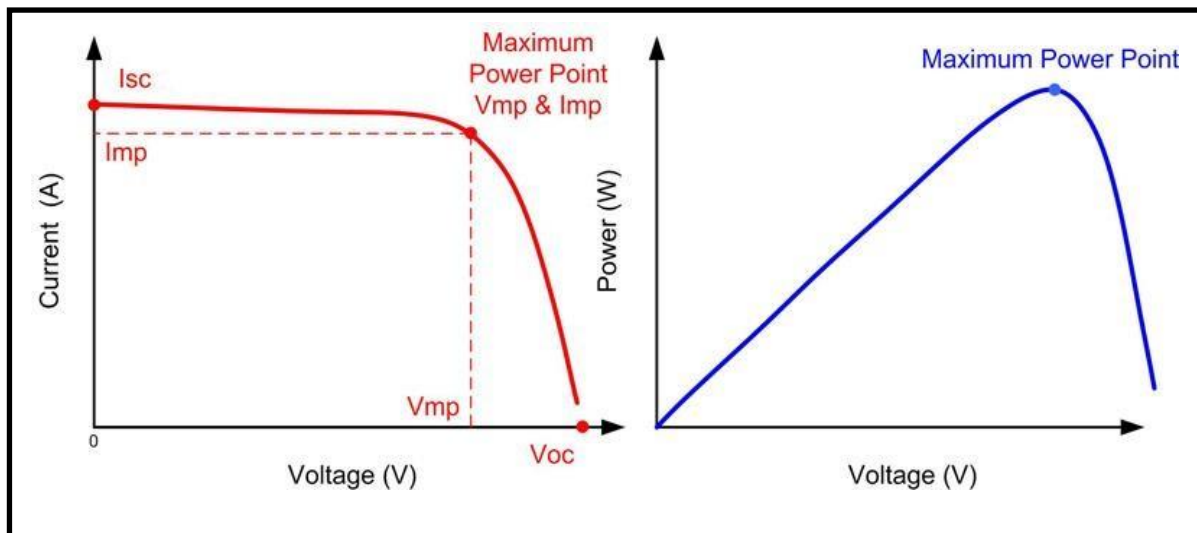


Figure II - 3 : Caractéristique $I = f(V)$ d'une cellule photovoltaïque

II.3.2. Influence de l'éclairement et la température sur les courbes $I = f(V)$

Un module photovoltaïque est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques élémentaires montées en série et/ou en parallèle afin d'obtenir des caractéristiques électriques désirées tels que : la puissance, le courant de court-circuit I_{cc} (I_{sc}) ou la tension en circuit ouvert V_{co} . Un générateur photovoltaïque est constitué d'un ou plusieurs modules PV en série et / ou en parallèle pour obtenir une puissance, un I_{cc} (I_{sc}) et un V_{co} désirés.

La figure (II-4) montre l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I = f(V)$. À une température constante, on constate que le courant subit une variation importante, mais par

contre la tension varie légèrement. Car le courant de court-circuit est une fonction linéaire de l'éclairement alors que la tension de circuit ouvert est une fonction logarithmique [9].

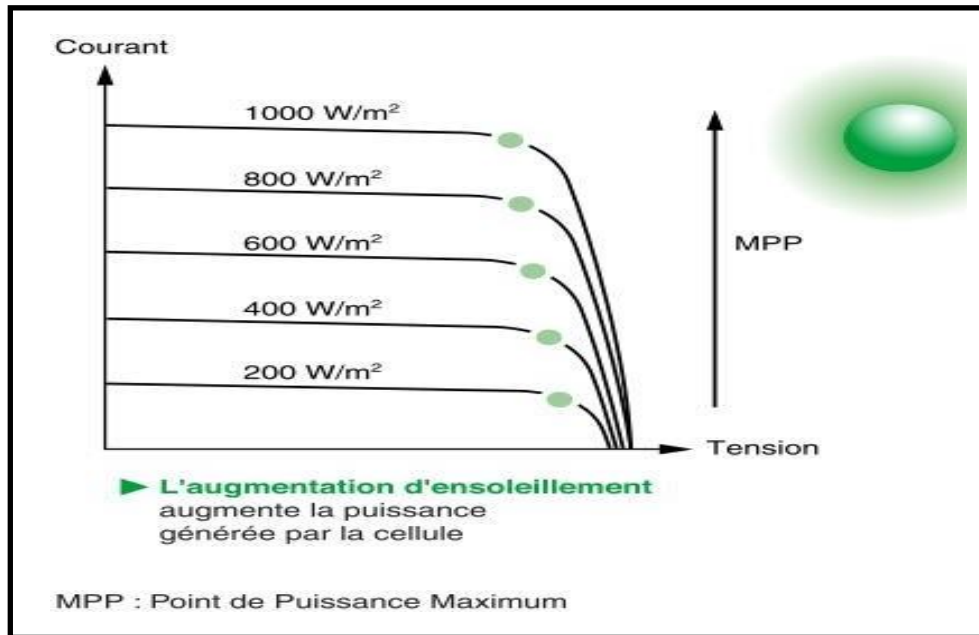


Figure II - 4 : L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$

La figure (II-5) montre l'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$. Il est essentiel de comprendre l'effet de changement de la température d'une cellule solaire sur la caractéristique $I=f(V)$. Le courant dépend de la température puisque le courant augmente légèrement à mesure que la température augmente, mais la température influe négativement sur la tension de circuit ouvert. Quand la température augmente la tension de circuit ouvert diminue. Par conséquent la puissance maximale du générateur subit une diminution [9].

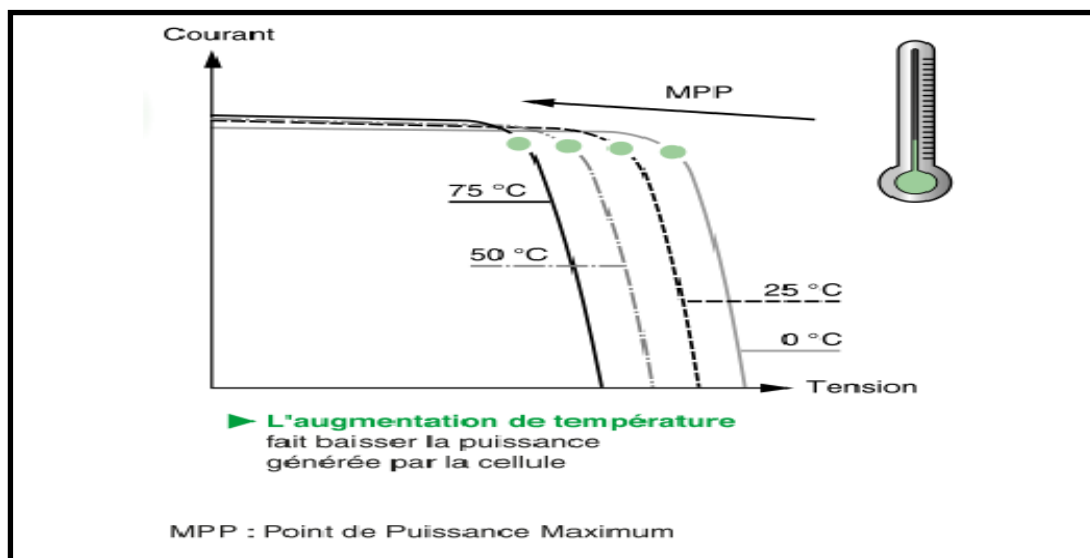


Figure II - 5 : L'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$

II.4. Les types des systèmes Photovoltaïques

Il existe quatre configurations différentes parmi lesquelles nous pouvons choisir lors de la création d'une installation d'électricité solaire PV. Il s'agit des configurations suivantes : autonome (parfois appelée "hors réseau"), couplée au réseau (On grid), couplée au réseau avec alimentation de secours (également appelée "réseau interactif") et de repli du réseau [10].

II.4.1. Autonome / hors réseau

Dans le monde entier, les installations solaires photovoltaïques autonomes sont le type d'installation solaire le plus populaire. C'est pour cela que le solaire photovoltaïque a été créé à l'origine : pour fournir de l'énergie à un endroit où il n'y a pas d'autre source facilement disponible. Il s'agisse d'alimenter une lampe de poche, une calculatrice de poche ou une maison complète hors réseau, les systèmes autonomes fonctionnent fondamentalement de la même manière : le panneau solaire produit de l'électricité, l'énergie est stockée dans une batterie et ensuite utilisé selon les besoins. En général, les systèmes autonomes sont des systèmes relativement petits, avec une production d'énergie de pointe inférieure à un kilowatt. Presque tout le monde peut bénéficier d'un système solaire autonome pour quelque chose, même si c'est quelque chose d'aussi banal que de fournir une lumière extérieure quelque part. Même si nous prévoyons de faire quelque chose de beaucoup plus grand et de plus important, il est souvent judicieux de commencer par un système autonome très petit et simple.

Cependant, les gens choisissent maintenant de se rendre dans des endroits plus éloignés et de vivre entièrement "hors réseau", en utilisant l'énergie solaire pour fournir de l'électricité où qu'ils se trouvent. L'énergie solaire est utilisée pour fournir tout le confort de la maison, tout en offrant aux vacanciers la liberté de séjourner où ils veulent.

II.4.2. Couplée au réseau (Grid-tie)

Gagne en popularité en Europe et aux États-Unis. Cela est dû à la disponibilité de subventions pour réduire les coûts d'installation et à la possibilité de gagner de l'argent en revendant l'électricité aux compagnies d'électricité par le biais d'un tarif de rachat. Les systèmes de tarifs de rachat varient dans le monde entier et ne sont pas disponibles partout. Lorsqu'ils existent, notre compagnie d'électricité locale achète de l'électricité à des producteurs solaires à un tarif convenu par kilo watt-heure. Dans certains pays, ce prix a été fixé à un taux gonflé par le gouvernement afin d'encourager les gens à installer le système solaire. Dans d'autres pays et régions, le prix est fixé par les compagnies d'électricité elles-mêmes.

Dans un système de raccordement au réseau, notre maison fonctionne à l'énergie solaire pendant la journée. Tout surplus d'énergie que nous produisons est ensuite injecté dans le réseau. Le soir et la nuit, lorsque notre système d'énergie solaire ne produit pas d'électricité, nous achetons ensuite notre électricité aux compagnies d'électricité de la manière habituelle. L'avantage des installations solaires photovoltaïques raccordées au réseau est qu'elles réduisent notre dépendance à l'égard des grandes compagnies d'électricité et veiller à ce qu'une plus grande partie de notre électricité soit produite de manière efficace sur le plan environnemental. L'un des inconvénients de la plupart des systèmes de raccordement au réseau est qu'en cas de coupure de courant, l'énergie de notre installation solaire est également coupée. Le raccordement au réseau peut fonctionner particulièrement bien dans les climats chauds et ensoleillés, où les pics de demande d'électricité du réseau coïncident souvent avec l'ensoleillement, grâce à la forte demande d'énergie des unités de climatisation. Le système fonctionne également bien lorsque les propriétaires utilisent eux-mêmes la majeure partie de l'électricité.

II.4.3. Couplée au réseau avec alimentation de secours (grid interactive)

Grid-tie with power backup - également connu sous le nom de système interactif, c'est une installation Couplée au réseau avec un banc de batteries. Comme dans le cas du raccordement au réseau, le concept consiste à utiliser l'énergie de notre panneau solaire lorsque le soleil brille et à vendre le surplus aux compagnies d'électricité. Contrairement à un système de connexion au réseau standard, une banque de batteries permet de faire face aux coupures de courant afin que nous puissions continuer à utiliser l'énergie de notre système.

En général, nous installons des "circuits protégés" dans notre bâtiment qui continueront à recevoir du courant pendant une panne de courant. Cela permet de garantir que l'énergie essentielle reste disponible pour les feux de circulation, les régulateurs de réfrigération et de chauffage, par exemple, tandis que l'énergie de secours n'est pas gaspillée pour des éléments essentiels tels que les télévisions et les radios. S'il existe un risque de perte de l'alimentation principale pendant plusieurs jours, il est également possible de concevoir un système permettant d'intégrer d'autres générateurs d'électricité dans un système interactif. Cela permettrait à un système interactif de réseau de fonctionner comme une alimentation électrique ininterrompue très efficace pendant de longues périodes. Le coût d'un système de raccordement au réseau avec alimentation de secours est plus élevé qu'un système de raccordement au réseau standard, en raison du coût supplémentaire des batteries et des contrôleurs de batterie. En règle générale, l'alimentation de secours ajoute de 12 à 20 % aux

coûts supplémentaires par rapport à un système de raccordement au réseau standard. Comme pour les systèmes de raccordement au réseau normaux, il est possible de revendre le surplus d'énergie aux sociétés de services publics en certains pays, nous permettant de tirer un revenu de notre système d'énergie solaire.

II.4.4. Repli sur le réseau

Le repli sur le réseau est un système moins connu qui a beaucoup de sens pour les petits systèmes d'énergie solaire domestique. Avec un système de repli sur le réseau, le panneau solaire produit de l'électricité qui, à son tour, charge un banc de batteries. L'énergie est prélevée de la batterie et passent par un onduleur pour alimenter un ou plusieurs circuits à partir du panneau de distribution de la maison. Lorsque les batteries sont à plat, le système revient automatiquement au réseau électrique. Le panneau solaire recharge alors les batteries et le système repasse à l'énergie solaire. Avec un système de repli sur le réseau, nous ne revendons pas l'électricité aux compagnies d'électricité. Toute l'électricité que nous produisons, nous l'utilisons nous-même. Cela signifie que certaines des subventions disponibles pour les installations solaires dans certains pays peut ne pas être disponible pour vous. Cela signifie également que vous ne pouvez pas bénéficier de la revente de votre électricité aux compagnies d'électricité. C'est pourquoi le repli sur le réseau est plus judicieux dans les pays où il n'existe pas de tarif de rachat, comme en Inde, ou comme l'Australie qui offrent des incitations financières pour les systèmes raccordés au réseau ou hors réseau. Les systèmes de repli sur réseau offrent la plupart des avantages d'un système interactif de réseau, avec l'avantage supplémentaire que nous utilisons notre propre énergie lorsque nous en avons besoin, plutôt que lorsque le soleil brille. Nous réduisons ainsi notre dépendance à l'égard des approvisionnements en électricité externes pendant les périodes de pointe, ce qui garantit que notre système présente un avantage global pour l'environnement.

En général : les systèmes autonomes et les petits systèmes de repli de réseau fonctionnent à basse tension, généralement entre 12 et 48 volts. Cela s'explique par le fait que les batteries sont des unités à basse tension et que la construction d'un système autonome à basse tension est donc une approche simple, flexible et sûre. Les systèmes de raccordement au réseau sont généralement des installations plus importantes, qui produisent souvent plusieurs kilowatts d'électricité par heure. Comme l'électricité est requise sous forme de courant haute tension, il est plus efficace de connecter plusieurs systèmes solaires pour produire un circuit à haute tension, plutôt que d'utiliser un onduleur pour augmenter la tension. Ce courant continu à haute tension est ensuite converti en courant alternatif par un onduleur adapté. Les systèmes

de connexion au réseau relie plusieurs panneaux photovoltaïques entre eux pour produire une tension de plusieurs centaines de volts avant de les relier à l'onduleur, ou bien ils ont un petit onduleur connecté à chaque panneau solaire pour créer une alimentation haute tension en courant alternatif à partir de chaque panneau. L'avantage de cette haute tension est l'efficacité. Il y a moins de pertes de puissance de faire passer de l'électricité à haute tension et à faible courant par les câbles du champ solaire.

Pour les systèmes autonomes basés sur des batteries, la basse tension est la meilleure solution, car les batteries ont tendance à mieux fonctionner en tant que réserves d'énergie à basse tension. Pour les systèmes reliés au réseau où l'énergie n'est pas stockée dans un banc de batteries, les systèmes à haute tension sont la meilleure solution. Aucune des deux approches n'est intrinsèquement "meilleure" : tout dépend du type de système que nous concevons.

II.5. Conclusion

On a étudié dans ce chapitre le principe de l'effet photovoltaïque, la cellule PV et ses paramètres. Ensuite on a présenté les types des systèmes PV existé donc on peut conclure que:

- L'énergie solaire peut être utilisée de différentes manières et pour de nombreuses applications différentes,
- Les systèmes autonomes sont les plus simples et les plus faciles à comprendre. Ils ont tendance à être des systèmes relativement petits, fournissant de l'énergie là où aucune autre source d'énergie n'est facilement disponible,
- Avec le raccordement au réseau, notre système d'énergie solaire produit de l'électricité qui est ensuite utilisée normalement. Tout excédent de production d'électricité est exporté vers le réseau,
- Le système de raccordement au réseau avec alimentation de secours (également appelé réseau interactif) nous offre les avantages d'un système de raccordement au réseau, avec l'avantage supplémentaire que l'électricité reste disponible même si l'alimentation de notre région est coupée,
- Les systèmes de repli du réseau ont plus de points communs avec les systèmes autonomes que les systèmes de raccordement au réseau. De par leur conception, ils sont très similaires aux systèmes autonomes.

III.1. Introduction

La prévision de la consommation d'énergie est une tâche très importante tant pour les consommateurs que pour les producteurs, dans ce chapitre nous analyserons la consommation d'énergie (électricité) pour une période bien définie (de janvier 2021 à décembre 2021). On a appris que ces factures « Factures de Consommation d'Electricité » ont été obtenues auprès de la direction de Sonelgaz .).

III.2. Qualité d'énergie électrique

Les critères de qualité de l'électricité sont directement issus de l'observation des perturbations électromagnétiques des réseaux électriques. On parle de Compatibilité Electromagnétique (**C. E. M.**) afin de caractériser l'aptitude d'un appareil, d'un dispositif, à fonctionner normalement dans un environnement électromagnétique sans produire lui-même des perturbations nuisibles aux autres appareils ou dispositifs. La (**C.E.M**) classe ces perturbations selon deux groupes :

- Ø basses fréquences (< 9 kHz),
- Ø hautes fréquences (> 9 kHz).

De manière générale, les perturbations en électrotechnique appartiennent à la basse fréquence. Les phénomènes observés sont nombreux : creux de tension et coupures, surtensions, fluctuations de la tension (flicker), variations de la fréquence, déséquilibres du système triphasé, harmoniques et interharmoniques.

III.2.1 Évaluation de la qualité d'énergie

La qualité de l'énergie électrique intéresse à la fois le fournisseur et le consommateur. Le fournisseur d'énergie électrique a l'obligation de transport et de distribution, qu'il gère, à certains paramètres de qualité. La valeur de la fréquence avec les limites de variations admises en différents régimes du fonctionnement et la continuité de l'alimentation des consommateurs avec de l'énergie électrique. Le consommateur d'énergie, à son tour, est intéressé d'avoir une qualité adéquate de l'énergie mais, en même temps, il est impliqué dans le maintien de la qualité par le type de récepteur utilisé et par l'exploitation judicieuse de ceux-ci. Les principales influences négatives produites par les récepteurs des consommateurs concernent la production d'harmoniques de courant et de tension, tout comme le fonctionnement en régimes non symétriques, déséquilibrés La qualité de l'énergie électrique

aux bornes des récepteurs est évaluée principalement, conformément aux normatifs d'écart admissibles de la valeur réelle des paramètres des valeurs nominales.

III.3. harmoniques

Les harmoniques sont des signaux de fréquence multiple de la fréquence industrielle. Ils sont générés par des charges dites non-linéaires. Certains appareils ne présentent pas une impédance constante durant la durée de l'alternance de la sinusoïde de tension à 50 Hz. Ils absorbent alors un courant non sinusoïdal qui se propage dans le réseau et déforme ainsi l'allure de la tension. Une tension ou un courant déformé par rapport à la sinusoïde de référence peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquence multiples à celle du fondamental.

Les interharmoniques sont des signaux non multiples de la fréquence industrielle. Les variateurs de vitesses pour machines asynchrones, les fours à arcs sont les principaux générateurs d'interharmoniques.

III.4. Distorsion harmonique

a) quelques rappels

Un signal périodique de tension ou de courant de forme et de fréquence f quelconques est décomposé en la somme de signaux sinusoïdaux ayant chacun une fréquence dite harmonique, qui est un multiple entier de la fréquence fondamentale f . Ce multiple s'appelle le niveau harmonique. Les composantes harmoniques sont généralement exprimées en pourcentage de la quantité fondamentale correspondante. C'est le taux d'harmoniques. Le taux d'harmoniques en un point du réseau est la somme des perturbations générées par différentes sources d'harmoniques, principalement les équipements électroniques et les charges non linéaires. Les moteurs synchrones et les transformateurs saturés sont également des sources de pollution harmonique.

On peut citer

- ❖ les convertisseurs de puissance,
- ❖ les convertisseurs de fréquence (variateurs de vitesse),
- ❖ les onduleurs,
- ❖ les moteurs asynchrones,
- ❖ les postes à souder,
- ❖ les microordinateurs et imprimantes,
- ❖ et en général tous les appareils commandés par des thyristors ou comportant des alimentations à découpage.

Les réseaux électriques industriels produisent essentiellement des harmoniques de rang Impaire. qui affectent le signal de façon symétrique. Par ailleurs. L'étude des harmoniques S'effectue généralement entre 100 Hz (harmonique de rang 2) et 2500 Hz (harmonique de Rang 50). Il excite aussi d'autre type d'harmonique tel que:

- Inter harmoniques : sont des signaux de fréquence non multiple de la fréquence fondamentale,
- Infra harmoniques : ce sont des composantes qui sont à des fréquences inférieures à celle du fondamental.

b) Les perturbations engendrées

Pour le taux de distorsion de tension. Un risque d'échec de 5% à 8% est possible. Dépasser Pour qu'ils deviennent une réalité, les courants harmoniques et les perturbations de tension doivent être limités. Le taux de distorsion de tension ne doit pas dépasser 1,6 %.

- ❖ **Tensions harmoniques de rangs pairs :** $U_{2n} / U_1 \leq 0.6 \%$
- ❖ **Tensions harmoniques de rangs impairs :** $U_{2n+1} / U_1 \leq 1 \%$

c) Conséquences des harmoniques

A court terme :

- ❖ Déclenchements intempestifs des relais à max de courant,
- ❖ Dysfonctionnement des applications sensibles,
- ❖ Perturbation des systèmes de télécommande et de télécommunication,
- ❖ Vibrations et bruits anormaux (tableaux BT. moteurs. transformateurs),

A long terme :

- ❖ Echauffement des batteries de condensateurs,
- ❖ Echauffement des transformateurs,
- ❖ Echauffement des conducteurs de phase et du neutre en présence des harmoniques 3.

III.5. Chutes et coupures de tension du réseau

Depuis leur démarrage et à différents degrés. à l'instar de continuent de subir des microcoupures et des à-coups de tension réseau malgré les mesures prises par certaines. en matière de protections. Pour en minimiser les effets.

Les minimum tensions (mini U), au niveau de la MT. Telles que préconisées. doivent être réglées à 85 % de U_n et une temporisation de 1 seconde. Certains constructeurs comme Siemens se limitent au seuil critique de décrochage des gros Moteurs à bagues, Il est vrai que des périodes sont plus « calmes » que d'autres mais à voir l'historique Etats des déclenchements par chute de tension le centre accuse encore des Fluctuations de tension réseau entraînant des perturbations et des déclenchements aux conséquences très fâcheuses bien connues des exploitants. À savoir pour rappel :

- ❖ risques de dommages aux machines et équipements électriques,
- ❖ arrêts prolongé des installations,
- ❖ remontée en régime difficile et lente,
- ❖ durée de vie des réfractaires écourtée,
- ❖ grandes pertes de production,
- ❖ mobilisation accentuée tant sur le plan humain que matériel. ...

Bien entendu. toutes ces perturbations. Engendrent un manque à gagner colossal devant faire l'objet d'un audit spécifique plus poussé devant s'appuyer au niveau :

- ❖ MT : sur tous les enregistrements disponibles au niveau des protections ‘ ‘ Sepam, et Ref ‘ ‘.

Après étalonnage des différents réglages - BT : sur un analyseur d'énergie.

- **Important :** Afin de cerner au mieux toutes les perturbations et déclenchements imputables réellement au réseau Sonelgaz. il est recommandé d'installer à l'arrivée HT - 60 KV, un Oscilloperturbographe ou un ‘ ‘ qualimètre ‘ ‘ lesquels peuvent enregistrer tous les à-coups et chutes de tension réseau en donnant entre autres paramètres. Principalement leur amplitude et Leur durée. Il faut , dans tous les cas. Vérifier s'il ne s'agit pas de déclenchements qui seraient dus à des réglages mini U très serrés ou carrément inexistant. ce qui se traduirait alors par des décrochages instantanés des moteurs de puissance. En règle générale. il faut associer Sonelgaz. Lors du grand arrêt programmé annuel. à la vérification de toutes les protections MT. Le cas échéant. Procéder à leur étalonnage par contre toutes les vérifications des

protections et réglages éventuels au niveau BT sont du ressort de l'équipe d'entretien de la station industriel.

III.6. Comptage

Il assure la mesure des quantités d'énergie livrée et la puissance appelée selon les modalités du contrat tarifaire. Comme le cas du centre, le comptage se fait au côté HT. C'est à dire en amont des transformateurs HT/MT Il permet de comptabiliser :

- ❖ L'énergie active des trois postes horaires (pleine, de pointe et creuse),
- ❖ L'énergie réactive,
- ❖ Le Cos (φ) ,
- ❖ La puissance maximale atteinte ou appelée (P.M.A).

Prenant la consommation d'électricité durant dernière année du 2021 du 1^{er} janvier a 31 décembre.

III.7. Bilans de puissance annuelle station de pompage

ST pompage SONARTACH PMD = 320 KW Code tarif : 42 année : 2021

Tableau.III.1. Bilan de puissance de la station 2021.

ANNEE 2021 ST	Energie active kWh	énergie réactive kVarh	Montant DA	PMA kw	Energie consommée En pointe kW	Energie consommée En hors pointe kW	tg ϕ
Jan	24674	19516	103424,48	104	4 397,00	20 277,00	0,79
Févr .	20896	17744	92799,09	113	3 492,00	17 467,00	0,85
Mars	21490	19005	91428,82	95	3 547,00	17 943,00	0,88
Avril	19497	18467	85070,49	88	3 242,00	16 255,00	0,95
Mai	27453	21674	111718,7	117	4 557,00	22 896,00	0,79
Juin	27459	22915	111315,6	116	4 438,00	23 021,00	0,83
Juillet	29298	26747	119220,96	117	4 956,00	24 342,00	0,91
Aout	29707	26520	118567,66	111	4 873,00	24 834,00	0,89
Sept .	25292	23727	134952,89	101	4 549,00	20 743,00	0,94
Oct .	23334	22313	128020,64	98	4 325,00	19 009,00	0,96
Nov .	21700	17097	121546,47	104	4 098,00	17 602,00	0,79
Déc .	20348	16911	112075,79	86	3 738,00	16 610,00	0,83
TOTAL	291148	252636	1330141,6	1250	50212	240999	0,86

III.7.1. Analyse de l'énergie active en kWh

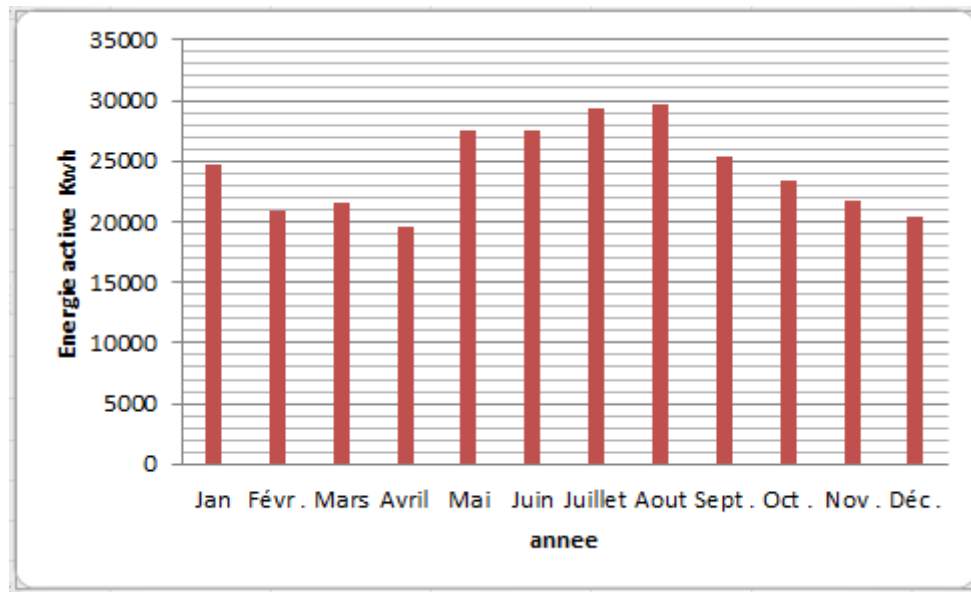


Figure III.1. Evolution de la consommation d'énergie active.

On constate la consommation d'électricité de la station pour cette année, avec une valeur maximale de 29707 kWh au mois d'aout et une valeur minimale de 19497 kWh au mois d'avril.

III .7.2.Analyse de l'énergie réactive en Kvarh de la SP

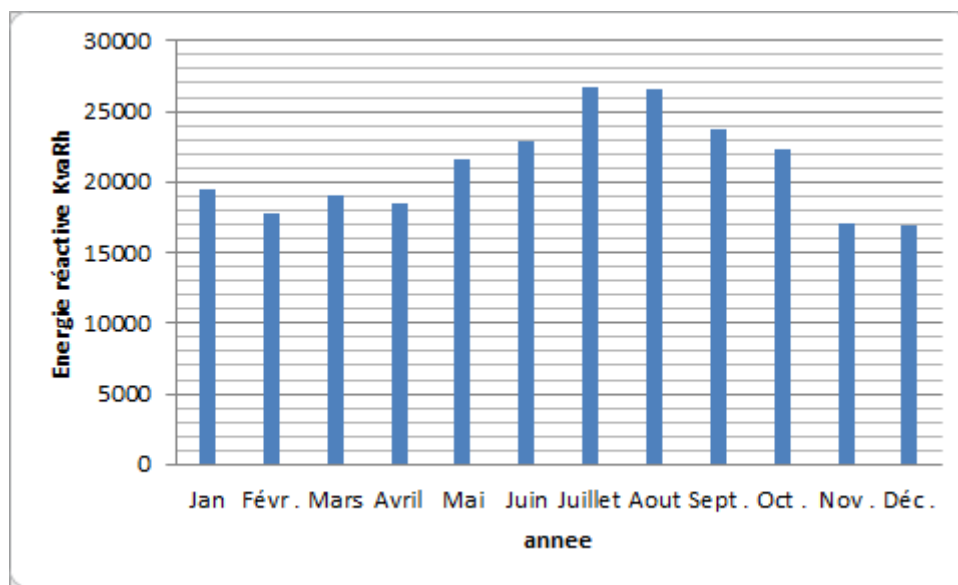


Figure III.2 : Evolution de la consommation d'énergie réactive.

La consommation d'énergie réactive de la station pour cette année est de 252636 kvarh, avec une valeur maximale 26747 kvarh au mois de juillet et une valeur minimale de 16911 kvarh au mois de décembre .

III.7.3. Analyses des énergies consommée pointes en 2021

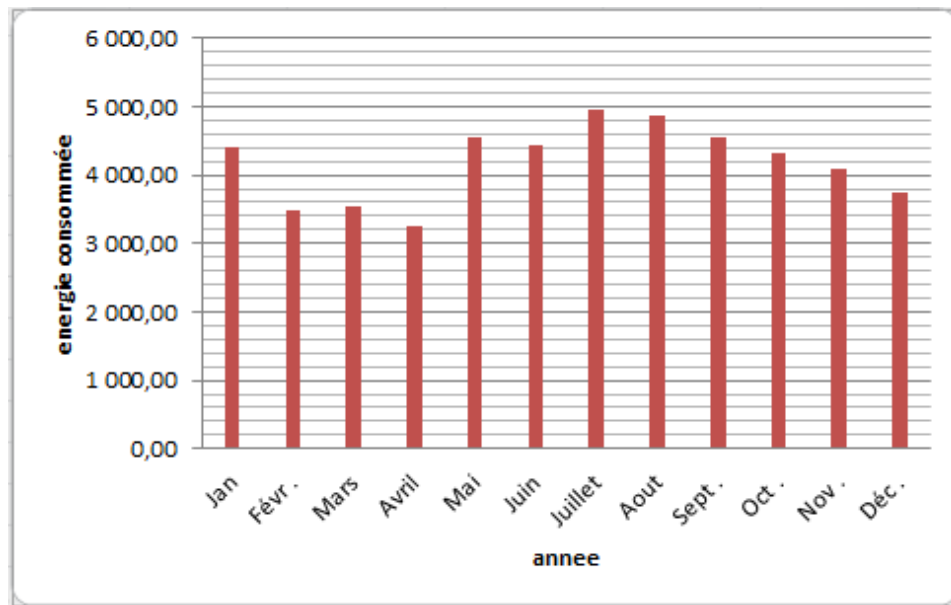


Figure III.3 : Evolution du poste heures pointes.

La consommation d'énergie de la station dans les heures pointes pour cette année est de 50212 kwh avec un consommation maximum de la valeur 4 956 kwh au mois de juillet et une valeur minimale de 3242 kwh au mois d'avril .

III.7.4. Analyses des énergies consommées hors pointes en 2021

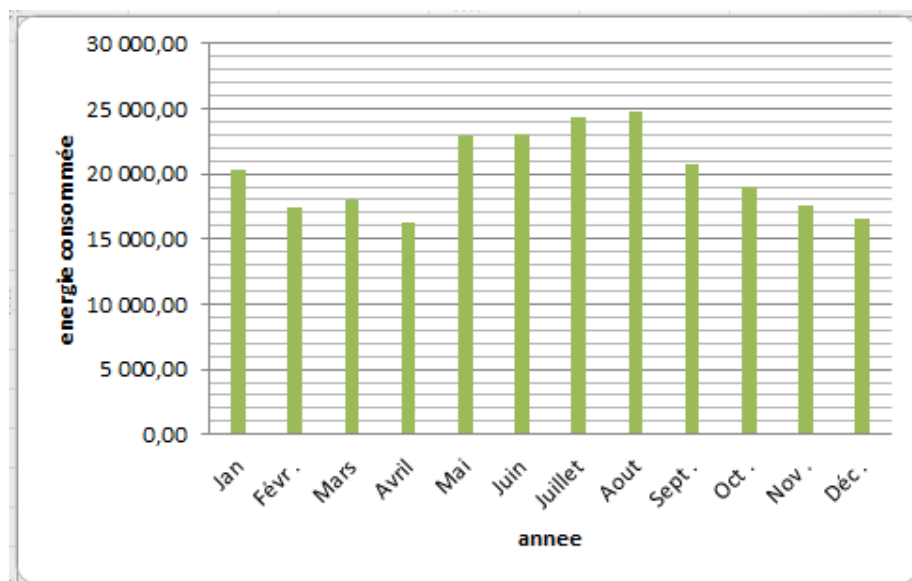


Figure III.4 : Evolution du poste heures hors pointes.

La consommation d'énergie de la station dans les heures hors pointes pour cette année est de 240999 kWh, avec une valeur maximale de 24 834 au mois d'aout et une valeur minimale 16255 kWh de au mois d'avril.

III .7.5. Structure de la consommation par postes horaires 2021

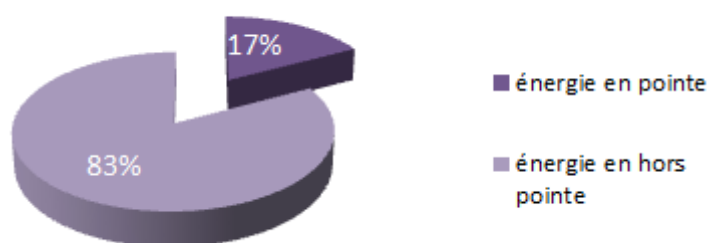


Figure III.5 : La consommation annuelle en 2021.

- **Heures pointes**
17 % en énergie 50% en cout.
- **Heures hors pointes**
83% en énergie 50% en cout.

III .7.6. Analyse de la tangente ϕ 2021

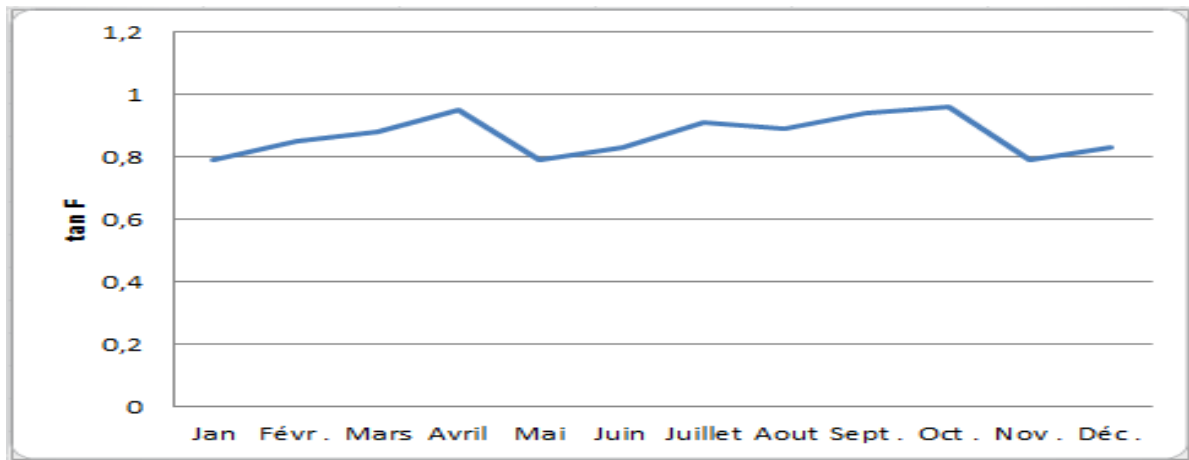


Figure III.6: Evolution de la tangente ϕ .

Evolution de la tangente ϕ la valeur maximale de la tangente a été atteinte durant le mois d'octobre 2021 de 0,96 avec une valeur maximal de la tangente durant les trois mois janvier, mai et novembre de 0.79.

III .7.7. Analyse de la PMA (2021)

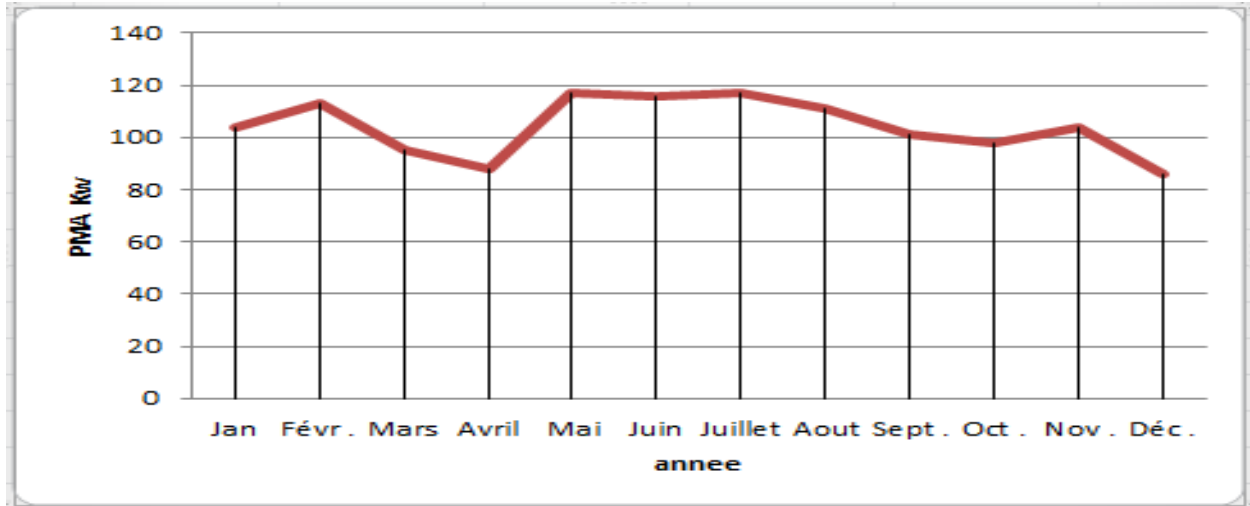


Figure III.7 : Evolution de PMA.

La PMA moyenne de cette année est de 104 kW avec une valeur maximale de 117 kW le mois d'mai et le mois de juillet et une valeur minimale de 86 kW au mois de décembre, sa puissance appelée à la valeur de la PMD contractuelle dans notre cas $PMD=320KW$.

- PMA 2021=32,55% de PMD.

III .7.8. Facture ST de pompage MT en(DA) 2021. Lignes 30KV

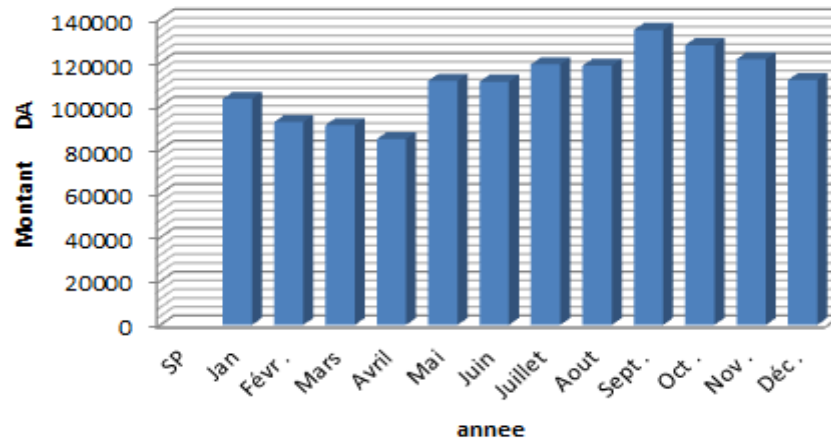


Figure III.8. Evolution du montant durant l'année 2021.

L'évolution du montant durant cette année montre que les valeurs sont aléatoires avec augmentation et baisse ainsi de suite en septembre le montant atteint sa valeur maximum 134952,89 Da.

III.8. Tarification

En Algérie. La politique tarifaire relève de l'état. Au lendemain de l'indépendance, sa démarche a été caractérisée par l'utilisation de l'énergie à bon marché pour lancer le processus d'industrialisation du pays et pour contribuer à un meilleur bien-être social. Aujourd'hui, la mise en place de mécanisme d'économie de marché fixe de nouveaux objectifs en matière de tarification : Les tarifs devront couvrir les charges et assurer un seuil minimum d'autofinancement. Ils devront aussi rechercher l'efficacité économique et la rationalisation des comportements à Travers le reflet des coûts réels. L'application de la vérité des prix est déjà effective pour la clientèle haute tension. Les réajustements prévus devraient l'instaurer également pour la moyenne et basse tension.

III .8.1 Tarifs de l'électricité applicables aux clients

➤ Tarification de l'électricité haute tension type A

Les clients désirant être alimentés en Haute Tension type A inférieure ou égale à 30kV et à une puissance maximale de 15000kW.

Les tarifs de l'électricité sont :

- Fixés par la Commission de régulation de l'électricité et du gaz par décision CREG n° D/22-15/CD du 29 décembre 2015 portant fixation des tarifs de l'électricité et du gaz et sont donnés en hors taxes à compter du 1er janvier 2016,
- Uniformes sur tout le territoire national,
- Composés de l'ensemble des coûts (Production, Transport, Distribution et commercialisation) vous permettant de disposer de l'énergie électrique au niveau de votre lieu de consommation.

➤ **Le saviez-vous ?**

- Vous pouvez opter pour une des options de tarification ci-dessous, selon votre mode de consommation,
- Votre choix peut s'effectuer avec l'aide et le conseil du chargé de clientèle de la direction de distribution de la société de distribution dont vous dépendez,
- Ce choix vous permettra de parvenir à une consommation optimale et d'obtenir ainsi la facture la plus basse.



Figure III.9 :la répartition des types des heures selon la journée.

III.8.2 Les paramètres de facturation sont :

- ✓ PMD,
- ✓ PMA,
- ✓ Répartition de l'énergie active dans le temps et le système tarifaire choisi,
- ✓ Energie réactive.

III.8.3. prix de la puissance

Tableau.III.2 : prix de la puissance et de la redevance.

Tarif 41	Mise à disposition PMD	Absorbée PMA	Redevance fixe
Prix	25,85 DA/Kw/mois	116,15 DA/Kw/mois	38673,35 DA /mois

Tarif 42	Mise à disposition PMD	Absorbée PMA	Redevance fixe
Prix	38,70 DA/Kw/mois	180,58 DA/Kw/mois	515,65 DA/mois

Tarif 43	Mise à disposition PMD	Absorbée PMA	Redevance fixe
Prix	38,70 DA/Kw/mois	154,56 DA/Kw/mois	515,65 DA/mois

Tarif 44	Mise à disposition PMD	Absorbée PMA	Redevance fixe
Prix	38,70 DA/Kw/mois	180,58 DA/Kw/mois	515,65 DA/mois

➤ Qu'est-ce que la puissance mise à disposition (PMD) ?

- C'est la puissance réservée par votre distributeur selon votre demande de raccordement,
- Vous pouvez appeler cette puissance selon vos besoins,
- Elle correspond à vos besoins réels (machines, chauffage, éclairage, etc.) et est exprimée en kW,
- Le choix de cette puissance combiné à l'option de tarif retenue, déterminera le montant de votre facture,
- Vous pouvez la choisir avec l'aide et le conseil du chargé de clientèle de la direction de distribution de la société de distribution dont vous dépendez, parmi les valeurs fixées par décision CREG n° D/11-13/CD du 26 septembre 2013, comme suit :

**50-80-120-200-320-500-650-800-1000-1500-2000-2500-
3000-4000-4500-5000-7500-10000-12500-15000**

➤ Durée de la PMD :

La PMD est contractée pour des durées d'au moins :

- 5 ans pour les valeurs inférieure à 10000 Kw,
- 10 ans pour les valeurs égales ou supérieures à 10000 Kw,

➤ **Dépassement de la PMD :**

En cas de dépassement observés de la PMD :

- 1^{er} dépassement le client est informé officiellement par sonelgaz,
- 2^{ème} dépassement constaté au cours de la période des 12 mois qui suit sonelgaz se réserve le droit, de :
 1. Réajuster a la hausse PMD a une nouvelle valeur, quand le réseau le permet,
 2. Demander au client de perdre à ses frais les mesures nécessaires pour limiter la puissance appelée à la PMD.

Qu'est-ce que la puissance maximale absorbée (PMA) ?

C'est le maximum de la puissance absorbée mesurée à des intervalles réguliers dans le mois

- La station de pompage Sonatrach est un client moyen consommateur de tension. Il a signé un contrat avec la Sonelgaz pour un tarif 42 et une PMD de 320 KW en HT (ces deux paramètre sont signalés dans la facture 2021.

QU'EST CE QUI EST COMPTÉ DANS VOTRE FACTURE?:

- **La redevance fixe :** frais de gestion (relève, facturation, accueil) et de comptage qui vous sont facturés même si votre consommation est nulle.
- **La rémunération de la puissance mise à disposition « PMD » :** part de l'investissement consenti par les sociétés gestionnaires des réseaux de transport et de distribution pour mettre à votre disposition une puissance que vous pouvez appeler à tout moment et qui vous est facturée même si votre consommation est nulle.
- **La facturation de la puissance maximale absorbée PMA:** incite le client à étaler sa consommation et à éviter les appels de puissance sous forme de pointe.
- **Les tarifs de l'énergie active :** c'est la rémunération de l'électricité soutirée selon les périodes tarifaires de la journée.
- **L'énergie réactive:** Les consommateurs d'énergie réactive sont les moteurs électriques, les lampes à fluorescence, les lampes à décharge, les fours à induction, les fours à arc, les postes à souder, les (autos) transformatrices. Il est conseillé au client une consommation de réactif n'excédant pas 50% de celle de l'énergie active. Le réactif consommé au-delà est facturé au client sous forme de malus et en deçà sa facture est bonifiée.
- **Les taxes fixées par l'Etat.**

$$\begin{aligned}
 &\text{Montant Mensuel de la facture (DA)} \\
 &= \\
 &\quad \text{Redevance Fixe} \\
 &\quad + \\
 &\quad \text{Tarif de facturation de la PMD X Puissance Mise à Disposition} \\
 &\quad + \\
 &\quad \text{Tarif de facturation de la PMA x Puissance Maximale Absorbée} \\
 &\quad + \\
 &\quad \text{Somme des (énergie consommée par poste horaire x Tarif de l'énergie par poste horaire)} \\
 &\quad + \\
 &\quad \text{Tarif de l'énergie réactive x (Energie réactive consommée - 0,5x Energie consommée)} \\
 &\quad + \\
 &\quad \text{Les taxes fixées par l'état}
 \end{aligned}$$

III.9. Optimiser l'utilisation de l'énergie électrique

Toute machine électrique utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie :

III.9.1. L'énergie active :

c'est l'énergie consommée par postes horaires durant un mois de facturation.

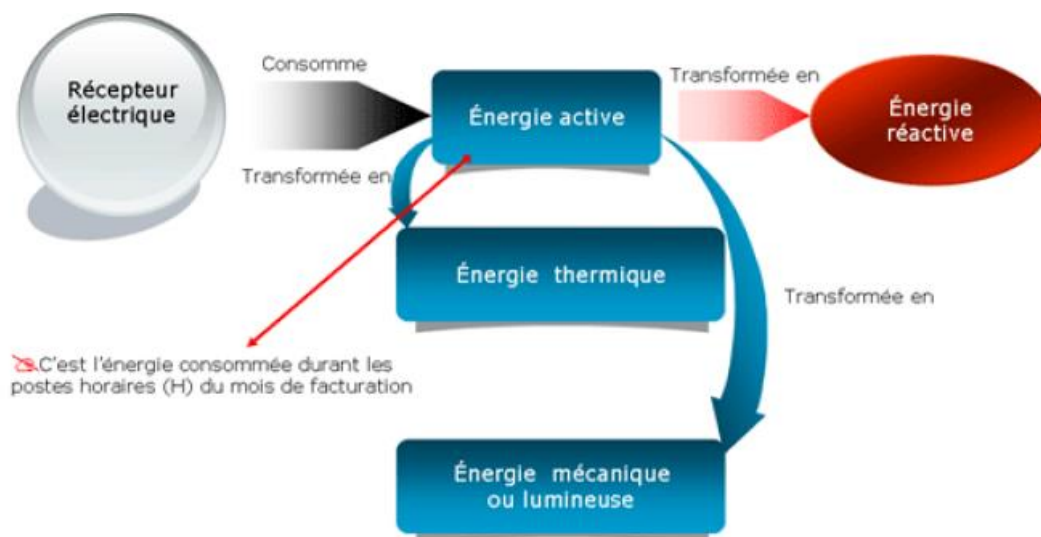


Figure III.10 : Schéma illustration de l'énergie active.

III.9.2. L'énergie réactive :

Les consommateurs d'énergie réactive sont les moteurs électriques, les lampes à fluorescence, les lampes à décharge, les fours à induction, les fours à arc, les postes à souder, les (autos) transformatrices. Il est conseillé au client une consommation de réactif n'excédant pas 50% de celle de l'énergie active. Le réactif consommé au-delà est facturé au client sous forme de malus et en deçà sa facture est bonifiée.

Les principaux consommateurs d'énergie réactive dans L'industrie sont:

- les moteurs asynchrones ordinaires,
- les fours à induction et à arc,
- les machines à souder,
- les transformateurs,
- les lampes à fluorescence.

Les prix de l'énergie active s'entendent pour une fourniture normalement accompagnée d'une proportion d'énergie réactive allant jusqu'à 50 % de l'énergie active. Lorsque la consommation d'énergie réactive durant le mois de consommation considéré dépasse la proportion de 50% d'énergie active, l'excédent est facturé au client selon les prix du tarif appliqué sous la forme :

- ✓ Majoration si le rapport $\frac{\text{énergie réactive}}{\text{énergie active}} > 50\%$.
- ✓ Bonification si le rapport $\frac{\text{énergie réactive}}{\text{énergie active}} < 50\%$.

III.9.3. Le Facteur De Puissance

C'est une mesure du rendement électrique d'une installation, c'est le quotient de la puissance active sur la puissance apparente comme c'est indiqué dans le schéma ci-après :

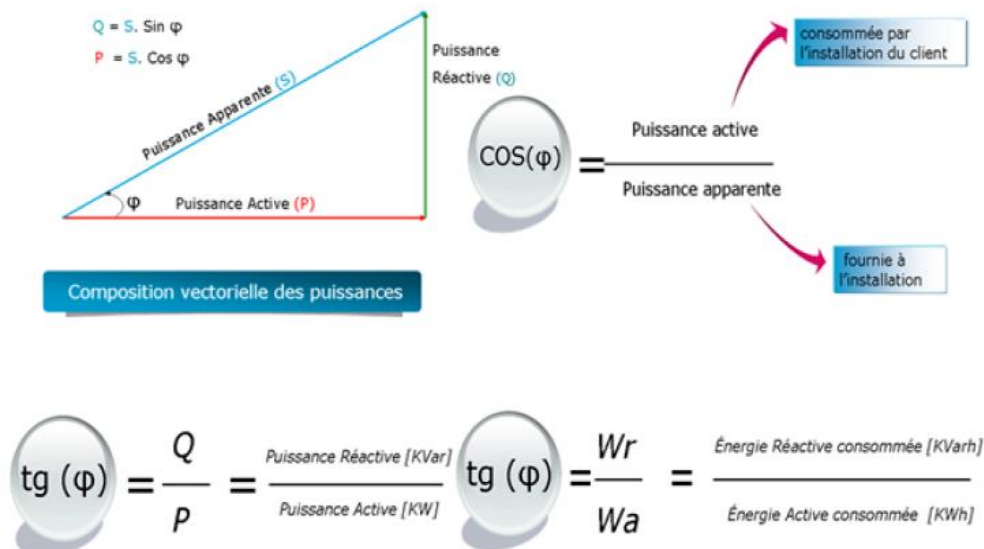


Figure III.11 : Schéma du facteur de puissance.

➤ **Remarque :**

- Un bon rendement correspond à un $\cos(\varphi)$ proche de 1,
- Le $\cos(\varphi)$ peut être consulté à n'importe quel moment au niveau du compteur électrique,
- La $\text{tg}(\varphi)$ est déterminée à partir de la facture d'électricité.

Sachez que : pour

- Réduire votre facture,
- Conserver vos équipements,
- Réduire les pertes de vos réseaux internes.

III.9.4.Compensation de puissance réactive

Les distributeurs d'énergie électrique facturent en général la puissance apparente en (kVa) consommée sur la base de la mesure réalisée à l'aide du compteur d'énergie. Si le facteur de puissance d'une installation est faible, l'intensité consommée sera grande d'où une facture électrique plus élevée. Donc, pour augmenter le facteur de puissance $\cos \varphi$, il faut compenser la puissance réactive consommée par les récepteurs inductifs. La compensation de puissance réactive est indispensable pour une correcte gestion technique et économique d'un système électrique en MT. Les bénéfices obtenus sont :

- Optimisation technique :
 - ✓ Diminution de la chute de tension,
 - ✓ Baisse des pertes en lignes à puissance active constante,

- ✓ Augmentation de la puissance active disponible au secondaire des TRS,
- ✓ Augmentation de la durée de vie des transformateurs, des équipements d'alimentation.
- Optimisation économique :
 - ✓ Suppression de la facturation des consommations excessives d'énergie réactive,
 - ✓ Réduction de la puissance souscrit en kVA,
 - ✓ Diminution de l'énergie active consommée en kWh.

III.9.5. Les modes de compensation

- Compensation Globale,
- Compensation par secteur,
- Compensation locale.

III.9.5.1. Compensation globale :

La batterie est raccordée en tête d'installation et assure une compensation pour l'ensemble des récepteurs.

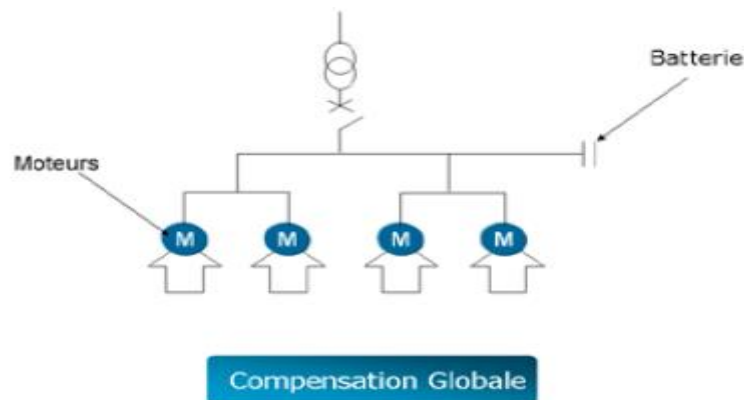


Figure III.12 : Schéma d'illustration la compensation globale.

III.9.5.2. Compensation par secteur :

La batterie est raccordée au tableau et fournit l'énergie réactive par atelier à un groupe de récepteurs.

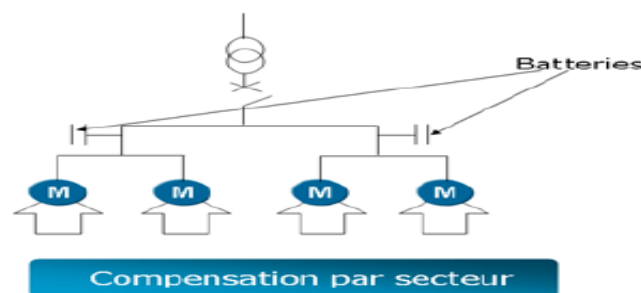


Figure III.13 : Schéma d'illustration la compensation par secteur.

III.9.5.3. Compensation locale :

La batterie est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur de type inductif (moteur) dans ce cas le courant réactif n'est plus présent dans les câbles de l'installation.

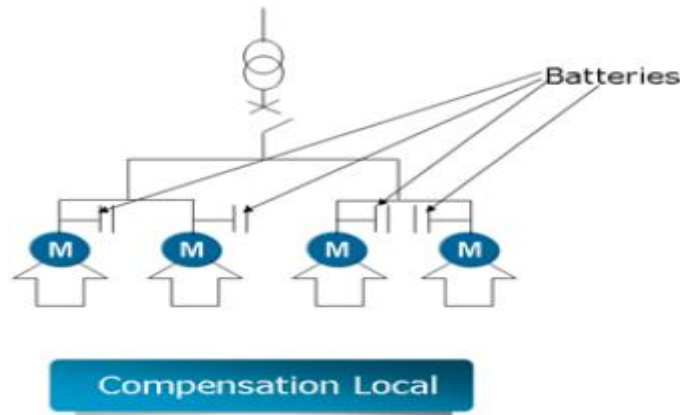


Figure III.14 : Schéma d'illustration la compensation locale.

III.9.6. Choix du type de compensation :

Il existe différent type de batteries de compensation :

- **Système à compensation fixe :**

L'on met en service l'ensemble de la batterie de condensateurs de valeur fixe délivrant une puissance réactive constante. La compensation fixe est souvent réservée à des applications où la puissance réactive est faible (moins de 15% de la puissance du transformateur) et la charge assez stable.

- **Système à compensation automatique:**

Mettant en jeu une batterie de condensateurs divisée en gradins Ces batteries sont en général installées juste avant le réseau de distribution ou avant un secteur du site. Le déclenchement des gradins est intégralement piloté par un régulateur var-métrique en fonction de la puissance réactive.

➤ **Remarque**

Les condensateurs sont sensibles aux courants harmoniques qui sont issus des équipement faisant appel à l'électronique de puissance (variateurs de vitesse, redresseurs, onduleurs, etc.), un filtre d'harmonique est donc parfois nécessaire.

III.10. Etude de cas

III.10.1. Choix du tarif simulation

A partir de simulation sur l'Excel pour le choix du tarif le plus optimal pour les installations alimentées en MT dans la série 40, sachant qu'on peut opter pour un seul mais n'importe lequel des tarifs suivants 41/42/43/43 ,et étudier pour avoir moins facture , la minimisation des couts de l'énergie électrique dans l'année de 2021 .

➤ **Le choix des pourcentages des postes heureux sur la station de pompage SONATRACH**

Tableau.III.3 : Energie active total en 2021.

Année	2021
Energie consommée En pointe kW	50212
Energie consommée En pleine kW	150624,37
Energie consommée En creuses kW	90374,62
Energie active totale kWh	291148

Tableau.III.4 : Energie consommée dans chaque type heureux.

Année	2021
Energie consommée En pointe kW %	17 %
Energie consommée En pleine kW %	52 %
Energie consommée En creuses kW %	31 %

III.10.2. Station de pompage sonatrach

a- On a calculé les montants en DA dans chaque quatre tarif pour les 12 mois de l'année 2021 avec un TVA 19 % :

Tableau.III.5 : les prix mensuel dans chaque type de tarif da l'année 2021

Mois	41	42	43	44
Janvier	155723,739	103424,48	84902,7731	152078,567
Février	145447	92799,09	79526,9633	137188,771
Mars	145465,826	91428,82	77854,0363	136498,157
Avril	138088,427	85070,49	73072,4036	126333,877
Mai	168258,729	111718,7	92928,756	167710,309
Juin	168811,312	111315,6	93426,8538	168192,995
Juillet	176671,343	119220,96	98642,1697	178206,004
Aout	176974,644	118567,66	98072,8645	178511,053

Septembre	160525,436	134952,89	87625,6396	156310,411
Octobre	153333,736	128020,64	83161,3329	146678,034
Novembre	146320,71	121546,47	78813,0661	138280,185
Décembre	139581,451	112075,79	73229,0154	128634,372
Montants totales DA	1875202,35	1330141,6	1021255,87	1814622,74

Tableau.III.6 : tableau de gain l'année 2021.

Code Tarif	41	42	43	44
Montant Totale (DA)	1875202,35	1330141,6	1021255,87	1814622,74
Gains (DA)	545060.75	Mauvaise tarifications	-308885.73 Meilleur tarification	793366.87

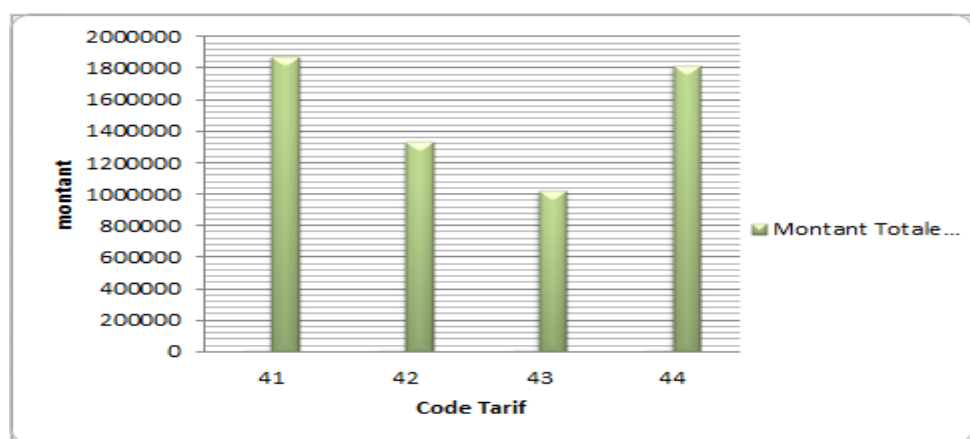


Figure III.15 : Evolution du montant dans chaque type de tarif.

On constaté le tarif 43 est de meilleur tarification.

III.10.3. Analyse de la PMA

D'après les facture de sonelgaz qui été relevant de compteur de la station, la PMA au forfait en prenant la facturation une indication de **117 kw** comme valeur maximale dans la station de sonatrach.

➤ La PMD que sonelgaz offre au client est

50-80-120-200-320-500-650-800-1000-1500-2000-2500-
3000-4000-4500-5000-7500-10000-12500-15000

On a calculé le montant en DA par Année de la PMD =320 kW

$$320 \times 38.70 \times 12 = 148608 \text{ DA /Année}$$

Nous avons choisis le **PMD = 120 kW**

On a calculé le montant en **DA** par **Année** de la **PMD =120 kW**

$$120 \times 38.70 \times 12 = \mathbf{55728 \text{ DA /Année}}$$

Tableau.III.7 : Tableau de gain de la PMD pour la station.

	Montant DA/ Année
PMD =320	148608
PMD =120	55728
Gains	92880

III.10.4. Amélioration du facteur de puissance

L'installation d'un condensateur générateur d'énergie réactive est un moyen simple pour l'amélioration du facteur de puissance.

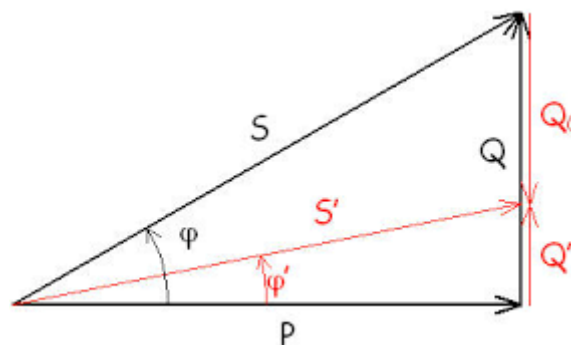


Figure III.16 : Schéma de principe de la compensation.

La figure ci-dessus montre le principe de compensation de la puissance réactive Q d'une installation à une valeur plus faible Q' par la mise en œuvre d'une batterie de condensateurs de puissance Q_c dans le même temps la puissance apparente passe de S à S' .

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

Q_c : puissance de la batterie de condensateurs en Kvar ;

P : puissance active de la charge en Kw,

$\operatorname{tg} \varphi$: l'angle de déphasage avant compensation,

$\operatorname{tg} \varphi'$: l'angle de déphasage après compensation.

Les factures nous montrent que la station est toujours pénalisée par une consommation d'énergie réactive malgré leurs faibles utilisations. L'étude de compensation a

pour but d'effacer la majoration de surfacturation pour ce faire il faut déterminer les kVAr à ajouter pour pallier à l'excès de facturation et prolonger la durée de vie des équipements.

III.10.4.1. Calcule de la puissance réactive de condensateur à utiliser dans la station

$$P = 291148 \text{ kW}$$

$$Q = 252636 \text{ KVAR}$$

$$\tan \varphi = 0.86$$

On a $\frac{Q}{P} > 50\%$ dans ce cas la valeur présente un malus, pour augmenter le facteur de puissance :

$$\cos \Phi = 0.98 \text{ c'est-à-dire } \tan \Phi' = 0.203$$

$$Q_c = P * (\tan \varphi - \tan \varphi')$$

$$Q_c = 291148 * (0.86 - 0.203) = 191284.23 \text{ KVAR}$$

Le choix d'une batterie de compensation normalisé

$$C = \frac{P(\tan(\varphi) - \tan(\varphi'))}{3 \cdot u \cdot 2\pi \cdot f} = \frac{191284.23}{3.380 \times 2\pi \times 50} = 180,14 \text{ F}$$

Tableau.III.8 : les énergies totale et le tangent pour l'année 2021.

	2021		
	P	Q	$\tan \Phi$
Station sonatrach	291148	252636	0.86

Tableau.III.9 : Tableau de gain de la compensation pour la station sonatrach.

	Montant DA
Avant compensation	1330141,6
Après compensation	1032599,7
Gains	297541,3

III.10.5. Généralisé des gains

Economies annuelle a réaliser pour la station sonatrach :

Tableau.III.10 : Tableau de gain Totale pour la station sonatrach pour l'année 2021.

	2021
Code tarif	308885.73
PMD	92880
Compensation	297541,3
Gains Totale (DA)	699307,03

D'après le tableau on voit que le code tarif , la PMD et les batteries de compensation normalisé qui on était choisi par l'entreprise ont couté presque **70million** par an comme une perte dans la facture a la station sonatrach.

III.11. conclusion

Dans ce chapitre nous avons entamé à l'analyse des paramètres qui peuvent influencer sur le bilan de puissance et l'efficacité énergétique à travers les courbes et les graphes on peut visualiser et diagnostiquer les taux de consommations.

D'après l'analyse des factures d'électricité de la station sonatrach que l'on vient d'effectuer, on note les remarques et propositions suivantes :

- ✓ Une transposition de la consommation des heures de pointes vers les heures creuses peut faire économiser l'entreprise. Ainsi, une transposition de 50% permettra une économie.
- ✓ La station de pompage a un facteur de puissance faible et peut-être amélioré si on exploite au mieux les batteries de compensation.
- ✓ Pour le code tarif et La PMD, il est nécessaire a l'entreprise de le changer pour avoir moins de facturation dans le sens d'économiser de l'énergie.

IV.1. Introduction

Le dimensionnement d'une installation photovoltaïque sert à déterminer le nombre des panneaux solaire nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques à tout instant ainsi que tous les autres composent électriques, à partir des données d'ensoleillement du lieu. Ce qu'on va voir dans ce chapitre qui va présenter la procédure et les étapes pour effectuer un dimensionnement d'un système photovoltaïque raccordé au réseau, on va traiter une unité industriel situé à Laghouat qui permettra d'appliquer des lois pour faire les calculs nécessaires de l'installation plus la rentabilité d'investissement , ensuite on va déterminer le devis quantitatif de ce projet et enfin on va définir les étapes de préparation du système pour la remise du projet en utilisant le programme PVsyst version 7.1 .

IV.2. Les étapes de dimensionnement

IV.2.1. Connaitre le site d'installation et ses caractéristiques

La production annuelle d'électricité dépend de plusieurs facteurs :

- L'ensoleillement annuel du site, qui peut être évalué assez précisément.
- L'orientation, sachant que le soleil a son point le plus haut au Sud dans l'hémisphère Nord, c'est la meilleure orientation pour les panneaux.
- L'inclinaison, qui est choisie en fonction de la hauteur du soleil pendant les mois ensoleillés pour une récupération optimale.

IV.2.2. Irradiation

L'Algérie est parmi les pays les mieux dotés en ressources solaires au monde la figure VI-1 représente le taux journalier : annuels moyens de l'irradiation globale horizontale en Algérie.

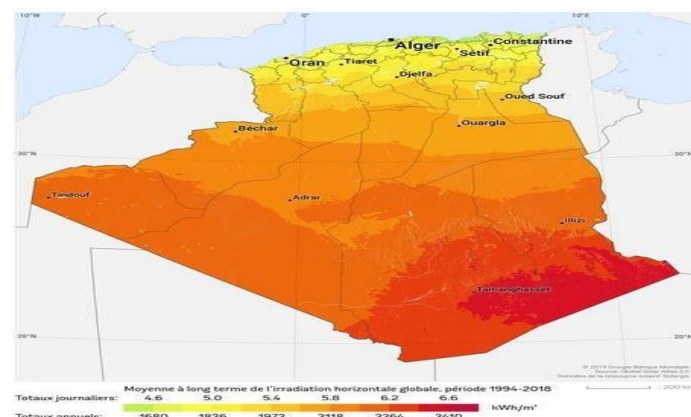


Figure IV. 1 : Irradiation globale horizontale Algérie.

IV.2.3. Rayonnement solaire

On prend l'emplacement de la station sonatrach a laghouat comme un exemple : et donc les coordonnées géographiques pour ce station sont : 33,8763° de latitude 881m d'altitude et longitude et 2.6729°, La période la plus lumineuse de l'année dure 4,5 mois, du mai au septembre.

IV.2.4. L'orientation et l'inclinaison des panneaux

Quand on a le choix, l'orientation idéale d'un capteur solaire obéit à une règle très simple à retenir : vers l'Equateur, ce qui donne

- Orientation vers le Sud dans l'hémisphère nord.
- Orientation vers le Nord dans l'hémisphère sud.

Comme nous sommes en Algérie qui se situe dans l'hémisphère nord et donc l'orientation des panneaux photovoltaïques est en plein sud

L'angle d'inclinaison des panneaux solaire à laghouat est de 33°.

IV.2.5. puissance maximal attiente

$$P_{TOT}(W) = \sum Puissance.$$

IV.2.6. Détermination du nombre d'onduleur et sa puissance Correspondante

Ça dépend de la fiche technique mais généralement le rendement d'un onduleur solaire etde $85\% < \eta_{ond} < 99\%$

Donc on calcule avec 90%

$$P_{TOT} * 1,25 / 0.95 = (W) \quad 1,25 : \text{facteur de correction et de sécurité}$$

Et donc la puissance de l'onduleur doit être supérieure à la puissance maximale selon la station .

IV.2.7. Détermination du nombre des panneaux

Les panneaux doivent assurer la consommation d'une journée complète

$$\text{Puissance pour couvrir la consomation (W)} = \frac{EC \times 1,25}{I_r}$$

I_r

I_r : duré d'ensoleillement (h)

1,25 : facteur de correction et de sécurité

D'après la fiche technique du panneau solaire on doit calculer la puissance de panneau dans les conditions météorologiques.

Les pertes de la puissances (POWER LOSSES) C'est un paramètre qui montre la performance du panneau photovoltaïque dans les conditions météorologiques les plus proches de la réalité en termes de faible rayonnement et de température élevée.

Perte de puissance = coefficient température (P_{max}) $\times$ ($Température (NOCT) - 25^{\circ}C$)

IV.2.8. La section des câbles

Pour calculer la section des câbles il faut tout d'abord savoir la distance entre les éléments du système (panneau et boîte jonction, boîte jonction et armoire DC, entre armoire DC et AC...). Après on applique la loi suivante :

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \rho}{\varepsilon \times V} (mm^2)$$

ρ : 0,0185

L : la longueur

I : courant sortie de champ

ε : 0,02

I :

V : Tension de champ PV

IV.2.9. La mise à la terre

Le conducteur de terre qui assure la liaison entre la prise de terre et la barrette de mesure est de 16 mm² et la longueur de ce câble varie avec la distance entre les éléments du système.

La mise à la terre de l'installation photovoltaïque ainsi que la protection contre les surintensités et éventuellement contre la foudre sont d'une importance capitale pour éviter tout défaut électrique qui pourrait entraîner des points chauds ou des arcs électriques.

IV.2.10. Les éléments de protection électrique

Fusible, sectionneur DC, le parafoudre DC, le disjoncteur, le parafoudre AC.

IV.2.11. La visite de l'endroit du champ est obligatoire pour

- Avoir une idée sur l'espace et assuré qu'il y a aucun obstacle (arbre, mur le haut bâtiment...)
- Faire les calculs de la surface là où le champ photovoltaïque doit être installé.
- Définir l'orientation et l'inclinaison ainsi que le système de pose des modules photovoltaïques (sol ou sur une toiture).

IV.2.12. La structure :

- La structure est en aluminium ou en alliage d'aluminium

- Les boulons et écrous sont en acier inoxydable et qui résiste à toutes les conditions météorologiques
- La base est en béton
- Assuré la qualité des supports de montage des module PV.



Figure IV. 2 : La structure est en aluminium ou en alliage d'aluminium.

IV.3. Traitement d'un exemple

IV.3.1. Problématique

On veut alimenter une station pompage qui se situe à laghouat avec des panneaux solaires photovoltaïques afin de couvrir tous les besoins énergétiques seulement avec l'énergie solaire.

D'après le chapitre 3 la consommation de cette station est de puissance maximale atteinte égale à **117kw** donc on va utiliser **120kw** pour nos données (pour couvrir toute la consommation).

IV.3.2. Le dimensionnement

On a fait le choix d'un système photovoltaïques connecté au réseau et donc le dimensionnement suivant ses étapes :

Laghouat se situe à $33,8763^\circ$ de latitude, donc l'angle d'inclinaison des panneaux solaires est de : 33°

L'orientation est : en plein sud.

IV.3.3. Les conditions météorologiques à Laghouat

La saison très chaude dure 3,0 mois, du 11 juin au 9 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 34°C . Le mois le plus chaud de l'année à Laghouat est juillet, avec une température moyenne maximale de 38°C et minimale de 24°C . La saison fraîche dure 3,8 mois, du 15 novembre au 8 mars, avec une température quotidienne

moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Laghouat est janvier, avec une température moyenne minimale de 3 °C et maximale de 14 °C.

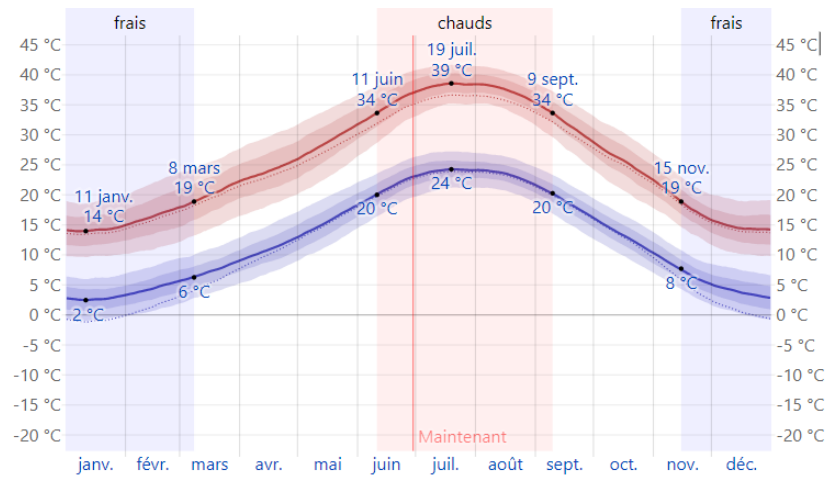


Figure IV. 3 : La température moyenne quotidienne maximale a Laghouat.

La température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes.

IV.3.4. Choix d'onduleur

De la fiche technique de l'onduleur dans l'Annexe B :

Le rendement de l'onduleur est de $98\% < \eta_{ond}$

Donc on calcule avec 99%

$P(kw) = \frac{p_{max} \times 1.25}{0.99}$ avec 1.25 comme facteur de correction et de sécurité

$$P(kw) = \frac{120 \times 1.25}{0.99} = 151.51 \text{ kw}$$

On choisit un onduleur sa puissance de sortie (AC) est supérieure à 151.51kw qui est l'onduleur de 160 kw (De la fiche technique de l'onduleur)

Définition d'un onduleur pour le réseau

Paramètres principaux | Courbe d'efficacité | Paramètres additionnels | Paramètres de sortie | Dimensions et Technologie | Données commerciales

Modèle: SUN2000-185KTL-INH0-50C Fabricant: Huawei Technologies
 Nom fichier: Huawei_Sun2000_185KTL_INH0_50C.OND Source des données: Manufacturer 2018
 Base de données PVsyst originale Prod. depuis 2018

Entrée (DC, Champ PV)

Tension MPP minimale: 600 V
 Tension min. pour PNom: N/A V
 Courant maximum par MPPT: N/A A
 Tension MPP nominale: 1080 V
 Tension MPP maximale: 1500 V
 Tension PV max. absolue: 1500 V
 Puissance seuil: 180 W

Spécification contractuelle, sans réelle signification physique ? Obligatoire

Puissance PV nominale: N/A kW
 Puissance PV maximale: N/A kW
 Courant PV maximum: 225 A

Sortie (Réseau AC)

Fréquence: ☒ 50 Hz ☒ 60 Hz
☐ Monophasé ☒ Triphasé ☐ Biphasé

Tension du réseau: 800 V
 Puissance AC nominale: 160 kVA
 Puissance AC maximale: 185 kVA
 Courant AC nominal: 116 A ☒
 Courant AC maximum: 135 A ☐

Efficacité

Efficacité maximale: 99.00 % ?
☒ Efficacité définie pour 3 tensions

Export vers table | Imprimer | Annuler | OK

Figure IV. 4 : fiche technique de l'onduleur.

IV.3.5. Choix des panneaux :

On a choisis le type de panneaux suivant

Définition d'un module PV

Données de base | Dimensions et Technologie | Paramètres modèle | Données additionnelles | Commercial | Graphiques

Modèle: TSM-DEG15MC-20-(II)-390-Bifacial Fabricant: Trina Solar
 Nom fichier: Trina_TSM_DEG15MC_20_II_390_Bifacial.PAN Source données: Datasheets 2020
 Base de données PVsyst originale Prod. depuis 2020

Puissance nom. (aux STC): 390.0 Wc Tol. +/- 0.0 3.0 %
 Technologie: Si-mono

Spécifications fabricant ou autres mesures

Cond. de référence	GRef	1000	W/m²	TRef	25	°C
Courant de court-circuit	Isc	10.250	A	Circuit ouvert Vco	48.50	V
Point de Puissance max.	Imp	9.710	A	Vmpp	40.20	V
Coefficient de tempér.	muIsc	4.1	mA/°C	Nbre cellules 72 x 2		
	ou muIsc	0.040	%/°C			

Résumé du modèle

Paramètres principaux

R parall.	500 Ω
Rparall(G=0)	2000 Ω
R série model	0.28 Ω
R série max.	0.30 Ω
R série apparent	0.46 Ω

Paramètres modèle

Gamma	0.976
IoRef	0.02 nA
muVco	-138 mV/°C
muPMax fixé	-0.35 /°C

Résultats du modèle interne

Cond. de fonctionnement	GOper	1000	W/m²	TOper	25	°C
Point de Puissance max.	Pmpp	390.3	W	Coeff. de température	-0.35	%/°C
	Courant Imp	9.73	A	Tension Vmpp	40.1	V
Courant de court-circuit	Isc	10.25	A	Circuit ouvert Vco	48.5	V
Efficacité / Surf. cellules		22.40	%	/ Surf. module	19.01	%

Voir optimisation | Export vers table | Imprimer | Annuler | OK

Figure IV.5 : fiche technique des panneaux.

IV.3.6. Suite à la simulation dans le PV Sys

Sous-champ

Nom et orientation du sous-champ
 Nom: Champ PV
 Orient.: Plan incliné fixe Indinaison: 33° Azimut: 0°

Aide au dimensionnement
☐ Pas de prédim. Entrez Pnom désirée: 120.0 kWc
☒ Redimens. ... ou surface disponible(modules): 632 m²

Sélection du module PV

Disponibles: Tous les modules PV Filtre: Tous les modules PV Module bifacial Système bifacial
 Tous les fabricants: 390 Wp 34V Si-mono TSM-DEG15MC-20-(II)-390-Bi Trina Solar Datasheets 2020
☐ Utiliser optimiseur

Dimens. des tensions: Vmpp (60°C) 35.1 V
 Vco (-10°C) 53.3 V

Sélection de l'onduleur

Disponibles: Tension de sortie 800 V Tri 50Hz 50 Hz 60 Hz
 Tous les fabricants: 160 kW 600 - 1500 V TL 50/60 Hz SUN2000-18SKTL-INH0-S0C Huawei Technologies
 Nbre d'onduleurs: 1 Tension de fonctionnement: 600-1500 V Puissance globale ond.: 160 kWac
☐ Utilise multi-MPPT Tension entrée maximale: 1500 V onduleur avec 9 MPPT

Dimensionnement du champ

Nombre de modules et chaînes
 Mod. en série: 28 entre 18 et 28
 Nb. chaînes: 15 seule possibilité 15
 Perte surpuissance: 0.0 %
 Rapport Pnom: 1.02 Voir conditions

Cond. de fonctionnement
 Vmpp (60°C) 983 V
 Vmpp (20°C) 1144 V
 Vco (-10°C) 1491 V

Irradiance plan 1103 W/m²
 Impp (GMax) 161 A
 Isc (GMax) 154 A
 Isc (aux STC) 154 A

Max. données STC
 Puiss. max. en fonctionnement (à 1103 W/m² et 50°C) 165 kW
 Puiss. nom. champ (STC) 164 kWc

Liste des sous-champs

Nom	#Mod #Ond.	#Chaîne #MPPT
Champ PV		
Trina Solar - TSM-DEG15MC-20...	28	15
Huawei Technologies - SUN200...	1	1

Résumé système global

Nombre de modules	420
Surface modules	862 m²
Nbre d'onduleurs	1
Puissance PV nominale	164 kWc
Puissance PV maximale	165 kWDC
Puissance AC nominale	160 kWAC
Rapport Pnom	1.024

Figure IV. 6 : Interface de PVsyst 7.1.

IV.3.7. Détermination du nombre des panneaux

Dimensionnement du champ

Nombre de modules et chaînes

Mod. en série: 28 (entre 18 et 28)

Nb. chaînes: 15 (seule possibilité 15)

Perte surpuissance: 0.0 %

Rapport Pnom: 1.02

Nbre modules: 420 **Surface: 862 m²**

Cond. de fonctionnement

Vmpp (60 °C): 983 V

Vmpp (20 °C): 1144 V

Vco (-10 °C): 1491 V

Irradiance plan: **1103 W/m²**

Imp (GMax): 161 A

Isc (GMax): 154 A

Isc (aux STC): 154 A

Max. données (STC)

Puiss. max. en fonctionnement (à 1103 W/m² et 50 °C): **165 kW**

Puiss. nom. champ (STC): 164 kWc

Figure IV. 7 : Nombres de panneaux et leur disposition dans le system d'après PVsyst.

IV.3.8. Résultat de la simulation

PVsyst nous a proposé les fiches suivantes :

PVsyst V7.1.1
Simulation date:
01/07/22 16:16
with v7.1.1

Project: Unité 2
Variant: Nouvelle variante de simulation

Project summary			
Geographical Site GSP5 sonatrach Algérie	Situation Latitude: 33.88 °N Longitude: 2.67 °E Altitude: 888 m Time zone: UTC+1	Project settings Albedo: 0.20	
Meteo data GSP5 sonatrach Meteonorm 8.0 (1996-2015), Sat=100 % - Synthétique			

System summary			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth: 33 / 0 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)	
System information PV Array Nb. of modules: 420 units Pnom total: 164 kWp	Inverters Nb. of units: 1 Unit Pnom total: 160 kWac Pnom ratio: 1.024		

Results summary			
Produced Energy: 323.5 MWh/year	Specific production: 1975 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR: 86.33 %	

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5

Figure IV. 8 : Fiche technique des dispositifs comme donnée dans PVsyst.

General parameters			
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Horizon	
Orientation		Free Horizon	
Fixed plane		Models used	
Tilt/Azimuth	33 / 0 °	Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
Near Shadings		User's needs	
No Shadings		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Trina Solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	TSM-DEG15MC-20-(II)-390-Bifacial	Model	SUN2000-185KTL-INH0-50C
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	390 Wp	Unit Nom. Power	160 kWac
Number of PV modules	420 units	Number of inverters	1 Unit
Nominal (STC)	164 kWp	Total power	160 kWac
Modules	15 Strings x 28 In series	Operating voltage	600-1500 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>30°C)	185 kWac
Pmpp	150 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.02
U mpp	1024 V		
I mpp	146 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	164 kWp	Total power	160 kWac
Total	420 modules	Nb. of inverters	1 Unit
Module area	862 m²	Pnom ratio	1.02
Cell area	732 m²		

Figure IV. 9. : Fiche technique des dispositifs comme donnée dans PVsyst.

IV.3.9. Les données obtenu de la simulation de PVSys sont

- Nombre des panneaux est : 420 panneaux (28 en série et 15 en parallèle)
- Surface utilisé : 862 m2

IV.3.10. La section des câbles

- Entre champ PV Boite de jonction
- Entre boite de jonction et l'armoire DC
- Entre l'armoire DC et l'onduleur
- Entre l'onduleur et l'armoire AC
- Entre l'armoire AC et compteur

IV.3.11. Les éléments de protection électrique

- Fusible pour les branches

La tension de fonctionnement d'un fusible est $1,15 \times V_{co} \times \text{modules raccordés en série}$

Le calibre des fusibles $1,5 \times I_{cc} \leq \text{calibre fusible} \leq 2 \times I_{cc}$

- Sectionneur DC

Tension assignée du fusible $\geq 1,15 \times V_{co} \times N_{ms} \rightarrow \text{Intensité nominale} \geq 1,5 \times I_{cc} \times NBP$

- Parafoudre DC
- Parafoudre AC
- Disjoncteur différentiel AC 160kw/1500V
- Compteur

Un compteur bidirectionnel Permet de contrôler la quantité d'énergie prélevée sur le réseau et celle qui est réinjectée dans le réseau grâce au système d'énergie solaire.

Remarque : On n'a pas utilisés des batteries car notre installation est déjà connectée au réseau public, donc, s'il y a un mauvais fonctionnement du système photovoltaïque (éclairage ou température) notre charge consomme l'énergie de ce réseau et donc on calcule la différence pour la facture. Pour cela on a utilisé un compteur de « production » et de « consommation ».

IV.3.12. Devis quantitatif & estimatif

Tableau IV. 1 Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Montant DA
1	panneau photovoltaïque monocristallin TSM-DEG15MC-20-(II)-390-Bifacial	U	420	8400 000
2	de support en charpente métallique galvanisé supportant tous les panneaux photovoltaïque avec une inclinaison 32°	U	420	1000 000
3	Onduleur solaire connecté au réseau de 160kW SUN2000-185KTL-INH0-50C	U	1	1 037 033
4	Socle de béton	ENS	15	400 000
5	Cable de liaison de panneau solaire	ML	1000	600 000
6	Les éléments de protection électrique	U	3	500 000
TOTAL (DA)				11937033

IV.3.13. La durée du projet

Pour finaliser le projet de cette installation photovoltaïque connecté au réseau il nous faut 30 jours au minimum, 20 jours pour l'installation et le reste des jours pour compléter la paprace des papiers et assurer l'achat et la livraison du materiel et produits néssésaire.

IV.3.14. La remise du projet

Les étapes de préparation du système pour la remise du projet :

- Terminez toutes les étapes d'installation.
- Effectuez une inspection visuelle de tous les composants du système.
- Effectuer des contrôles électriques pour s'assurer que toutes les pièces fonctionnent correctement

De par sa conception, y compris les contrôles de tension, diélectrique et continuité.

- Vérifiez le fonctionnement de l'onduleur, son arrêt et le temps de réponse.
- S'assurer que les plans exécutifs sont préparés et conformes à la réalité.

IV.4. la rentabilité

IV.4.1. Temps de retour simple

La méthode du temps de retour simple consiste à diviser le coût de l'investissement (équipement et installation) par le coût de l'énergie que l'installation permet d'économiser en 1 an

Le cout de l'investissement **11937033 Da,**

le coût de l'énergie que l'installation permet d'économiser en 1an **1330141,6 Da,**

Le résultat du calcul est de **9 ans**, cela signifie que nous auront récupéré le cout d'un investissement au bout de huit ans et que tout ce que vous économiserez ultérieurement, ce sera du bénéfice net.

Cette économie est d'autant plus importante que le temps de retour est court.

➤ Pour aller plus loin dans le calcul

Pour faire un calcul affiné du temps de retour simple, différents éléments complémentaires peuvent être intégrés, dans le prix d'investissement :

- Le taux d'actualisation et le taux d'inflation.
- Les frais de fonctionnement : entretien, petites consommations auxiliaires,...

IV.4.2. La méthode de la comparaison du cout de l'énergie

Cette approche compare le prix de l'énergie produite par une installation utilisant une source d'énergie renouvelable avec celui d'une source d'énergie classique (gaz, mazout ou électricité).

Le coût unitaire de la production (en DA par kWh) se calcule en divisant le coût d'investissement (achat + installation) par la quantité totale d'énergie.

Tableau VI.2 : Récapitulatif du site étudié .

Quantité d'énergie économisée	
Consommation mensuel (PMA)	120 kW
Prix de l'énergie fournit par (sonelgaz) PMA	180.58 DA/kW
Le cout du maintenance par an	119370,33 DA
le coût d'investissement	11937033 DA

Après 9 ans :

Coût de cette énergie : Le prix unitaire de l'énergie renouvelable est calculé en divisant le prix maintenance de l'équipement par la quantité totale d'énergie produite sur 1moi: $9947,52 \text{ DA} / 120 \text{ kW} = 82.89 \text{ DA/kW}$

Ce prix est à comparer avec le source d'énergie classique (180.58DA/kW).

D'après la comparaison on peut voir que cet investissement est efficace et économique.

IV.5. Conclusion

L'importance du dimensionnement des systèmes photovoltaïques est pratiquement évidente pour s'adapter aux conditions météorologiques spécifiques de chaque zone afin d'éviter le gaspillage des ressources économiques du pays dans des systèmes surdimensionnés.

Dans ce chapitre nous avons présenté La méthode de dimensionnement pour un système photovoltaïque connecté au réseau ainsi que tous les étapes à faire pour le réussir, ensuite, après avoir définies les besoin et caractéristique de la station, ce qui nous permettra de faire des calculs avec des fiches techniques du panneau et onduleur on grid, nous avons trouvé des résultats bien définis pour avoir terminé et réaliser le projet de cette station de sonatrach. En dernier lieu nous avons décrit Les étapes de préparation du système pour la

remise du projet. Concernant la rentabilité on a utilisé deux méthodes :

- **Temps de retour simple** : nous aurons récupéré le cout d'un investissement au bout de huit ans et que tout ce que vous économiserez ultérieurement, ce sera du bénéfice net.
- **La comparaison du cout de l'énergie** : D'après la comparaison du prix on peut voir que cet investissement est efficace et économique pendant la durée de vie proposée.

Enfin, nous concluons que cette entreprise peut investir dans ce projet, qui est estimé à environ dix millions Da, pour lui permettre d'éviter de payer des factures d'électricité à la compagnie d'électricité.

Conclusion Générale

Nous avons a semblons opportun d’effectuer un bref rappel sur l’importance des énergies, notamment les énergies renouvelables qui font actuellement l’objet de plusieurs recherches scientifiques à travers le monde.

Pour atteindre les objectifs du développement durable, cela suppose une maîtrise de la gestion des ressources d’énergie.

Il est donc indispensable de savoir gérer et optimiser les consommations et les dépenses d’énergie, grâce à un programme de maîtrise d’énergie, deux objectifs peuvent être simultanément atteints :

- La réduction des coûts de fonctionnement ;
- Le maintien ou l'amélioration du service rendu et du confort.

à la fin, après étude et dimensionnement d'un système photovoltaïque et calcul de la rentabilité dans le cout , cette unité industriel peut s’appuer sur l’énergie solaire et investir dans ce projet pour éviter le cout de l’énergie classique.

Le problème majeur rencontré durant mon enquête est celui pour regrouper des informations sur la consommation énergétique d’électricité, les factures de Sonelgaz et la compagne de mesure sur site de la station.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] www.vrai-debat.org/IMG/pdf/Document%20Laponche.pdf
- [2] Economie d'énergie, http://www.aprue.org.dz/actualites/maitrise_support.htm#maitrise-04.2004
- [3] La maîtrise de l'énergie, www.recherche.gouv.fr/mstp/energie_mstp_200401.pdf
- [4] <https://negawatt.org/contexte-et-enjeux>
- [5] Les énergies renouvelables Dr Marwan Jarkas
- [6] Les énergies renouvelables ; la base, la technologie, le potentiel au Sénégal
- [7] Photovoltaic systems engineering / Roger Messenger, Jerry Ventre. SECOND EDITION
- [8] F. Chekired, « Etude et implémentation d'une commande MPPT neuro-floue sur FPGA », mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2008.
- [9] S. M. Ait-Cheikh, « Etude, Investigation et conception d'algorithmes de commande appliqués aux systèmes photovoltaïques », Thèse de Doctorat d'état, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, Algérie, 2007
- [10] Michael Boxwell. Solar Electricity Handbook .2012 Edition
- [11] Comptage et compteur électrique :
[https://www.researchgate.net/publication/323228392 Comptage et Compteurs Electrique](https://www.researchgate.net/publication/323228392_Comptage_et_Compteurs_Electrique)
- [12] la tarification : <https://creg.dz/tarification/2021>
- [13] PRIX de Kwh en Algérie : <https://algerie-electricite.com/faq/prix-kwh2022>
- [14] L'énergie réactive ;
<https://entreprises-collectivites.engie.fr/besoins/energie-reactive-poste-deconomies/2010>
- [15] La facture de puissance :
<https://alpestechnologies.com/fr/search/node/facture%20de%20puissance>
- [16] Les conditions météorologiques
<https://fr.weatherspark.com/y/47078/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Laghouat-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e-2022>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ملخص

تعد هاته المدكرة دراسة عامة حول الحلول الاقتصادية لانتقال الطاقوي نحو الطاقات المتجددة ، والإجراءات الفنية والإحصائية لتأسيس تدقيق الطاقة كسياق حالي للاستخدام الرشيد للطاقة مع زيادة التعريفات ، يلعب استهلاك الطاقة دوراً مهماً بشكل متزايد في تكاليف الإنتاج ، لا سيما في الصناعة ، وبحق في الكهرباء أكثر من الغاز الطبيعي ، مما يمثل معدل دوران إجمالي وقيمة مضافة ، إذا كان في الماضي ، الجوانب المتعلقة بالعملية بالنسبة لخط الإنتاج ، فقد وضعنا في الخلفية بعض الانشغالات التي تميل إلى القضاء على العوامل الملوثة ، وخفض التكاليف بشكل عام في بيئة تنافسية تتميز بقدرة تنافسية قوية للغاية يصبح تحليل الاستهلاك أمراً حيوياً من أجل اكتشاف التحسينات المحتملة والوفرات الناتجة مع التوسع في التحسين المستمر لتوافر وقدرة التركيبات ، كما تستهدف تقنيات الإدارة الأداء من حيث التنظيم تحديد ودائع الإنتاجية والبحث عن المزيد التكاليف (القياسات ، القياس ، التحليل) هي الكلمات الرئيسية التي تتخلل دراسة الطاقة. يمكننا أيضاً أن نأخذ في الاعتبار الطاقات المتجددة كحلول اقتصادية في هذا المجال

Résumé

Ce mémoire une étude générale sur les solutions économiques de la transition énergétique vers les énergies renouvelables, et les procédures techniques et statistiques pour établir un audit énergétique comme contexte actuel de l'utilisation rationnelle de L'énergie.

Avec l'augmentation des tarifs les consommations énergétiques interviennent de plus en plus de façon significative dans les couts de production surtout en industrie a juste titre en électricité qu'en gaz naturel représentant globalement du chiffre d'affaire et de la valeur ajouté, si par le passé les aspects liés a la marche de la ligne de production ,on relégué quelque peu au second plan les préoccupé rations tendant à l'élimination des facteurs polluant, et aux réductions des couts en générale dans un environnement concurrentiel marqué par un très forte compétitivité.

L'analyse des consommations devient vitale en vue de déceler les améliorations potentielles et les économies qui en découlent tout en étalant a l'amélioration continue de la disponibilité et de la capacité des installations les techniques de gestions visent également la performance en matière d'organisation d'identification des gisements de productivité et la chasse aux surcouts (Mesures, Comptage, Analyse) sont les maitres mots ponctuant une étude énergétique, On peut aussi prendre en compte les énergies renouvelables comme solutions économiques dans ce domaine.

Abstract

This thesis is a general study on the economic solutions of the energy transition to renewable energies, and the technical and statistical procedures to establish an energy audit as the current context of the rational use of energy.

With the increase of the tariffs the energy consumptions intervene more and more in a significant way in the costs of production especially in industry has rightly in electricity that in natural gas representing globally of the turnover and the added value, if in the past the aspects related to the march of the line of production, one relegated to the second plan the preoccupations to eliminate the polluting factors, and to the reductions of the costs in general in a competitive environment marked by a very strong competitiveness.

The analysis of the consumptions becomes vital in order to detect the potential improvements and the savings which result from it while spreading has the continuous improvement of the availability and the capacity of the installations the techniques of managements also aim the performance as regards organization of identification of the deposits of productivity and the hunting to the over costs (Measurements, Counting, Analysis) are the master words punctuating an energetic study, One can also take into account renewable energies like economic solutions in this field.