



République Algérienne Démocratiques Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure de la Recherche Scientifique



Université Ammar Thelidji- Laghouat

Faculté de Technologique
Département Électrotechnique

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par : RIGHI Maria

DOMAINE : Sciences et Technologie

FILIERE: Electrotechnique

OPTION: Energie renouvelable

Thème

Etude technico-économique d'un site
industriel

Jury de soutenance:

Nom et Prénom	Grade	Qualité
BESSEDIK Sid Ahmed	Pr	Président
DJEKIDEL Rabeh	Pr	Examineur
KOUIDRI Mohammed ALI	MCA	Encadrant

Promotion : Juin 2024



Remerciements

*Au nom de Dieu le clément le Miséricordieux.
Je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force et le
courage de faire cet humble travail et d'être entouré de
tant de personnes qui m'ont aidé dans mon parcours
universitaire.*

*Je tiens tout particulièrement à remercier
Monsieur **KOUIDRI Mohammed Ali** pour avoir supervisé
ce travail avec tant de compétence et d'enthousiasme, et
pour sa disponibilité en cas de besoin.*

*Je remercie également Mme **BOUCHIBA Oum El Kheir** qui
m'a apporté une aide précieuse. Je lui exprime ma
gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour la
compréhension et les encouragements qu'elle m'a apportés.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements
particuliers à Messieurs **BOUGRINE Mohamed** et
BENGHOUMI Taher qui m'ont apporté leur soutien et
leurs encouragements durant la réalisation de ce travail.*

*Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes de près ou de
loin pour leur aide et leurs encouragements.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma mère et mon père symboles d'affection et d'amour, qui ont sacrifié tout leur temps pour mon bonheur et ma réussite qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mon frère Mohamed Taher et messieurs Assia, Afrah, Yasmîna, qu'ils trouvent ici l'expression de mon affection. Tous mes vœux de réussite et de bonheur.

A mes tantes Salîha, Imene et mes cousines Ibtissam, Cherîfa qui m'ont aidés et supportés dans les moments difficiles

A tous mes amis sans exception surtout : Samah, Balkis, Fella, Safa, Zineb, Mounir, Tahar.

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

María

ملخص

تعد هاته التقرير 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 دورًا مهمًا 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 بصحح تحليل الاستهلاك أمرًا حيويًا 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 أيضًا أن نأخذ في الاعتبار الطاقات المتجددة كحلول اقتصادية في هذا المجال

Résumé

Ce mémoire est 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 à 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 à la marche de la ligne de production ont relégué quelque peu au second plan les préoccupés rations tendant à l'élimination des facteurs polluants , et aux réductions des couts en générale dans un environnement concurrentiel marqué par une 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 à 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 presents a comprehensive study of the economic solutions for transitioning to renewable energy, as well as the technical and statistical procedures for conducting an energy audit within the current context of energy efficiency. With the rise in energy tariffs, energy consumption has become increasingly significant in production costs, particularly in industries where electricity, rather than natural gas, accounts for a substantial portion of turnover and added value. Historically, concerns about production line efficiency have somewhat overshadowed efforts to eliminate pollutants and reduce costs in a competitive environment characterized by strong competitiveness. Analyzing energy consumption is crucial for identifying potential improvements and resulting cost savings, while also emphasizing the continuous improvement of installation availability and capacity. Management techniques also aim to improve performance by identifying productivity gains and reducing excess costs (through measurement, counting, and analysis), which are key elements in an energy study. Renewable energies can also be considered as viable economic solutions in this field.

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I: Maitrise d'énergie électrique

I.1. Introduction.....	3
I.2. Maitrise de l'énergie électrique	3
I.2.1.Maitrise de l'énergie en Algérie.....	4
I.2.1.1. Politique Algérienne en Maitrise d'Energie	4
I.2.1.2 Loi de la Maîtrise d'Énergie en Algérie :	5
I.3- Grandes actions de la maitrise de l'énergie :	5
I.4- Production d'énergieélectrique	6
I.5. Modèle National de Consommation de l'énergie	7
I.6- Energies renouvelables.....	8
I.6.1. Energie solaire.....	8
I.6.1.1. Les différents types d'énergie solaire	8
I.6.2. Energie éolienne	10
I.6.3. Energie hydraulique.....	11
I.6.4. La biomasse	12
I.6.5. La géothermie	13
I.6.6. Les énergies marines	13
I.7. Conclusion.....	15

Chapitre II: Système photovoltaïque

II.1. Introduction.....	16
II.2. Cellule photovoltaïque (PV).....	16
II.3. L'effet photovoltaïque	17
II.4. Principe de fonctionnement	18
II.5 Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque :	18
II.6. Comportement d'un générateur photovoltaïque (PV).....	19
II.6.1. Influence de l'éclairement sur les courbes I(V) et P(V).....	19
II.6.2. Influence de la température sur les courbes I(V) et P(V).....	20
II.7. Type des systèmes PV.....	21
II.7.1. Les systèmes autonomes	22
II.7.2. Les systèmes PV hybrides	22
II.7.3. Les systèmes raccordés au réseaux	23

I.7.3.1. Systèmes PV raccordés au réseau avec autoconsommation.....	24
I.7.3.2. Systèmes PV raccordés au réseau avec injection totale	24
I.7.3.3. Applications.....	25
II.8. Conclusion	26

Chapitre III: Etude technico-économique du site

III.1. Introduction.....	27
III.2. Qualité d'énergie électrique.....	27
III.2.1. Evaluation de la qualité d'énergie.....	27
III.3. les harmoniques.....	28
III.4. Distorsion harmonique	28
III.5. Chutes et coupures de tension du réseau	30
III.6. Compactage	31
III.7. Bilans de puissance annuelle base 1000 studiossonatrach DP.....	31
III.7.1. Analyse de l'énergie Active en kwh 2022/2023 :.....	32
III.7.2. Analyse de l'énergie réactive en Kvarh2022/2023 :.....	33
III.7.3. Analyses des énergies consommée poi /2023 :.....	33
III.7.4. Analyses des énergies consommées hors pointes en 2022/2023 :.....	34
III.7.5. Structure de la consommation par postes horaires :.....	35
III.7.6. Analyse de la tangente ϕ 2022/2023 :	35
III.7.7. Analyse de la PMA 2022/2023:.....	36
III.7.8. Facture base 1000 studios sonatrach DP MT en (DA) 2022/2023. Lignes 30KV :.....	37
III.8. Tarification.....	37
III.8.1 Tarifs de l'électricité applicables aux clients :.....	37
III.8.2. Les parametes de facturation	37
III.8.3 prix de la puissance :.....	40
III.9. Optimiser l'utilisation de l'énergie électrique :	42
III.9.1. L'énergie active :	42
III.9.2. L'énergie réactive :	43
III.9.3. Le Facteur De Puissance :.....	43
III.9.4. Compensation de puissance réactive :	44
III.9.5. Les modes de compensation :	45
III.9.6. Choix du type de compensation :.....	46
III.10. Etude de cas :	47
III.10.1. Choix du tarif simulation :	47
III.10.3. Analyse de la PMA :.....	51

III.10.4. Amélioration du facteur de puissance :	52
III.10.5. Généralisé des gains :	54
III.11. Conclusion :	55

Chapitre IV:Etude et dimensionnement d'un système PV connecté au réseau

IV.1. Introduction :	56
IV. 2.Présentation de logiciel PV sys	56
IV.3. Etude de cas	56
IV.3.1. Présentation du site	57
IV.3.2. Les conditions météorologiques à Laghouat :	57
IV.3.3. Profil de la charge	59
IV.4. Les étapes de dimensionnement (autonome) :	60
IV.4.1. Connaitre le site d'installation et ses caractéristiques :	60
IV.4.2. Irradiation :	60
IV.4.3. L'orientation et l'inclinaison des panneaux :	61
IV.4.4. puissance maximal attiente :	61
IV.4.5. Définition du système	62
IV.4.5.1. Dimensionnement du stockage	61
IV.4.5.2. Dimensionnement du générateur PV	62
IV.4.6. Résultat de la simulation	65
IV.4.6.1. Diagramme des pertes sur l'année entière	65
IV.4.6.3. Les productions normalisées	66
IV.4.6.4. Indice de performance et fraction solaire	67
IV.4.6.5. Bilans et résultats	68
IV.5. Les résultats et dimensionnement	68
IV.5.1. Dimensionnement du générateur PV	68
IV.5.2. Suite à la simulation dans le PV système	70
IV.5.2.1. Energie incidente et référence sur le plan des panneaux	70
IV.5.2.2. Energie journalière à la sortie du système	71
IV.5.3. La section des câbles	72
IV.5.4. La mise à la terre	72
IV.5.5. Les éléments de protection électrique :	72
IV.5.6. La visite de l'endroit du champ est obligatoire pour	72
IV.5.7. La structure :	72
IV.6. Etude économique	73
IV.6.1. Le coûts de l'installation PV	73

IV.6.1.1. L'investissement initial de l'installation solaire PV.....	73
IV.6.1.2. La maintenance de l'installation solaire PV	74
IV.7. Traitement d'un exemple :.....	74
IV.7.1. Les données obtenues de la simulation de PV Sys	74
IV.7.2. La section des câbles	74
IV.7.3. Les éléments de protection électrique :	74
IV.7.4. Devis quantitatif & estimatif :	75
IV.7.5. Coût de maintenance.....	75
IV.7.6. La durée du projet.....	76
IV.7.8. La remise du projet.....	76
IV.8. La rentabilité.....	76
IV.8.1. Temps de retour simple :	76
IV.8.2. La méthode de la comparaison du coût de l'énergie :	77
IV.9. conclusion :.....	78
Conclusion générale	79

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Chapitre. I

<i>Figure. I.1 : Exemple d'une centrale électrique</i>	07
<i>Figure I.2 : panneaux solaire thermique</i>	09
<i>Figure I.3: panneaux solaire photovoltaïque</i>	09
<i>Figure I.4 : panneaux solaire thermodynamique</i>	10
<i>Figure I.5: Eolienne horizontale</i>	11
<i>Figure I.6: Eolienne vertical</i>	11
<i>Figure I.7: barrage hydraulique</i>	11
<i>Figure I.8 : énergie biomasse</i>	12
<i>Figure I.9: Carte de gradient géothermique du Sud algérien</i>	13
<i>Fig. I.10 : Energies marines renouvelables</i>	14
<i>Fig. I.11 : Energies marines renouvelables</i>	14
<i>Figure I.12 : Structures opérant dans le domaine des énergies renouvelables</i>	14

Chapitre. II

<i>Figure II .1 : Une cellule photovoltaïque</i>	17
<i>Figure II.2 : Schéma d'une cellule solaire.</i>	18
<i>Figure II.3 : Caractéristique $I = f(V)$ d'une cellule photovoltaïque</i>	19
<i>Figure II.4 : Résultats de simulation des caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ d'un module PV en fonction de</i>	20
<i>Figure II.5 : Résultats de simulation des caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ d'un module PV en fonction de différentes températures à $S=1000\text{W/m}^2$.</i>	21
<i>Figure II.6: Système PV autonome avec batterie</i>	22
<i>Figure II.7: Système PV hybride</i>	23
<i>Figure II.8 : Structure d'un système PV connecté au réseau.</i>	23
<i>Figure II.9: système photovoltaïque avec autoconsommation sans stockage. [12]</i>	24
<i>Figure II.10: système photovoltaïque à injection totale sans stockage. [12]</i>	25
<i>Figure II.11 : Exemples de centrales PV. [12]</i>	25

Chapitre. III

<i>Figure III.1 : Evolution de la consommation d'énergie Active 2022/ 2023.</i>	32
<i>Figure III.2 : Évaluation de la consommation d'énergie réactive 2022/2023.</i>	33
<i>Figure III.3 : Evolution du poste heures pointes 2022/2023</i>	33
<i>Figure III.4 : Evolution du poste heures hors pointes 2022/2023</i>	34
<i>Figure III.5 : La consommation annuelle en 2022/2023.</i>	35
<i>Figure III.6: Evolution de la tangente ϕ 2022/2023</i>	35
<i>Figure III.7 : Evolution de PMA année 2022/2023.</i>	36
<i>Figure III.8. Evolution du montant durant les deux années 2021.</i>	37

<i>Figure III.9. Tarifs de l'énergie active et réactive facturée par KWh</i>	39
<i>Figure III.10. Schéma illustration de l'énergie active.</i>	42
<i>Figure III.11. Schéma du facteur de puissance.</i>	44
<i>Figure III.12.Schéma d'illustration la compensation globale.</i>	45
<i>Figure III.13. Schéma d'illustration la compensation par secteur.</i>	46
<i>Figure III.14. Schéma d'illustration la compensation locale.</i>	46
<i>Figure III.15. Evolution du montant dans chaque type de tarif.</i>	49
<i>Figure III.16. Evolution du montant dans chaque type de tarif.</i>	51
<i>Figure III.17. Schéma de principe de la compensation.</i>	52

Chapitre IV

<i>Figure.IV.1 : Localisation de la base de vie 1000 studios Sonatrach.</i>	57
<i>Figure IV.2 : La température moyenne quotidienne maximale a Laghouat.</i>	58
<i>Figure .IV.3: L'orientation du soleil obtenue à partir du logiciel PVsyst.</i>	59
<i>Figure .IV.4: Besoin d'énergie spécifié (charge utilisateur) obtenue à partir du logiciel PVsyst.</i>	60
<i>Figure IV. 5 : Irradiation globale horizontale Algérie.</i>	61
<i>Figure IV. 6: caractéristiques de la batterie</i>	62
<i>Figure IV. 7: Dimensionnement du stockage</i>	62
<i>Figure IV. 8 : Détermination du champ PV</i>	63
<i>Figure IV. 9: choix des modules PV</i>	63
<i>Figure IV. 10: Courbe I/V, Courbe P/V obtenue à partir du logiciel PVsyst.</i>	64
<i>Figure IV. 11 : Caractéristique de régulateur</i>	64
<i>Figure IV.12 Schéma simplifié d'un système isolé obtenue à partir du logiciel PVsyst.</i>	65
<i>Figure IV.13 : Diagramme des pertes sur l'année entière.</i>	66
<i>Figure IV.14 : Diagramme de l'irradiation incidente</i>	66
<i>Figure IV.15 : Énergie utile produite par la station PV (à la sortie de batterie).</i>	67
<i>Figure IV.16 : Diagramme des indices(PR) et factions solaire(SF)</i>	67
<i>Figure IV.17 : Choix du champ PV</i>	68
<i>Figure IV.18: Choix des panneaux</i>	69
<i>Figure IV.19 : Choix de l'onduleur.</i>	70
<i>Figure IV.20 Schéma simplifié d'un système connecté au réseau obtenu à partir du logiciel PVsyst.</i>	70
<i>Figure IV.21 : Énergie incidente de référence sur dans le plan capteurs</i>	71
<i>Figure IV.22 : Énergie journalière a la sortie du champ</i>	71
<i>Figure IV. 23 La structure est en aluminium ou en alliage d'aluminium.</i>	73

Liste de tableaux

Chapitre. III

<i>Tableau.III.1. Bilan de puissance de la station 2022</i>	31
<i>Tableau.III.2. Bilan de puissance de la station 2023.</i>	32
<i>Tableau III.3. Prix de la puissance et de la redevance.</i>	40
<i>Tableau.III.4. Energie active total en 2022/2023.</i>	47
<i>Tableau.III.5. Energie consommée dans chaque type heureau.</i>	48
<i>Tableau.III.6. les prix mensuel dans chaque type de tarif da l'année 2022.</i>	48
<i>Tableau.III.7. tableau de gain l'année 2022.</i>	49
<i>Tableau.III.8. les prix mensuel dans chaque type de tarif da l'année 2023</i>	50
<i>Tableau.III.9. tableau de gain l'année 2023.</i>	50
<i>Tableau.III.10. Tableau de gain de la PMD pour la base 1000 studio sonatrach DP</i>	52
<i>Tableau.III.11. les énergies totale et le tangent pour les deux années 2022 /2023.</i>	54
<i>Tableau.III.12. Tableau de gain de la compensation pour la base 1000 studio sonatrach DP.</i>	54
<i>Tableau.III.13. Tableau de gain Totale pour la base 1000 studios sonatrach DP pour les deux</i>	54

Chapitre IV

<i>Tableau.IV.1 : Tableau des valeurs horairesobtenues à partir du logicielPVsyst.</i>	59
<i>Tableau.IV.2 Résultat de dimensionnement (stockage)</i>	63
<i>Tableau.IV.3 Choix des modules PV</i>	64
<i>Tableau.IV.4 : Des principales variables et de leurs résultats.</i>	68
<i>Tableau IV.5 : devis quantitatif et estimatif</i>	75
<i>Tableau VI.6 : Méthode : Comparaison du coût.</i>	77

Nomenclature - Symbole - Acronymes

Mtep : Million de tonnes équivalent pétrole

PV : Photovoltaïque

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

CSP : Énergie solaire concentrée

EnR : Énergiesrenouvelables

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

Introduction générale

Dans sa politique énergétique, l'Algérie a opté, dès son indépendance, pour le développement des infrastructures électriques et gazières, et l'accès de la population à l'électricité et au gaz naturel ; ces deux vecteurs constituant une priorité qui vise l'amélioration de la qualité de vie du citoyen d'une part, et de la situation économique du pays, d'autre part.

Conscient de cet enjeu, le secteur s'est fixé comme priorité de développer tous les axes permettant de garantir la couverture à long terme, des besoins en électricité et en gaz du pays, notamment par la diversification des sources d'énergie, le développement du parc de production électrique et des infrastructures de transport et de distribution de l'électricité et du gaz.

Ces dernières années, la demande en électricité a connu une évolution importante et particulièrement en période estivale, atteignant des pics de consommation importants. Cette forte augmentation de la demande est une conséquence directe du changement des habitudes du consommateur et l'amélioration de sa qualité de vie, ainsi que la pulsion donnée au secteur économique et industriel.

La maîtrise de l'énergie électrique fait référence à la gestion efficace de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'électricité. Cela englobe un large éventail de techniques, de politiques et de technologies visant à optimiser l'efficacité énergétique, à minimiser les pertes d'énergie et à promouvoir l'utilisation durable des ressources électriques. La maîtrise de l'énergie électrique vise à créer un système énergétique plus durable, résilient et respectueux de l'environnement.

Le coût 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 maîtriser cette tendance par la réduction des coûts, 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 maîtrise de l'énergie.

Cette maîtrise 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.

Cette étude énergétique a permis d'apercevoir un potentiel d'économie d'énergie au niveau du base 1000 studios sonatrach DP 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 désinstallations 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.

- Afin d'optimiser la gestion d'une installation PV, il est nécessaire de pouvoir comparer les mesures de diverses installations entre elles, pour différentes technologies de modules et conceptions de systèmes. Dans notre étude, nous présentons les résultats de dimensionnement de systèmes PV à simple jonction en utilisant le logiciel PVSYST développé par l'Université de Genève.

Nous présentons également une interprétation de nos résultats par une évaluation de la puissance (énergie) photovoltaïque produite et injectée dans le réseau en utilisant la technologie de modules PV (Monocristallin).

Chapitre I
Maitrise d'énergie
électrique

I.1- Introduction :

A l'évidence la maîtrise d'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, 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 électrique :

La maîtrise de l'énergie électrique est un concept essentiel dans la gestion durable des ressources énergétiques et dans la réduction de la consommation d'énergie. Cela implique l'adoption de pratiques, de technologies et de politiques visant à optimiser l'utilisation de l'électricité tout en minimisant les pertes et en réduisant la demande non nécessaire.

Voici quelques aspects clés de la maîtrise de l'énergie électrique :

➤ **Efficacité énergétique** : Il s'agit de l'utilisation efficace de l'énergie électrique pour obtenir un résultat souhaité. Cela peut inclure l'utilisation d'appareils électroménagers et d'équipements économes en énergie, l'isolation des bâtiments pour réduire les pertes de chaleur ou de froid, l'adoption de pratiques de production industrielle plus efficaces.

➤ **Gestion de la demande** : La gestion de la demande consiste à ajuster la demande d'électricité en fonction des fluctuations de l'offre et des conditions du réseau. Cela peut être réalisé par le biais de tarifs d'électricité variables, de programmes incitatifs pour réduire la consommation pendant les périodes de pointe, ou encore par l'utilisation de technologies de stockage d'énergie.

➤ **Utilisation de sources d'énergie renouvelable** : Les sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire, éolienne et hydraulique contribuent à réduire la dépendance aux combustibles fossiles et à réduire les émissions de gaz à effet de serre associées à la production d'électricité.

➤ **Technologies intelligentes et automatisation**: Les avancées technologiques telles que les compteurs intelligents, les systèmes de gestion de l'énergie et l'Internet des objets permettent de surveiller et de contrôler plus efficacement la consommation d'électricité, ainsi que de mieux intégrer les sources d'énergie renouvelable dans le réseau électrique.

➤ **Éducation et sensibilisation**: Informer et sensibiliser les individus, les entreprises et les gouvernements sur l'importance de la maîtrise de l'énergie électrique et sur les moyens de réduire leur empreinte énergétique est également crucial pour promouvoir des comportements et des politiques plus durables. [2]

I.2.1 -Maîtrise de l'énergie en Algérie

I.2.1.1 Politique Algérienne en Matière d'Énergie :

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 classe 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%. [1]

1.2.1.2 Loi de la Maîtrise d'Energie en Algérie :

Les études montrent qu'à l'horizon 2020 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 d'énergie ; loi n° 99-09 du 15 RabieaEthani 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.

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. [1]

I.3- 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). [1]

I.4- Production d'énergie électrique

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative s'accroît avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne. L'augmentation de sa production est synonyme d'amélioration de la qualité de vie et de création de richesse. La production d'électricité, ramenée au nombre d'habitants, est donc un bon indicateur permettant de mesurer les écarts de développement entre les différentes régions du monde.

La production de l'électricité constitue entre 35 et 50% du coût total de l'électricité fournie aux consommateurs, elle fait appel à différents types de principes. Le principe de conversion où la centrale de production de l'électricité convertit une source d'énergie primaire en énergie électrique. La source d'énergie primaire est un élément déterminant qui permet de distinguer entre les différentes centrales de production. Ces principes varient aussi selon leurs structures de coût, leurs économies d'échelle et leurs capacités à réaliser leurs fonctions. Il est à noter que l'énergie électrique n'est pas stockable. Nous distinguons les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les centrales hydrauliques, les centrales éoliennes et les centrales solaires. [3]

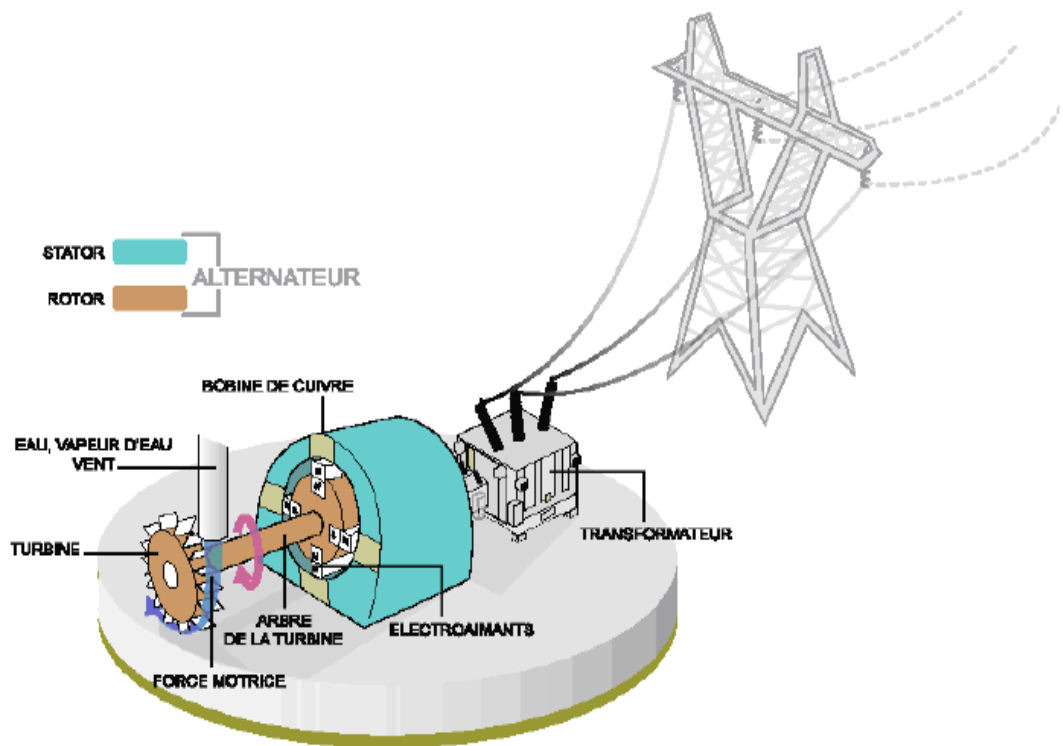


Figure. I.1 : Exemple d'une centrale électrique [4]

I.5 Modèle National de Consommation de l'énergie :

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences, l'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable.

Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures, notamment le gaz naturel, énergie la plus disponible. Il n'est donc fait appel aux autres formes d'énergie que lorsque le gaz ne peut pas être utilisé.

A long terme, la reconduction du modèle national de consommation énergétique actuel peut rendre problématique l'équilibre offre-demande pour cette source d'énergie.

L'intégration massive du renouvelable dans le mix énergétique constitue, en ce sens, un

enjeu majeur en vue de préserver les ressources fossiles, de diversifier les filières de production de l'électricité et de contribuer au développement durable.

Toutes ces considérations justifient la forte intégration, dès aujourd'hui, des énergies renouvelables dans la stratégie d'offre énergétique à long terme, tout en accordant un rôle important aux économies d'énergie et à l'efficacité énergétique. Ce dernier volet permet, à travers une bonne maîtrise du rythme de croissance de la demande, une meilleure planification des investissements nécessaires à la satisfaction des besoins énergétiques. [2]

I.6- Energies renouvelables

Une énergie renouvelable 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, la Terre (l'énergie géothermique) et l'eau. Les énergies renouvelables se classent en six catégories différentes :

1.6.1. Énergie solaire :

Parmi les différentes énergies renouvelables, on retrouve en tête, l'énergie solaire. Le soleil est notre principale source d'énergie renouvelable. Captée par des panneaux photovoltaïques et des centrales solaires thermiques, l'énergie solaire permet de produire de l'électricité. Il s'agit de la technologie active. Il existe aussi la technologie passive qui consiste à orienter les bâtiments selon la position du soleil afin de profiter pleinement de ses rayons grâce notamment à des matériaux spécifiques placés dans les murs et les fenêtres. [5]

1.6.1.1 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... [1]

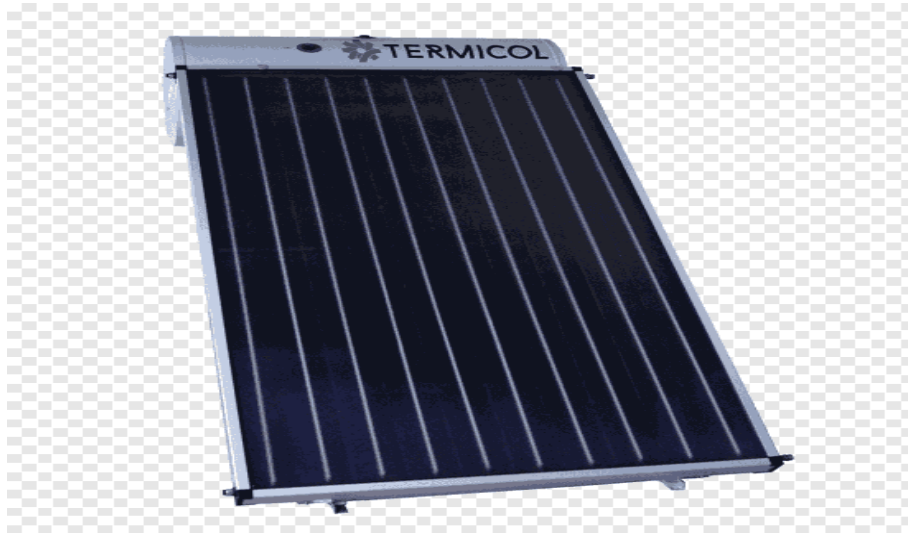


Figure I.2 : panneaux solaire thermique [1]

➤ *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. [1]



Figure I.3: panneaux solaire photovoltaïque [1]

➤ *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. [1]



Figure I.4 : panneaux solaire thermodynamique [1]

➤ *Perspective de l'Energiesolaire 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. [1]

1.6.2. Énergie éolienne

L'énergie éolienne prend sa force du vent. Les éoliennes sont placées à des endroits stratégiques où le vent est constant et atteint des vitesses importantes. Ainsi, le vent est accumulé et converti en énergie électrique grâce à des générateurs électriques. L'énergie éolienne ne se limite pas à l'électricité puisqu'elle permet de produire de l'énergie dite

mécanique, c'est-à-dire qu'elle sert à pomper de l'eau et faire marcher certaines installations comme les voiliers ou les moulins à meule par exemple. [5]



Figure I.5: Eolienne horizontale [1]



Figure I.6: Eolienne vertical [1]

➤ *Perspective d'Énergie 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. [1]

1.6.3. Énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est également considérée comme une énergie renouvelable puisqu'elle utilise l'eau, ressource renouvelable grâce aux phénomènes naturels d'évaporation et de précipitations. Les barrages et les centrales hydroélectriques canalisent la force de l'eau pour la transformer en électricité. Aujourd'hui, l'énergie hydraulique représente 19 % de la production totale d'électricité dans le monde. [5]



Figure I.7: barrage hydraulique [1]

➤ *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 y a 48 barrages en exploitations. [1]

I.6.4. La biomasse

La biomasse est la toute première énergie renouvelable exploitée par l'Homme depuis la découverte du feu. Le principe de la biomasse est d'utiliser l'énergie solaire contenue dans les végétaux et les déchets organiques, et de créer de l'électricité grâce à la combustion de ces éléments. Un autre procédé, la biomasse par méthanisation, permet de convertir cette énergie en biogaz ou en biocarburant, grâce à la fermentation. [5]



Figure I.8 : énergie biomasse [1]

➤ *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. [1]

I.6.5. La géothermie

Dans la liste des énergies renouvelables, on retrouve l'énergie géothermique. Cette énergie provient de la terre elle-même. Le magma présent au centre de la terre, réchauffe naturellement la croûte terrestre. Le but de la géothermie est d'extraire cette chaleur stockée dans des réservoirs souterrains et de la transformer en électricité et en chauffage. Les pompes à chaleur utilisent ce procédé de chaleur naturelle, à petite échelle pour chauffer ou refroidir un espace donné. [5]

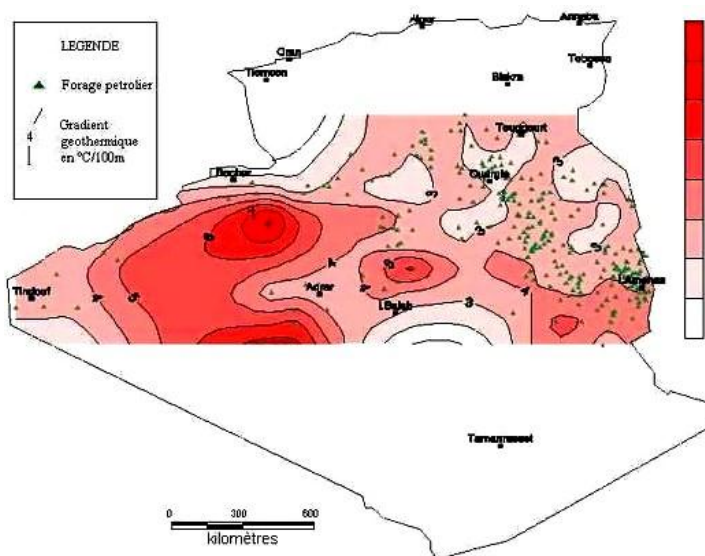


Figure I.9: Carte de gradient géothermique du Sud algérien [1]

➤ *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 AinBoucif et SidiAissa (Sétif) ; Zone de Guelma (Djebel El Onk). [1]

I.6.6. Les énergies marines

Les mers et les océans couvrent 70 % de la planète et pourtant les énergies marines sont très peu exploitées. Il existe différentes énergies marines :

- L'énergie thermique consiste à exploiter les variations de températures présentes à différentes profondeurs.

- L'énergie des courants marins se concentre sur la force des courants grâce à des hydroliennes avec un système de pâles comme les éoliennes.
- Les marées, en descendant ou en montant, créent de l'énergie par l'intervention de turbines et de générateurs électriques. [5]



Fig. I.10, Fig. I.11 : Energies marines renouvelables [source Google]

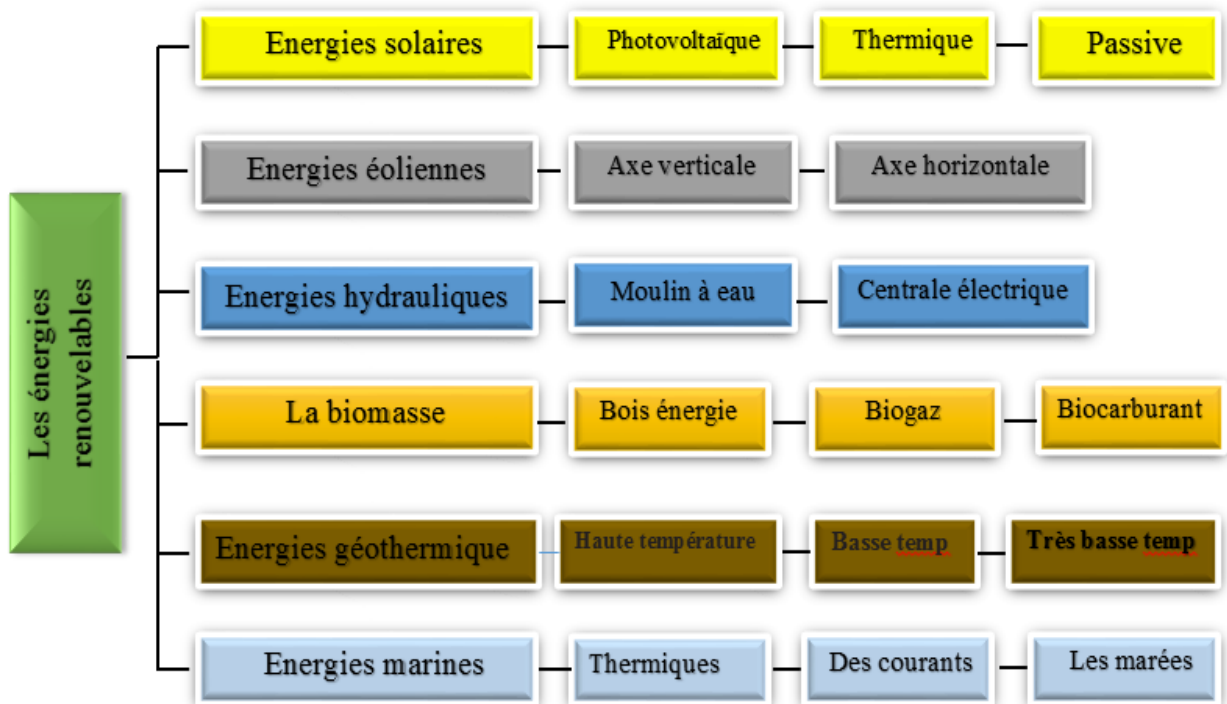


Figure I.12 : Structures opérant dans le domaine des énergies renouvelables [4]

I.7 Conclusion :

L'énergie électrique renouvelable et la maîtrise de l'énergie électrique sont deux domaines essentiels pour assurer un avenir énergétique durable.

L'avenir de l'énergie électrique repose sur une transition vers un système énergétique plus propre, plus flexible et plus résilient, avec une utilisation croissante des énergies renouvelables

Les investissements dans la recherche et le développement de nouvelles technologies, ainsi que dans l'infrastructure énergétique, sont essentiels pour accélérer cette transition et relever les défis liés à l'intermittence des sources renouvelables et à la gestion de la demande.

Les politiques gouvernementales, les collaborations internationales et l'engagement du secteur privé seront également déterminants pour atteindre les objectifs de durabilité énergétique à long terme.

En combinant les énergies renouvelables avec une meilleure maîtrise de l'énergie électrique, nous pouvons créer un système énergétique plus propre, plus efficace et plus résilient pour les générations futures.

Chapitre II
Systeme photovoltaïque

II.1 Introduction :

Les modules ou panneaux photovoltaïques sont composés de semi-conducteurs qui permettent de transformer directement la lumière du soleil en électricité.

Ces modules s'avèrent une source d'énergie électrique qui est sûre, fiable, sans entretien et non polluante. La majorité des modules solaires sur le marché aujourd'hui sont pourvus de garanties de plus de 20 ans, et ils fonctionneront bien au-delà de cette période.

Des millions de systèmes ont été installés dans le monde entier, de puissances différentes allant d'une fraction d'un watt à plusieurs mégawatts. Pour de nombreuses applications, les systèmes solaires électriques sont non seulement rentables, mais ils peuvent aussi représenter l'option la moins coûteuse. [6]

Dans ce chapitre, on commencera par rappeler brièvement la généralité sur les générateurs photovoltaïques. On présente le principe de l'effet photovoltaïque, la cellule PV et ses paramètres. Ensuite, on fait un rappel sur les générateurs PV et leurs performances.

II.2 Cellule Photovoltaïque (PV):

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 : séléniure de cuivre et séléniure d'indium ($\text{CuIn}(\text{Se})_2$ ou $\text{CuInGa}(\text{Se})_2$), tellurure 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. [7]

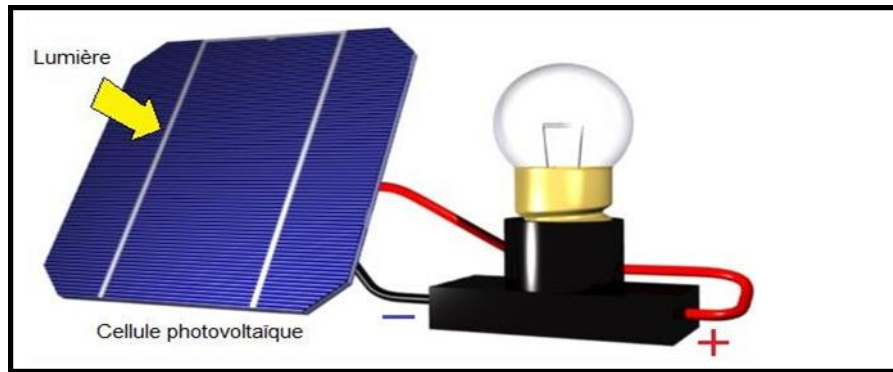


Figure II .1 :Une cellule photovoltaïque [1]

II.3 L'effet photovoltaïque:

L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien français Becquerel. Un panneau solaire fonctionne par l'effet photovoltaïque c'est-à-dire par la création d'une force électromotrice liée à l'absorption d'énergie lumineuse dans un solide. C'est le seul moyen connu actuellement pour convertir directement la lumière en électricité.

La cellule photovoltaïque constitue l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques. Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V.

Une cellule photovoltaïque est un capteur constitué d'un matériau semi-conducteur absorbant l'énergie lumineuse et la transformant directement en courant électrique. Le principe de fonctionnement de cette cellule fait appel aux propriétés d'absorption du rayonnement lumineux par des matériaux semi-conducteurs. Ainsi, le choix des matériaux utilisés pour concevoir des cellules PV se fait en fonction des propriétés physiques de certains de leurs électrons susceptibles d'être libérés de leurs atomes lorsqu'ils sont excités par des photons provenant du spectre solaire et possédant une certaine quantité d'énergie selon leurs longueurs d'onde. Une fois libérés, ces charges se déplacent dans le matériau formant globalement un courant électrique de nature continu (DC). La circulation de ce courant donne alors naissance à une force électromotrice (fem) aux bornes du semi-conducteur correspondant ainsi au phénomène physique appelé effet photovoltaïque. [8]

II.4. Principe de fonctionnement :

Les cellules solaires photovoltaïques sont fabriquées à partir d'une jonction PN au silicium (diode). Pour obtenir du silicium dopé N, on ajoute du phosphore. Ce type de dopage permet au matériau de libérer facilement des électrons (charge -).

Pour obtenir du silicium dopé P, on ajoute du bore. Dans ce cas, le matériau crée facilement des lacunes électroniques appelées trous (charge +).

La jonction PN est obtenue en dopant les deux faces d'une tranche de silicium. Sous l'action d'un rayonnement solaire, les atomes de la jonction libèrent des charges électriques de signes opposés qui s'accumulent de part et d'autre de la jonction pour former un générateur. [9]

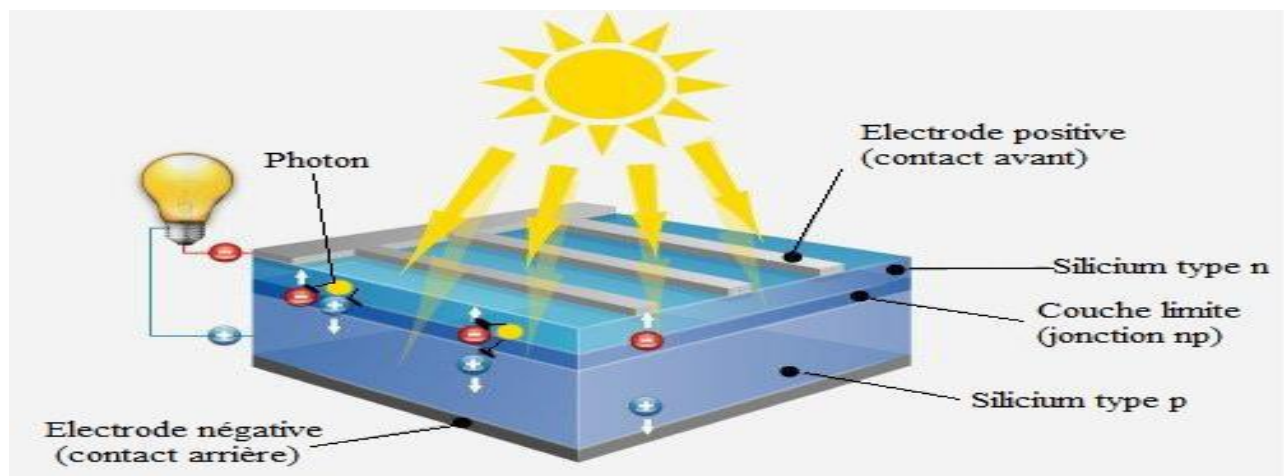


Figure II.2 : Schéma d'une cellule solaire. [6]

II.5 Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque :

Sous un éclairage 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}) [10].

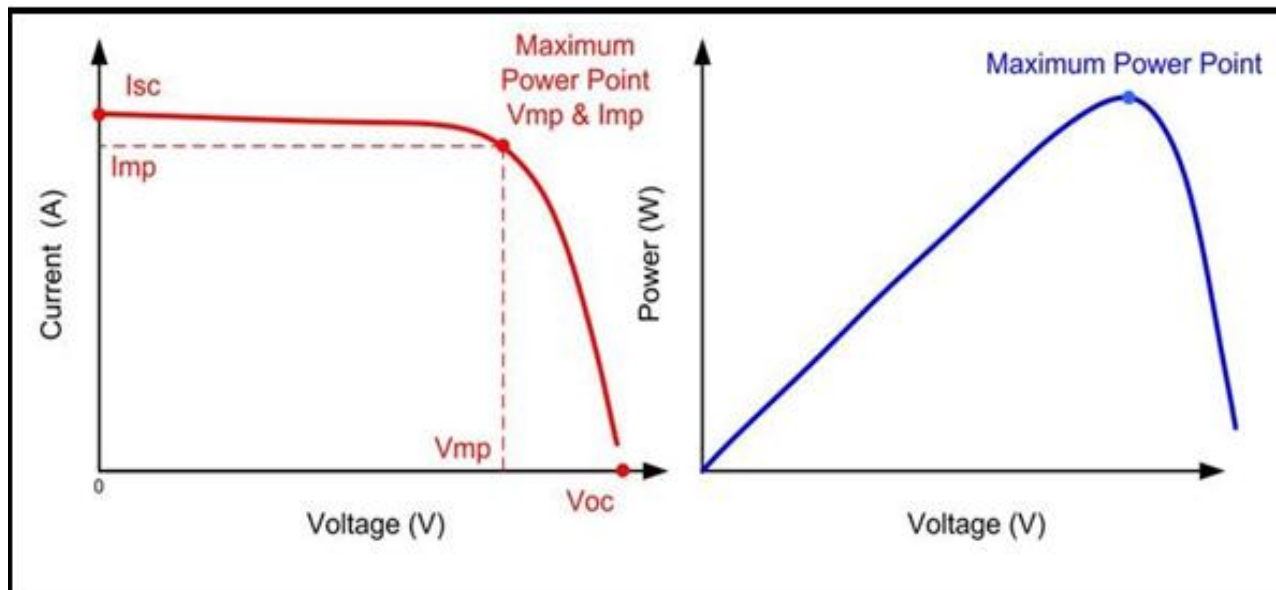


Figure II.3 : Caractéristique $I=f(V)$ d'une cellule photovoltaïque [1]

II.6 Comportement d'un générateur photovoltaïque (PV) :

De par sa constitution, un générateur PV aura un comportement plus ou moins optimisé et pourra ainsi produire plus ou moins de puissance comme nous avons pu le constater dans une première analyse faite au paragraphe précédent.

Dans la suite de l'étude, nous supposons que les connexions inter-cellules sont idéales et que chaque cellule est identique à l'ensemble dans son comportement, sa température et ses caractéristiques. L'objectif est ici de montrer l'influence d'un certain nombre de paramètres extérieurs sur le générateur PV. [8]

II.6.1 Influence de l'éclairement sur les courbes $I(V)$ et $P(V)$:

La puissance délivrée par un générateur PV dépend de l'irradiation qu'il reçoit comme le montre l'exemple des figures 4 et 5. En effet, pour un module donné, l'influence de l'éclairement représenté simplement par une source de courant proportionnelle à l'irradiation peut être faite en première approximation. Les graphes suivants représentent les caractéristiques $P(V)$ et $I(V)$ respectivement d'un module photovoltaïque pour une température constante ($T=25^{\circ}\text{C}$) et un ensoleillement variable. [8]

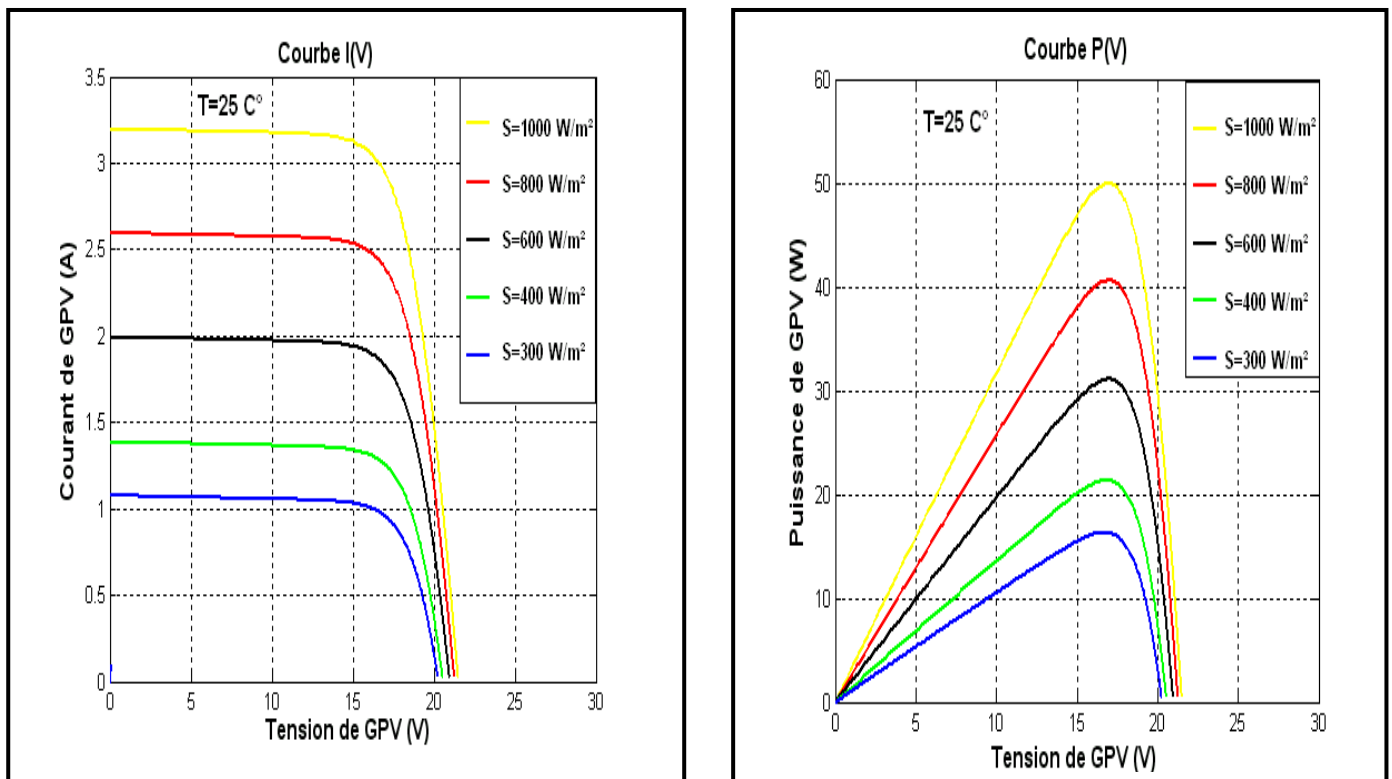


Figure II.4 : Résultats de simulation des caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ d'un module PV en fonction de différentes irradiances à $T=25^{\circ}\text{C}$. [8]

On peut aussi remarquer que le courant est directement proportionnel au rayonnement solaire. Par contre, la tension est relativement peu dégradée. On en déduit donc que le panneau peut fournir une tension correcte, même à faible éclairage.

II.6.2 Influence de la température sur les courbes $I(V)$, $P(V)$:

Les graphes représentent les caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ respectivement d'un module photovoltaïque pour un ensoleillement constant ($S=1000\text{W}/\text{m}^2$) et une température variable.[8]

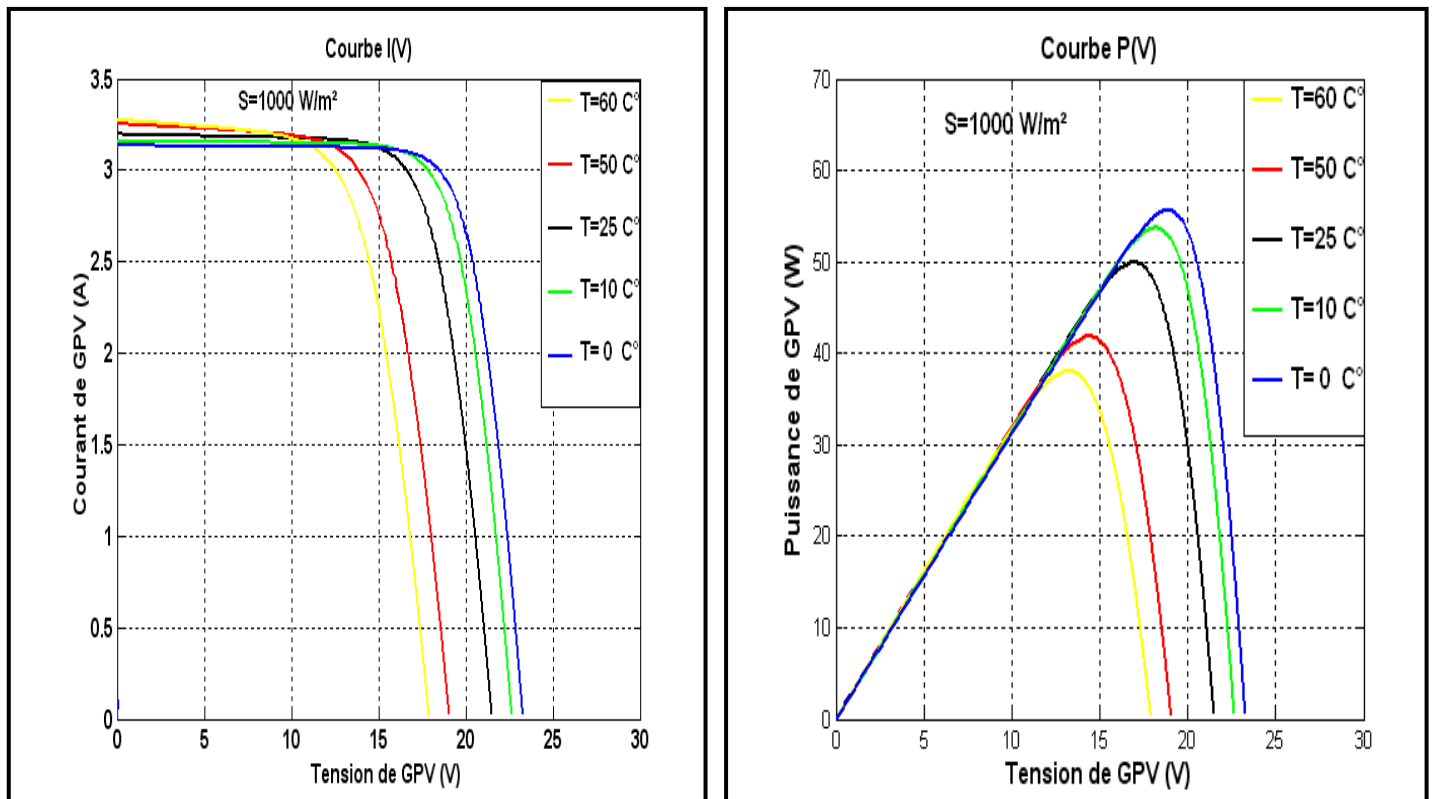


Figure II.5 : Résultats de simulation des caractéristiques $I(V)$ et $P(V)$ d'un module PV en fonction de différentes températures à $S=1000W/m^2$. [8]

On remarque que la température a une influence négligeable sur la valeur du courant de court-circuit. Par contre, la tension en circuit ouvert baisse assez fortement lorsque la température augmente, par conséquent la puissance extractible diminue. Lors du dimensionnement d'une installation, la variation de la température du site sera impérativement à prendre en compte car elle a une relation avec la température des cellules.

Il est important de savoir que la puissance du module diminue environ de 0,5% par chaque degré d'augmentation de la température de la cellule au-dessus de 25 °C. [8]

II.7 Type des systèmes PV :

Selon la manière dont l'énergie est utilisée, il existe trois différents types de systèmes PV ; comme les systèmes autonomes, les systèmes hybrides et les systèmes raccordés au réseau.

II.7.1 *Les systèmes autonomes :*

Une installation PV autonome est une installation qui fonctionne indépendamment du réseau électrique ou toutes autres sources d'énergies. Cette installation est utilisée pour alimenter un ou plusieurs consommateurs situés, comme les maisons, les chalets ou les camps dans les régions éloignées ainsi qu'à des applications comme la surveillance et le pompage d'eau.

Il existe deux types de systèmes PV autonomes avec stockage et sans stockage. Le schéma général d'un système PV autonome est représenté sur la **figure II.6** [11].

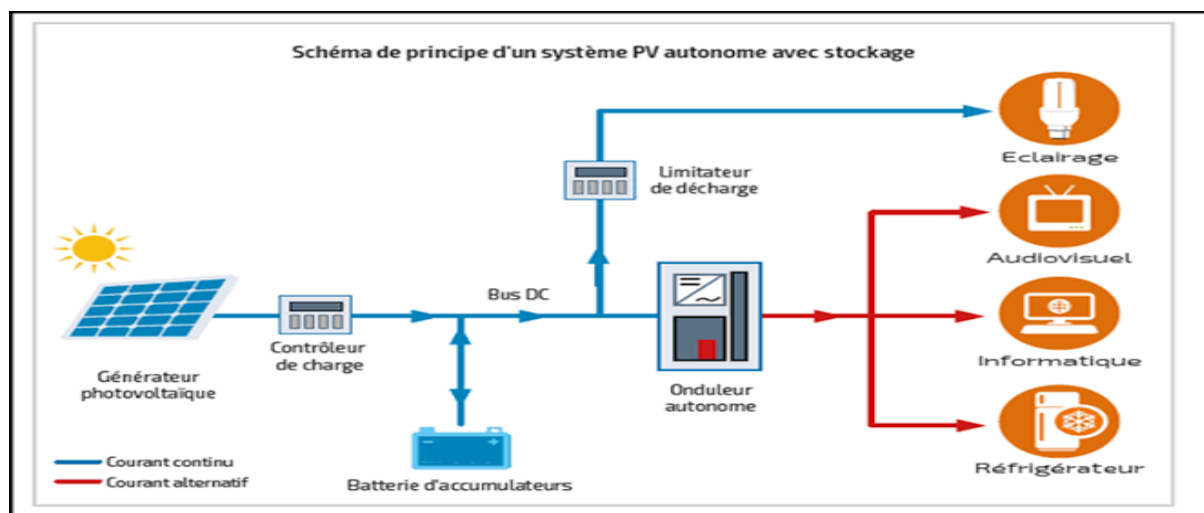


Figure II.6: Système PV autonome avec batterie [source Google]

II.7.2 *Les systèmes PV hybrides*

Les systèmes PV hybrides intègrent un générateur PV et un autre générateur : éolien, groupe électrogène, système hydroélectrique et même parfois le réseau public d'électricité.

Ces systèmes s'appliquent particulièrement bien à des sites éloignés où il est important d'avoir de l'électricité à tout moment, où les coûts de transport du carburant sont élevés et où, il n'est pas encore rentable d'utiliser le système PV seul avec les batteries.

Ils sont souvent utilisés pour de très nombreuses applications d'intérêt sensible et stratégique comme les relais de télécommunication, les postes frontaliers, l'habitat isolé, etc., hors réseau d'électricité conventionnelle. [13]

Un système hybride est représenté par la **figure(II.7)**.

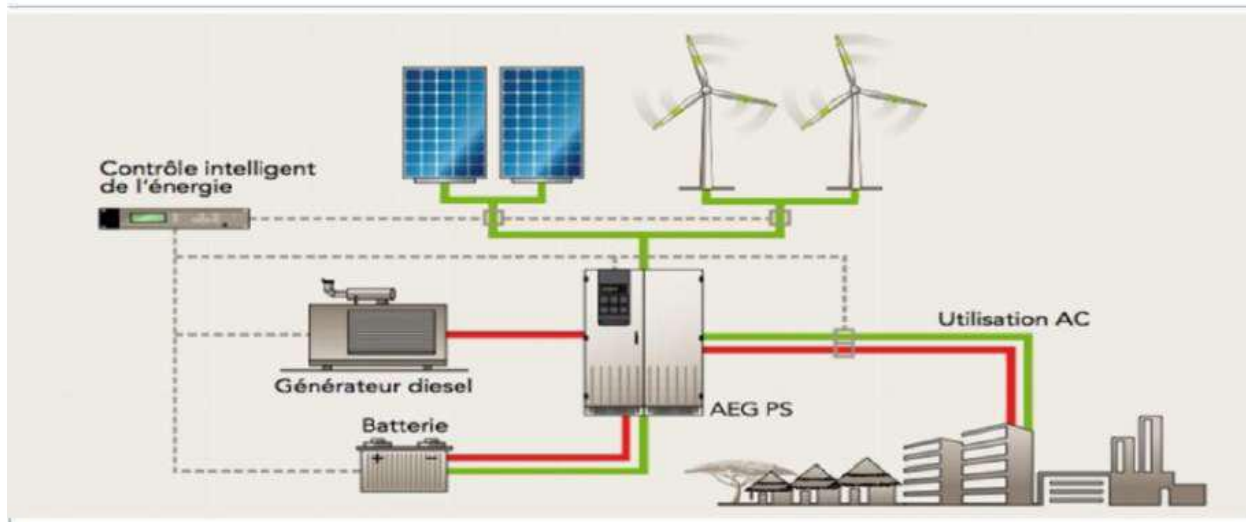


Figure II.7: Système PV hybride [11]

II.7.3 Les systèmes raccordés aux réseaux :

Les systèmes PV raccordés au réseau sont avant tout des équipements de production destinés à produire de l'énergie électrique d'origine photovoltaïque qui va être injectée sur un réseau électrique alimenté par d'autres sources de production, à partir de machines tournantes de puissance beaucoup plus importante. On peut considérer deux architectures électriques de raccordement, selon que l'énergie produite est consommée sur le site de production (autoconsommation) ou non (injection totale). [12]

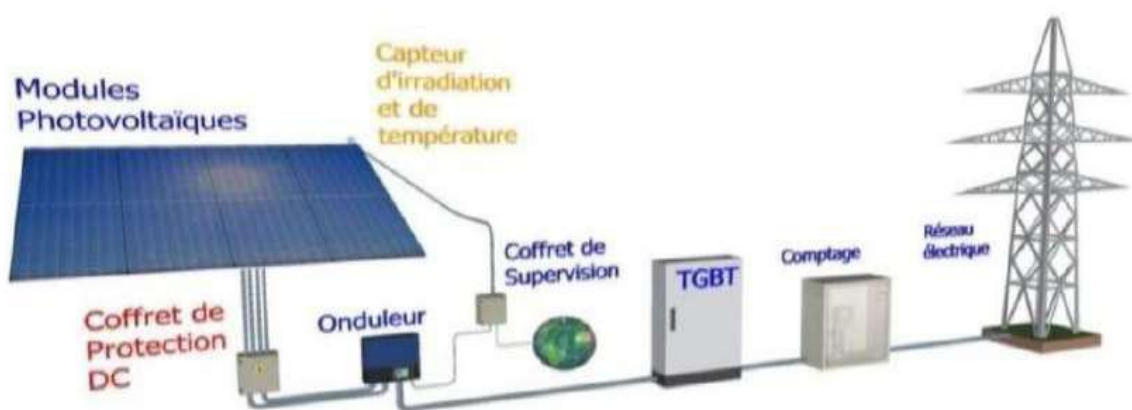


Figure II.8 : Structure d'un système PV connecté au réseau. [11]

I.7.3.1 Systèmes PV raccordés au réseau avec autoconsommation

Le système photovoltaïque fonctionne comme précédemment mais il est connecté directement sur l'installation électrique intérieure du site. L'électricité solaire est autoconsommée par les récepteurs en service. L'excédent éventuel d'électricité solaire produit est injecté dans le réseau public de distribution. En cas de défaillance du réseau électrique (perte de tension ou tension et fréquence hors tolérance), l'onduleur photovoltaïque s'arrête de fonctionner et les récepteurs ne sont plus alimentés. [12]

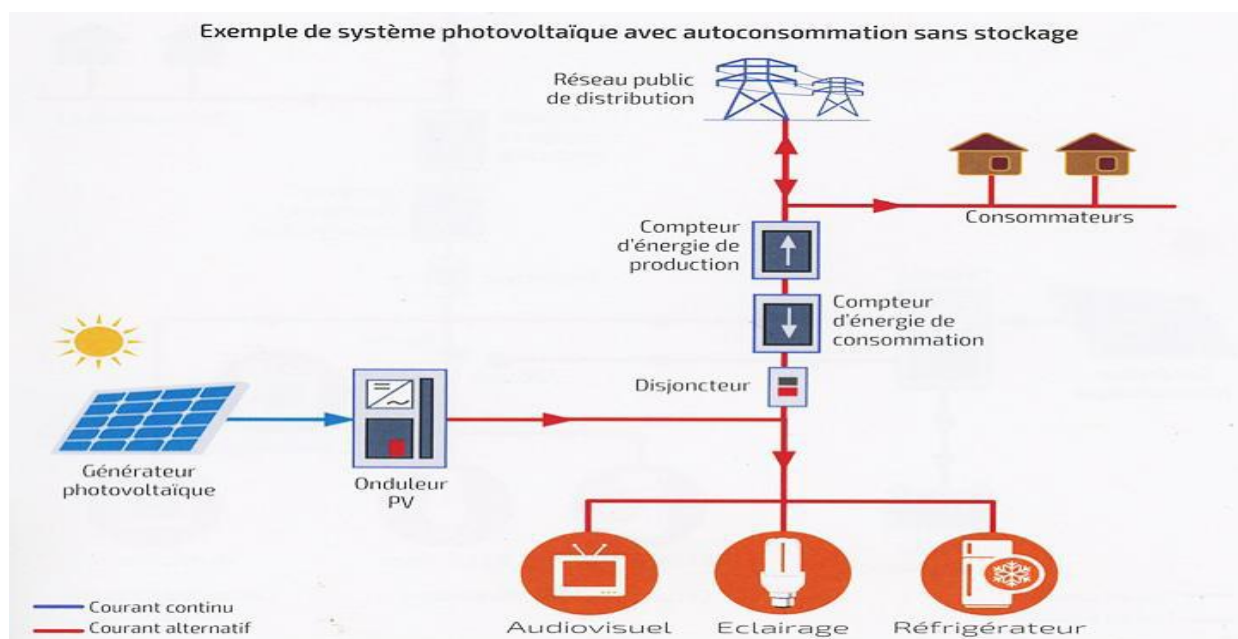
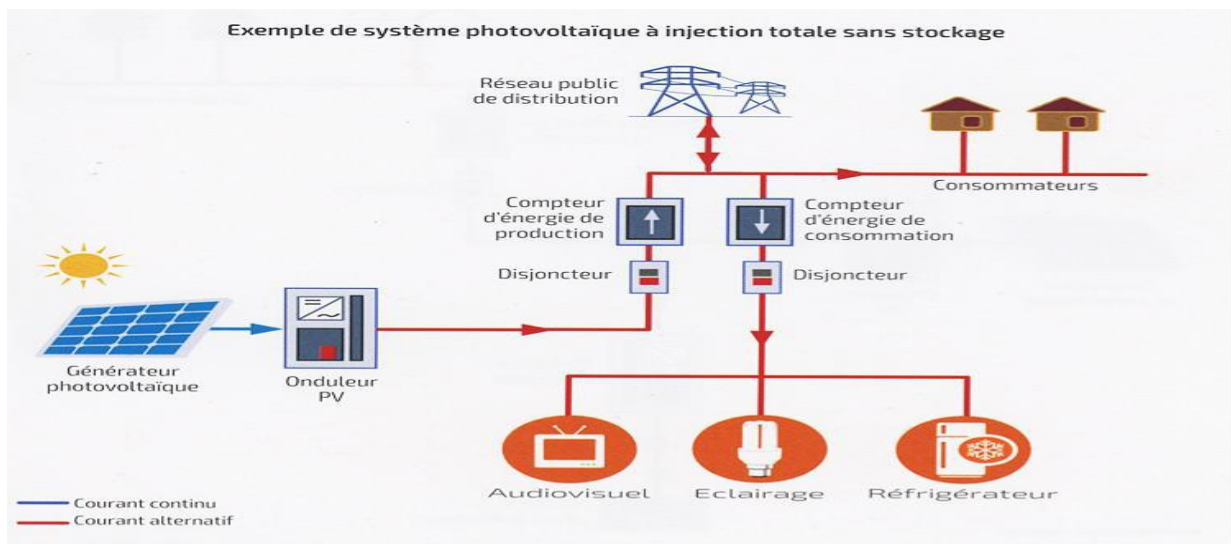


Figure II.9: système photovoltaïque avec autoconsommation sans stockage. [12]

I.7.3.2 Systèmes PV raccordés au réseau avec injection totale

Le système photovoltaïque transforme directement le rayonnement solaire en électricité. Le courant continu produit par les modules photovoltaïques est transformé, via un onduleur PV, en courant alternatif compatible avec les caractéristiques électriques du réseau public de distribution. L'énergie produite est intégralement injectée sur le réseau public de distribution afin d'être valorisée dans les meilleures conditions économiques pour le producteur. En cas de défaillance du réseau électrique (perte de tension ou tension et fréquence hors tolérance), l'onduleur PV s'arrête de fonctionner. [12]



FigureII.10: système photovoltaïque à injection totale sans stockage. [12]

I.7.3.3 Applications

On retrouve les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau aussi bien au sol que sur des bâtiments d'habitation, tertiaires, agricoles et industriels. Les centrales de production électrique à base de générateurs photovoltaïques de grande puissance (de quelques MW à quelques centaines de MW) sont destinées à être raccordées directement sur le réseau public de distribution en Haute Tension A (HTA), ou sur le réseau de transport en Haute Tension B (HTB). [12]



Centrale PV au sol (Narbonne - Aude)
Source : Transénergie

FigureII.11 : Exemples de centrales PV. [12]

II.8 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 utilisé 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.

Chapitre III
Etude technico-économique
du site

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 2022 à décembre 2023). 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 inter harmoniques.

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 à 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 régies 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 les 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 impair, 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 existe 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 continuer 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. ...

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 qu'altimètre. 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 inexistantes. 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 dernières années 2022 et 2023 du 1^{er} janvier a 31 décembre.

III.7. Bilans de puissance annuelle base 1000 studiossonatrach DP :

a- DP base Sonatrach PMD = 3000 KW Code tarif : 41 année : 2022

<i>Année 2022 DP</i>	<i>Energie Active KWH</i>	<i>Energie Réactive KVARh</i>	<i>Montant DA</i>	<i>PMA KW</i>	<i>Energie consommée En pointe</i>	<i>Energie consommée En hors pointe</i>	<i>tg ϕ</i>
<i>Jan</i>	563747	216379	1 997 121,58	1102	102210	461537	0,38
<i>Févr</i>	434866	187458	1 724 283,83	1037	75561	359305	0,43
<i>Mars</i>	394390	192621	1 570 896,55	854	68859	325531	0,48
<i>Avril</i>	247085	190977	1 100 953,59	586	45443	201642	0,77
<i>Mai</i>	268043	254759	1 230 368,26	748	49389	218654	0,95
<i>Juin</i>	499952	368048	2 105 006,73	1033	95812	404140	0,73
<i>Juillet</i>	525291	384815	2 207 015,30	1075	100848	424445	0,73
<i>Aout</i>	486666	366197	1 502 371,10	1007	47215	439451	0,75
<i>Sept</i>	385318	322028	1 712 106,82	911	76176	309142	0,83
<i>Oct</i>	228022	230675	1 098 580,47	501	46769	181253	1,01
<i>Nov</i>	298274	201785	1 339 508,54	927	57527	240747	0,67
<i>Déc</i>	425451	197184	1 718 410,48	935	78591	346860	0,46
TOTAL	4757105	3112926	19 306 623,25	10716	844400	3912707	0,6825

Tableau.III.1. Bilan de puissance de la station 2022

b- DP base Sonatrach PMD = 3000 KW Code tarif : 41 année : 2023

Année 2023 DP	Energie Active KWH	Energie Réactive KVARh	Montant DA	PMA KW	Energie consommée En pointe	Energie consommée En hors pointe	tg φ
Jan	555548	193532	1 962 545,61	1142	99892	455656	0,34
Févr	475789	168852	1 876 160,91	1122	83529	392260	0,35
Mars	307722	203068	1 313 305,69	898	53486	254236	0,65
Avril	207668	200598	981 697,34	557	38549	169119	0,96
Mai	248419	231590	1 131 138,43	599	45280	203139	0,93
Juin	339559	272487	1 502 378,54	837	64528	275031	0,8
Juillet	579037	407042	2 399 347,04	1170	109869	469168	0,7
Aout	495779	408577	2 127 349,82	1054	95621	400158	0,82
Sept	377529	363169	1 716 992,55	914	75433	302096	0,96
Oct	254000	296078	1 237 688,07	579	52277	201723	1,16
Nov	275895	239786	1 273 219,96	765	54126	221769	0,86
Déc	484735	220839	1 918 486,76	1004	88096	396639	0,45
TOTAL	4601680	3205618	19 440 310,73	10641	860686	3740994	0,74

Tableau.III.2. Bilan de puissance de la station 2023.

III.7.1. Analyse de l'énergie Active en kwh 2022/2023 :

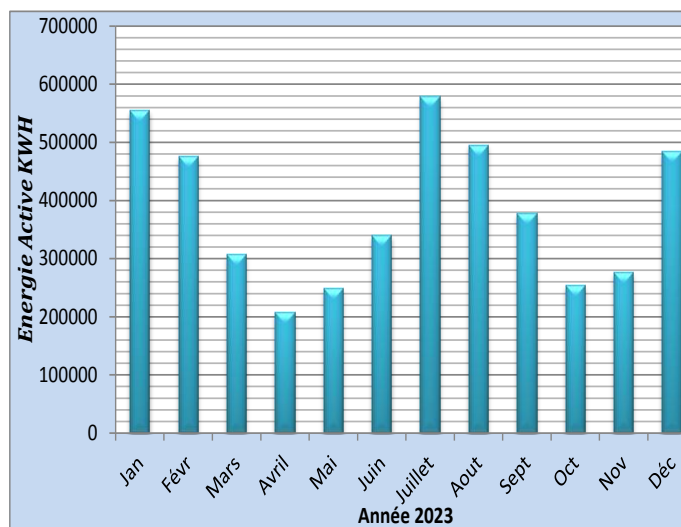
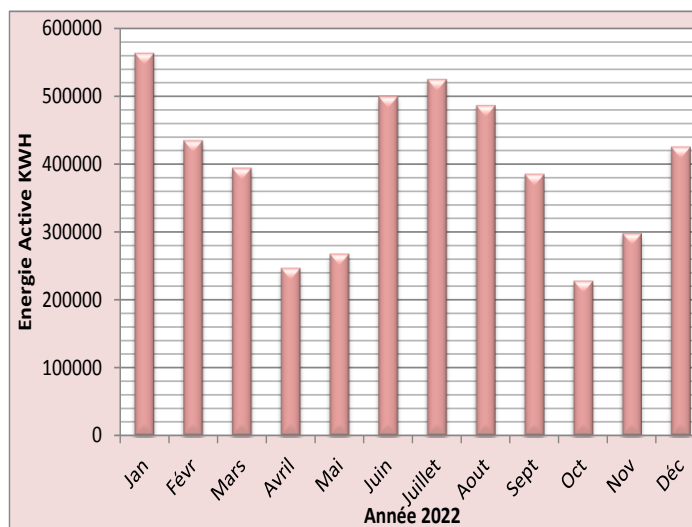


Figure III.1 : Evolution de la consommation d'énergie Active 2022/ 2023.

Année 2022 : On constate la consommation d'électricité de la base DP pour cette année, avec une valeur maximale de 563747 kwh au mois de janvier et une valeur minimale de 228022 kwh au mois d'octobre.

Année 2023 : On constate la consommation d'électricité de la base DP pour L'année 2023, avec

une valeur maximale de 579037 kwh au mois de juillet et une valeur minimale de 207668 kwh au mois d'avril.

III .7.2. Analyse de l'énergie réactive en Kvarh 2022/2023 :

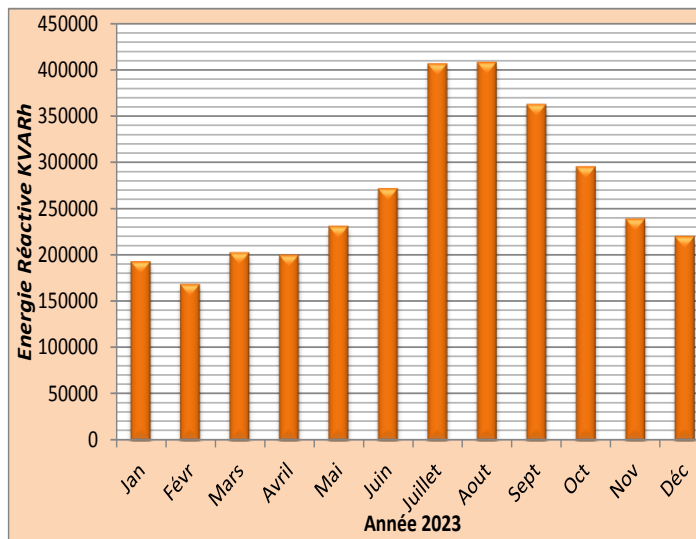
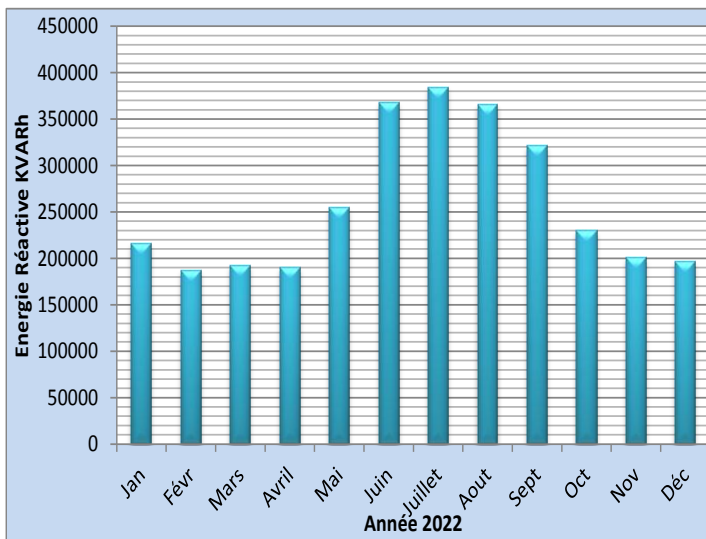


Figure III.2 : Évaluation de la consommation d'énergie réactive 2022/2023.

Année 2022 : La consommation d'énergie réactive de la base DP pour cette année est de 3112926 kvarh, avec une valeur maximale 384815 kvarh au mois de juillet et une valeur minimale de 187458 kvarh au mois de février.

Année 2023 : On constate la consommation d'énergie réactive de la base DP pour cette année est de 3205618 kvarh, avec une valeur maximale 408577 kvarh au mois d'aout et une valeur minimale de 168852 kvarh au mois de février.

III.7.3. Analyses des énergies consommée poi /2023 :

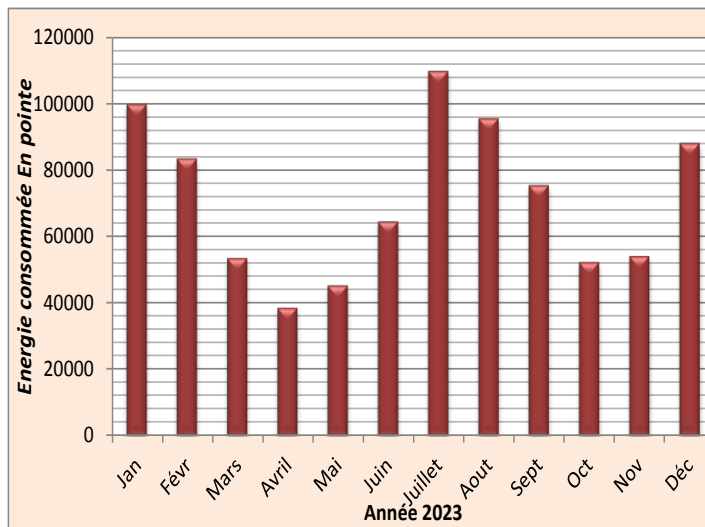
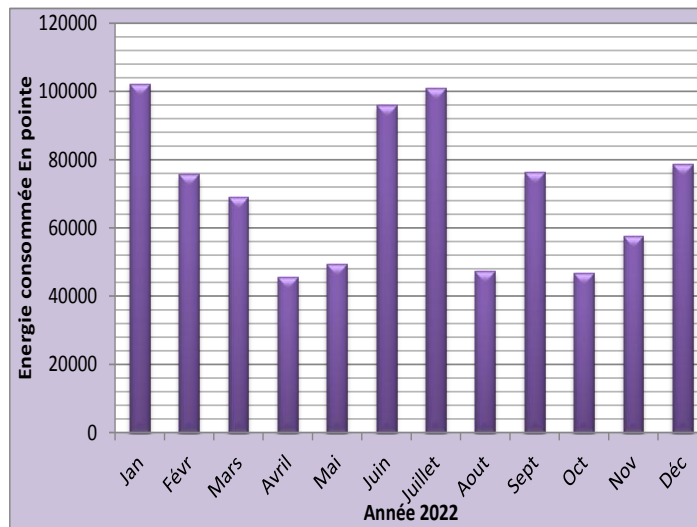


Figure III.3 : Evolution du poste heures pointes 2022/2023

Année 2022 : La consommation d'énergie de la base DP dans les heures pointes pour cette année est de 844400 kwh avec une consommation maximum de la valeur 102210 kwh au mois de janvier et une valeur minimale de 45443 kwh au mois d'avril.

Année 2023 : Pour cette année la consommation d'énergie de la base DP dans les heures pointes est de 860686 kwh avec une consommation maximum de la valeur 109869 kwh au mois de janvier et une valeur minimale de 38549 kwh au mois d'avril.

III.7.4. Analyses des énergies consommées hors pointes en 2022/2023 :

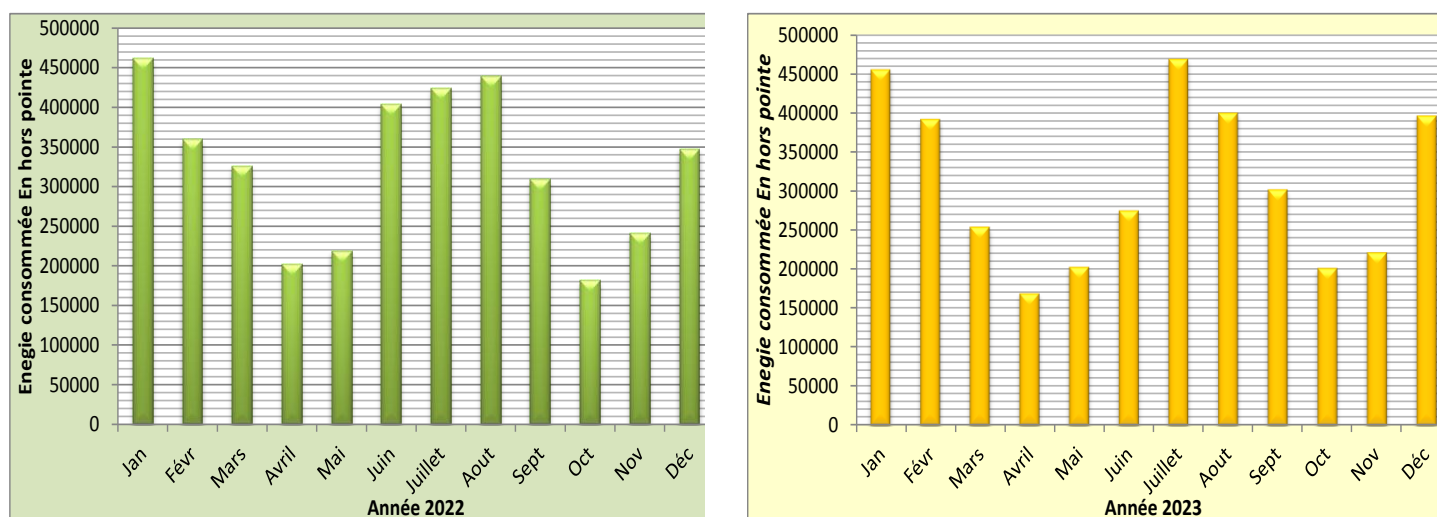


Figure III.4 : Evolution du poste heures hors pointes 2022/2023

Année 2022 : La consommation d'énergie de la base DP dans les heures hors pointes cette année est de 3912707 kwh, avec une valeur maximale de 461537 au mois de janvier et une valeur minimale de 181253 kwh de au mois d'octobre.

Année 2023 : Pour cette année la consommation d'énergie de la base DP dans les heures hors pointes est de 3740994 kwh avec une consommation maximum de la valeur 469168 kwh au mois de juillet et une valeur minimale de 169119 kwh au mois d'avril.

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

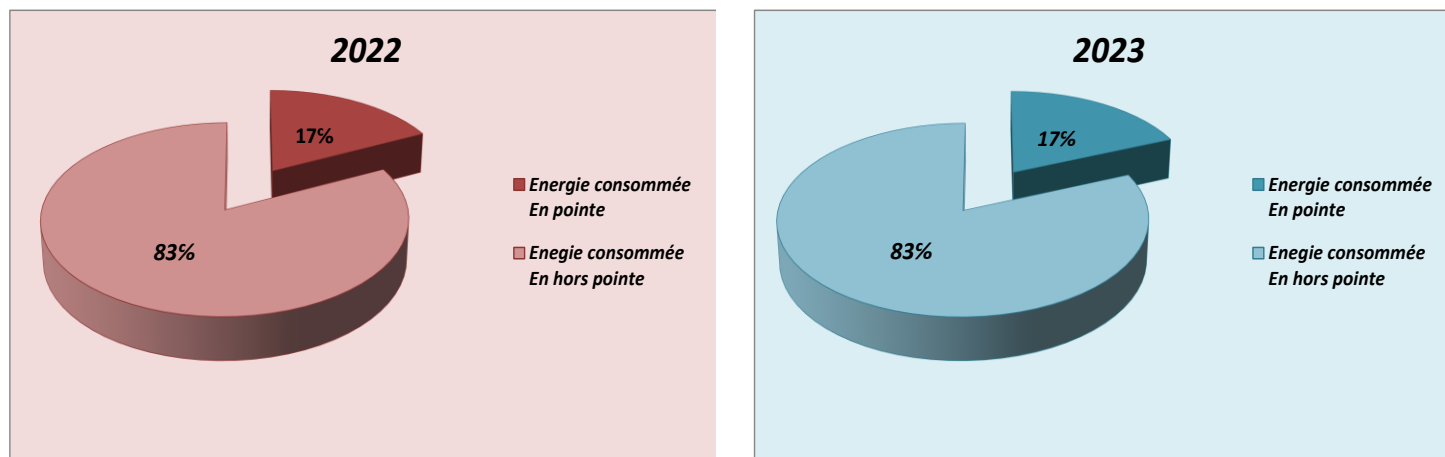


Figure III.5 : La consommation annuelle en 2022/2023.

- **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 2022/2023 :

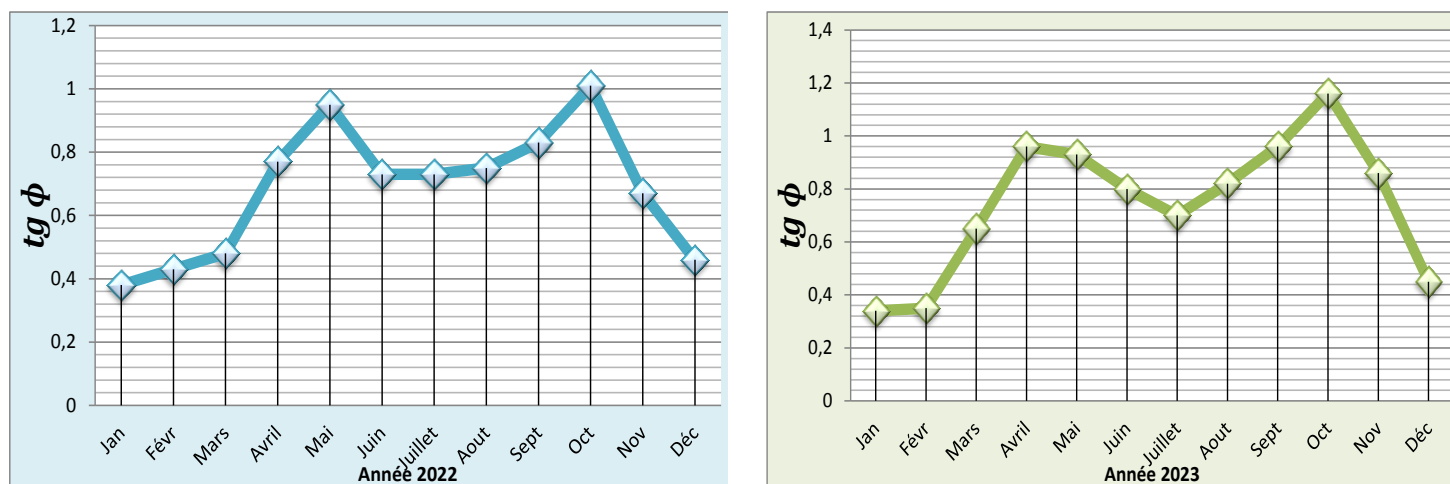


Figure III.6: Evolution de la tangente ϕ 2022/2023

Evolution de la tangente ϕ la valeur maximale de la tangente a été atteinte durant le mois d'octobre 2022 et octobre 2023 avec une valeur minimal de la tangente durant le mois de janvier.

III .7.7. Analyse de la PMA 2022/2023:

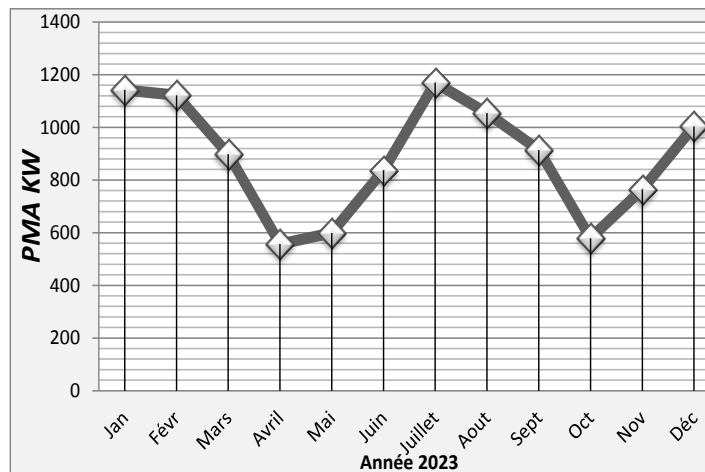
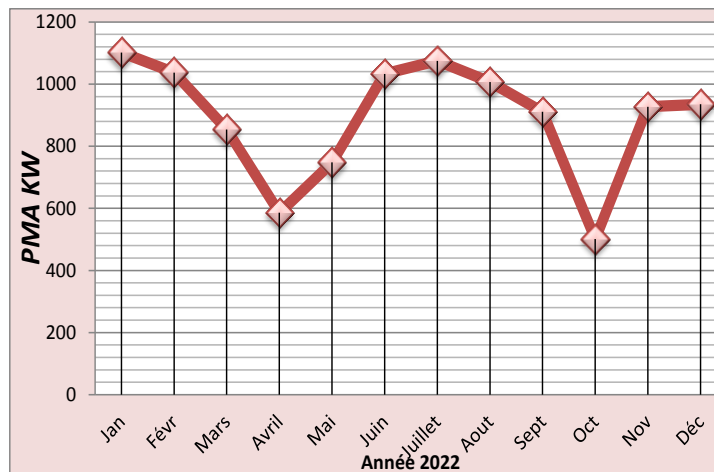


Figure III.7 : Evolution de PMA année 2022/2023.

Année 2022 : La valeur maximale de cette année est de 1102 kW le mois de janvier et une valeur minimale de 501 kW au mois d'octobre, sa puissance appelée à la valeur de la PMD contractuelle dans notre cas $PMD=3000$ KW.

Année 2023 : Pour cette année la valeur maximale est de 1170 KW le mois de juillet et une valeur minimale de 557 KW au mois d'avril.

- La consommation maximale annuelle de la base de vie est 10716 KW
- La consommation moyenne journalière est 7.33 KWh

$$C_{j\text{moyenne}} = \frac{C_{\text{annuelle max}} * 0.25}{365} \quad C_{j\text{moyenne}} = \frac{10716 * 0.25}{365} = 7.33 \text{ KWh/J}$$

-La consommation maximale était le mois de février 2023 = **1122KW**

-L'éclairage public représente 25% de cette consommation. Donc la consommation pour l'éclairage annuelle est **10.02KWh /J**

III.7.8. Facture base 1000 studios sonatrach DP MT en (DA) 2022/2023. Lignes 30KV :

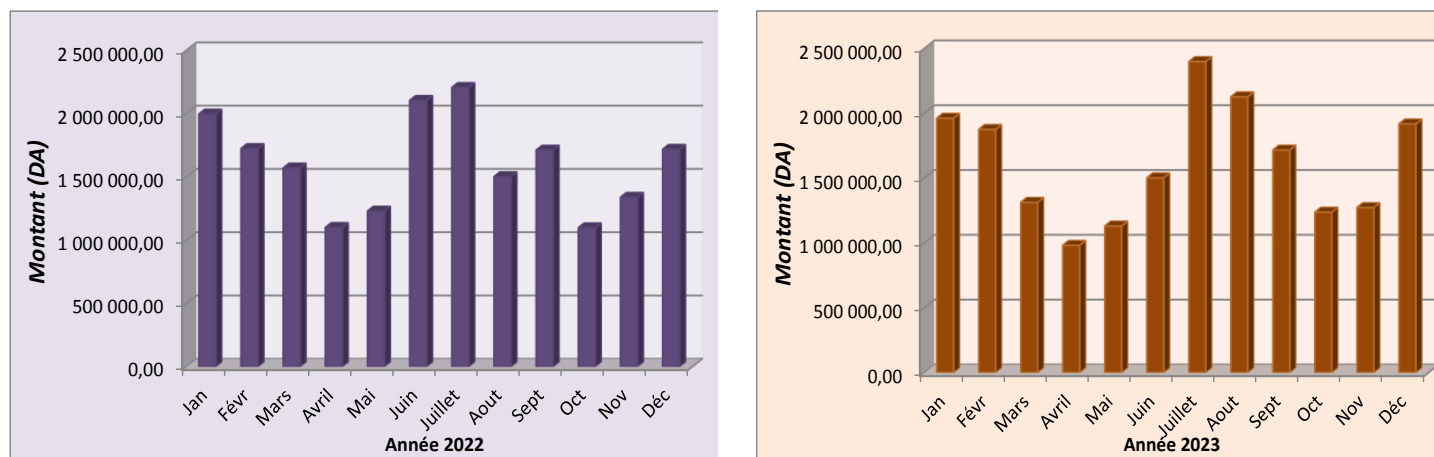


Figure III.8. Evolution du montant durant les deux années 2021.

L'évolution du montant durant ces deux années montre que les valeurs sont aléatoires avec augmentation et baisse ainsi de suite en juillet le montant atteint sa valeur maximum.

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

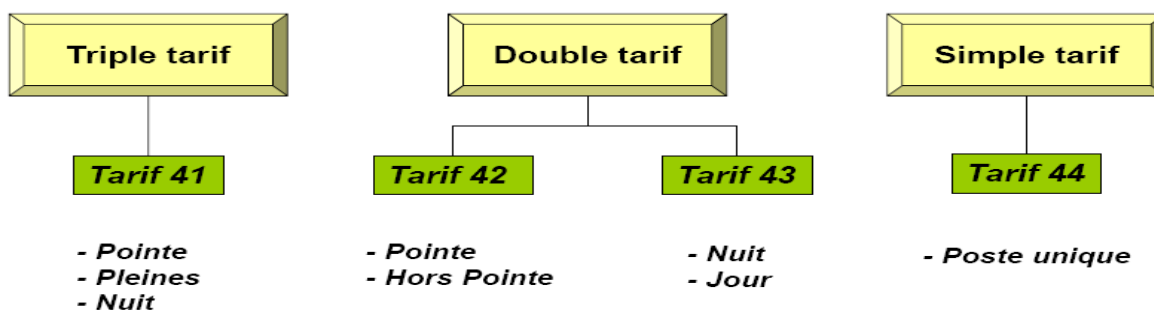
QUI EST CONCERNÉ: les clients désirant être alimentés en Haute Tension type A inférieure ou égale à 30KV et à une puissance maximale de 15000KW

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.



Tarif 41	Pointe 17h à 21h	Pleines 6h à 17h et 21h à 22h 30	Nuit 22h 30 à 6h
Active	872,02 cDA	193,76 cDA	102,40 cDA
Réactive	Malus : 45,53 cDA/kVArh		Bonus : 9,11 cDA/kVArh
Tarif 42	Pointe 17h à 21h	Hors Pointe 21h à 17h	
Active	872,02 cDA	180,64 cDA	
Réactive	Malus : 45,53 cDA/kVArh		Bonus : 9,11 cDA/kVArh
Tarif 43	Nuit 22h30 à 6h	Jour 6h à 22h30	
Active	102,40 cDA	428,30 cDA	
Réactive	Malus : 45,53 cDA/kVArh		Bonus : 9,11 cDA/kVArh
Tarif 44	Poste Unique		
Active	375,62 cDA		
Réactive	Malus : 45,53 cDA/kVArh		Bonus : 9,11 cDA/kVArh

Figure III.9. Tarifs de l'énergie active et réactive facturée par KWh

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 :

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

*Tableau III.3. Prix de la puissance et de la redevance.***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 inférieures 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 a ses frais les mesures nécessaires pour limiter la puissance appelée a 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 base 1000 studio sonatrach D Pest un client moyen consommateur de tension. Il a signé un contrat avec la Sonelgaz pour un tarif 41 et une PMD de 3000 KW en HT (ces deux paramètres sont signalés dans les factures 2022, 2023)

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 :*

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

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.

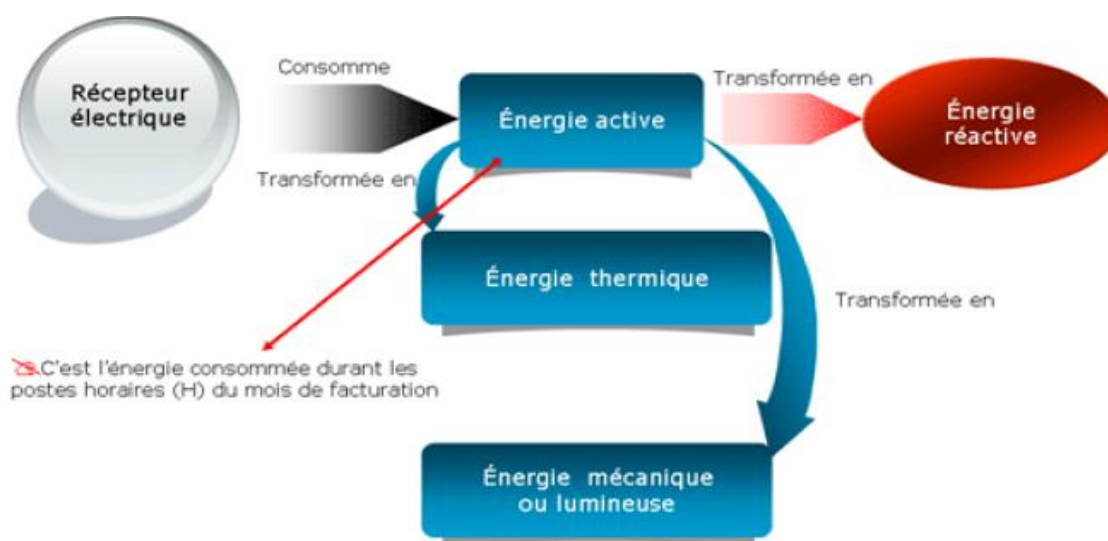


Figure III.10. Schéma illustration de l'énergie active.

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 :

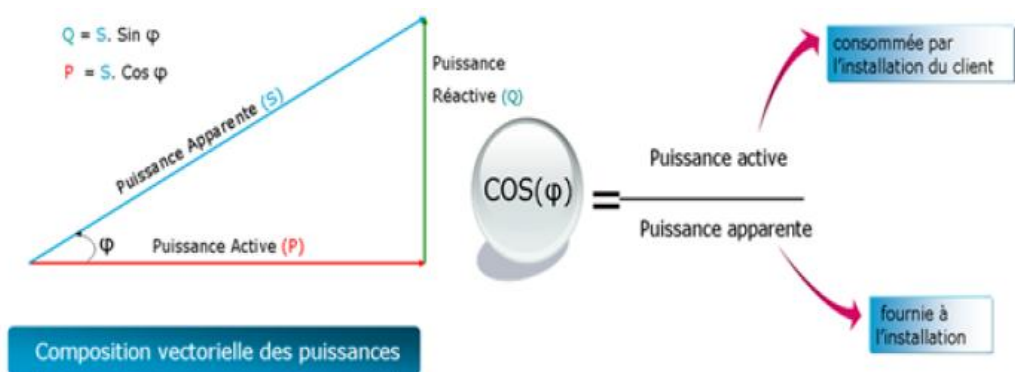
- les moteurs asynchrones ordinaires,
- les fours à induction et à arc,
- les machines à souder,
- les transformateurs,
- les lampes à fluorescence.

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 :



$$\text{tg}(\varphi) = \frac{Q}{P} = \frac{\text{Puissance Réactive [KVar]}}{\text{Puissance Active [KW]}} \quad \text{tg}(\varphi) = \frac{W_r}{W_a} = \frac{\text{Énergie Réactive consommée [KVarh]}}{\text{Énergie Active consommée [KWh]}}$$

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) consommées 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

❖ Compensation globale :

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

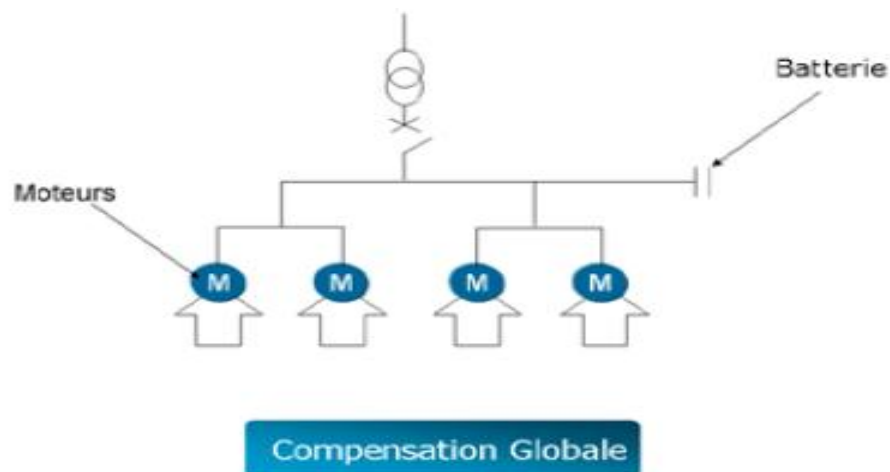


Figure III.12. Schéma d'illustration la compensation globale.

❖ *Compensation par secteur :*

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

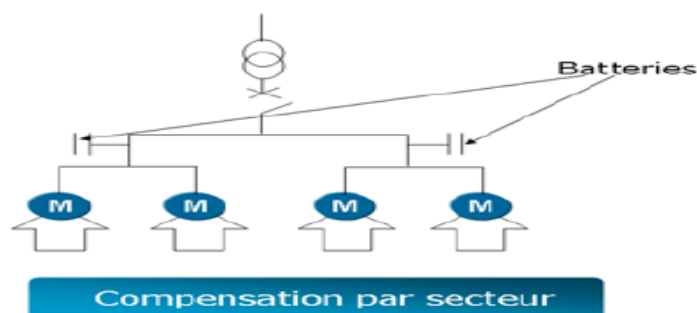


Figure III.13. Schéma d'illustration la compensation par secteur.

❖ *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.

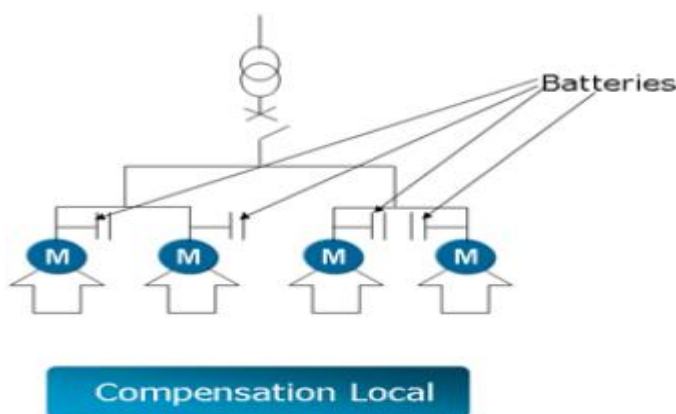


Figure III.14. Schéma d'illustration la compensation locale.

III.9.6. *Choix du type de compensation :*

Il existe différents types 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 équipements 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 2022 et 2023 .

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

Année	2022
Energie consommée En pointe kw	844400
Energie consommée En pleine kw	2196086
Energie consommée En creuses kw	1716621
Energie active totale kwh	4757107

Année	2023
Energie consommée En pointe kw	860686
Energie consommée En pleine kw	2257013
Energie consommée En creuses kw	1483979
Energie active totale kwh	4601678

Tableau.III.4. Energie active total en 2022/2023.

Année	2022/2023
Energie consommée En pointe kw	17%
Energie consommée En pleine kw	52%
Energie consommée En creuses kw	31%

Tableau.III.5. Energie consommée dans chaque type heureau.

III.10.2. base 1000 studiossonatrach DP:

- a- On a calculé les montants en DA dans chaque quatre tarif pour les 12 mois de l'année 2022 avec un TVA 19 %

Mois	41	42	43	44
<i>Janvier</i>	1 997 121,58	2 144 516,57	2 461 413,24	1 228 288,14
<i>Février</i>	1 724 283,83	1 855 842,77	1 946 995,59	1 044 636,84
<i>Mars</i>	1 570 896,55	1 688 132,26	1 768 917,21	939 922,34
<i>Avril</i>	1 100 953,59	1 160 253,90	1 215 316,43	677 972,82
<i>Mai</i>	1 230 368,26	1 301 463,11	1 373 569,93	750 010,23
<i>Juin</i>	2 105 006,73	2 241 719,54	2 347 102,62	1 108 817,77
<i>Juillet</i>	2 207 015,30	2 348 850,94	2 468 098,91	1 140 919,66
<i>Aout</i>	1 502 371,10	1 810 340,91	1 639 514,87	1 840 800,06
<i>Septembre</i>	1 712 106,82	1 813 650,99	1 891 515,90	921 606,63
<i>Octobre</i>	1 098 580,47	1 186 108,58	1 186 108,58	620 784,58
<i>Novembre</i>	1 339 508,54	1 434 976,89	1 473 389,22	809 549,59
<i>Décembre</i>	1 718 410,48	1 846 434,59	1 895 771,41	1 008 195,67
Montants totale (DA)	19 306 623,25	20 832 291,04	21 667 713,92	12 091 504,32
Gains(DA)	Mauvaise tarifications	1 525 667,78	2 361 090,66	7 215 118,93

Tableau.III.6. les prix mensuel dans chaque type de tarif da l'année 2022.

Code Tarif	41	42	43	44
Montants totale (DA)	19 306 623,25	20 832 291,04	21 667 713,92	12 091 504,32
Gains(DA)	Mauvaise tarifications	1 525 667,79	2 361 090,67	7 215 118,93

Tableau.III.7. tableau de gain l'année 2022.

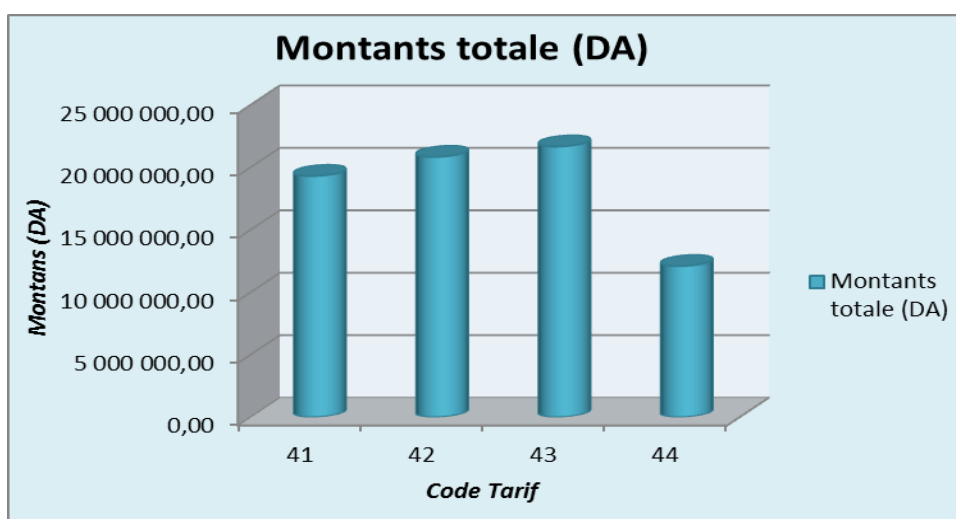


Figure III.15. Evolution du montant dans chaque type de tarif.

Ont constaté le tarif 44 est de meilleur tarification.

- b- On a calculé les montants en DA dans chaque quatre tarif pour les 12 mois de l'année 2023 avec un TVA 19 %

<i>Mois</i>	41	42	43	44
<i>Janvier</i>	1 962 545,61	2 106 299,54	2 423 169,39	1 236 903,02
<i>Février</i>	1 876 160,91	2 006 466,22	2 115 935,82	1 117 486,36
<i>Mars</i>	1 313 305,69	1 413 943,27	1 480 461,35	840 506,74
<i>Avril</i>	981 697,34	1 028 461,75	1 079 874,05	624 356,34
<i>Mai</i>	1 131 138,43	1 186 217,01	1 263 931,18	681 915,02
<i>Juin</i>	1 502 378,54	1 589 106,44	1 681 848,08	831 774,23
<i>Juillet</i>	2 399 347,04	2 556 517,57	2 703 357,80	1 220 626,47
<i>Aout</i>	2 127 349,82	2 258 779,82	2 379 591,82	1 105 524,04
<i>Septembre</i>	1 716 992,55	1 815 839,87	1 891 134,38	930 095,42
<i>Octobre</i>	1 237 688,07	1 284 911,62	1 345 464,93	684 145,63
<i>Novembre</i>	1 273 219,96	1 350 728,71	1 386 511,88	766 434,69
<i>Décembre</i>	1 918 486,76	2 063 657,70	2 130 695,71	1 113 742,82
Montants totale (DA)	19 440 310,73	20 660 929,54	21 881 976,38	11 153 510,78
Gains (DA)	Mauvaise tarifications	1 220 618,81	2 441 665,65	8 286 799,95

Tableau.III.8. les prix mensuel dans chaque type de tarif da l'année 2023

<i>Code Tarif</i>	41	42	43	44
Montants totale (DA)	19440310,73	20660929,54	21881976,38	11153510,78
Gains (DA)	Mauvaise tarifications	1220618,81	2441665,65	8286799,95

Tableau.III.9. tableau de gain l'année 2023.

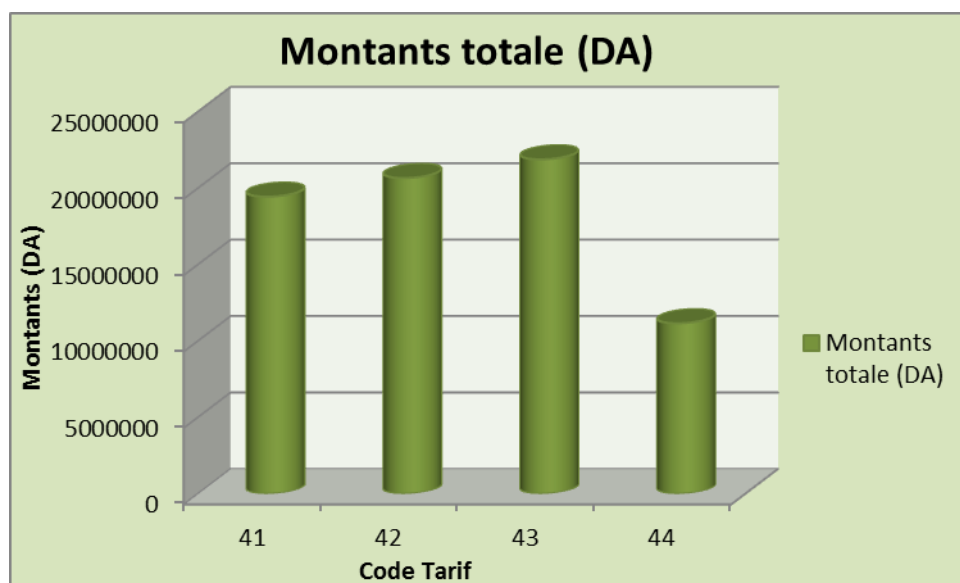


Figure III.16. Evolution du montant dans chaque type de tarif.

Ont constaté le tarif 44 est de meilleur tarification.

III.10.3. Analyse de la PMA :

D'après les facture de sonelgaz qui été relevant de compteur de la base DP, la PMA au forfait en prenant la facturation de deux ans (2022/2023) une indication de **1170 kw** comme valeur maximale dans la base 1000 studio sonatrach DP .

Donc la PMD 3000 KW est conforme.

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 =3000**

$$3000 \times 25.85 \times 12 = \mathbf{930600 \text{ DA /Année}}$$

Nous avons choisis le **PMD = 1500**

On a calculé le montant en **DA** par **Année** de la **PMD =1500**

$$1500 \times 38.70 \times 12 = \mathbf{696600 \text{ DA /Année}}$$

	MontantDA/Année
PMD =3000	930600
PMD =1500	696600
Gains	234000

Tableau.III.10. Tableau de gain de la PMD pour la base 1000 studio sonatrach DP

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.

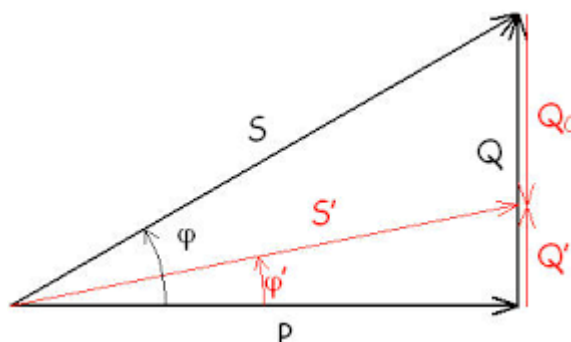


Figure III.17. Schéma de principe de la compensation.

Cette figure 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 Qc dans le même temps la puissance apparente passe de S à S'.

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

Qc : puissance de la batterie de condensateurs en Kvar ;

P : puissance active de la charge en Kw

tgφ : l'angle de déphasage avant compensation

tgφ': l'angle de déphasage après compensation

Les factures nous montrent que la base et sont 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.

❖ *Calcul de la puissance réactive de condensateur à utiliser dans la base DP*

- Année 2022 :

$$P = 4757105 \text{ kW}$$

$$Q = 3112926 \text{ KVAR}$$

$$\text{tg}\varphi = 0.68$$

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

$$\text{Cos}\Phi = 0.84 \text{ c'est-à-dire } \text{tg}\Phi' = 0.64$$

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

$$Q_c = 4757105 * (0.68 - 0.64) = 190284.2 \text{ KVAR}$$

Le choix d'une batterie de compensation normalisé

$$C = \frac{p(\text{tg}(\varphi) - \text{tg}(\varphi'))}{3.u.2\pi.f} = \frac{190284.2}{3.380 \times 2\pi \times 50} = 179, 19 \text{ F}$$

- Année 2023 :

$$P = 4601680 \text{ kW}$$

$$Q = 3205618 \text{ KVAR}$$

$$\text{tg}\varphi = 0.74$$

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

$$\text{Cos}\Phi = 0.842 \text{ c'est-à-dire } \text{tg}\Phi' = 0.64$$

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

$$Q_c = 4601680 * (0.74 - 0.64) = 460168 \text{ KVAR}$$

Le choix d'une batterie de compensation normalisé

$$C = \frac{p(\text{tg}(\varphi) - \text{tg}(\varphi'))}{3.u.2\pi.f} = \frac{460168}{3.380 \times 2\pi \times 50} = 433, 36 \text{ F}$$

	2022			2023		
	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>tg φ</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>tg φ</i>
<i>base 1000 studios sonatrach DP</i>	4757105	3112926	0,68	4601680	3205618	0,74

Tableau.III.11. les énergies totale et le tangente pour les deux années 2022 /2023.

	Montants 2022 (DA)	Montants 2023 (DA)
<i>Avant compensation</i>	19 306 623,25	19 440 310,73
<i>Après compensation</i>	11518052,62	10472202,79
Gains	7788570,63	8968107,94

Tableau.III.12. Tableau de gain de la compensation pour la base 1000 studio sonatrach DP.

III.10.5. Généralisé des gains :

Economies annuelle à réaliser pour la base 1000 studios sonatrach DP:

	2023	2023
Code tarif	7215118,93	8286799,95
PMD	234000	234000
Compensation	7788570,63	8968107,94
Gains Totale (DA)	15237689,56	17488907,89

Tableau.III.13. Tableau de gain Totale pour la base 1000 studios sonatrach DP pour les deux années 2022/2023.

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 **160 million** 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 base 1000 studios sonatrach DP quel'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 base 1000 studios sonatrach DP 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 à l'entreprise de le changer pour avoir moins de facturation dans le sens d'économiser de l'énergie.

Chapitre IV

*Etude et dimensionnements
d'un système PV connecté
au réseau*

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 composants électriques, à partir des données d'ensoleillement du lieu. Ce qui va être vu dans ce chapitre qui va présenter la procédure et les étapes pour effectuer le dimensionnement d'un système photovoltaïque connecté au réseau, on va traiter une base de données située à Hassi R'mel 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 mise du projet en utilisant le programme PVsystem version 7.2 .

IV.2. Présentation de logiciel PV sys :

Le PV SYST est un logiciel de dimensionnement de systèmes photovoltaïques permettant d'obtenir diverses informations telles que la production d'énergie, l'irradiation et le coût de l'installation, la surface nécessaire, ou la production annuelle d'énergie. Un mode avancé permettant d'obtenir beaucoup plus d'informations pour une étude très complète.

Afin d'optimiser la gestion d'une installation PV, il est nécessaire de pouvoir comparer les mesures de diverses installations entre elles, pour différentes technologies de modules et conceptions de systèmes. Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de dimensionnement de systèmes PV à simple jonction en utilisant le logiciel PVSYST développé par l'Université de Genève.

IV.3. Etude de cas :

Puisque la consommation moyenne journalière annuelle est inférieure à la consommation journalière au mois de février, donc on prend : $C_j = 10.02 \text{ KWh/j}$

annuelle

février

$$C_{mj} < C_j \rightarrow C_j = 10.02 \text{ KWh /j}$$

IV.3.1 Présentation du site :

On prend l'emplacement de la base 1000 studios sonatrach DP situé à Hassi r'mel laghouat comme un exemple : et donc les coordonnées géographiques pour cette base sont : 32,9438° de latitude 774 m d'altitude et longitude et 3,2688°, La période la plus lumineuse de l'année dure 4,5 mois, du mai au septembre.

Nous allons faire une installation photovoltaïque pour l'éclairage public de cette base de vie.

➤ Localisation de site :



Figure.IV.1. Localisation de la base de vie 1000 studios Sonatrach.

IV.3.2. 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.

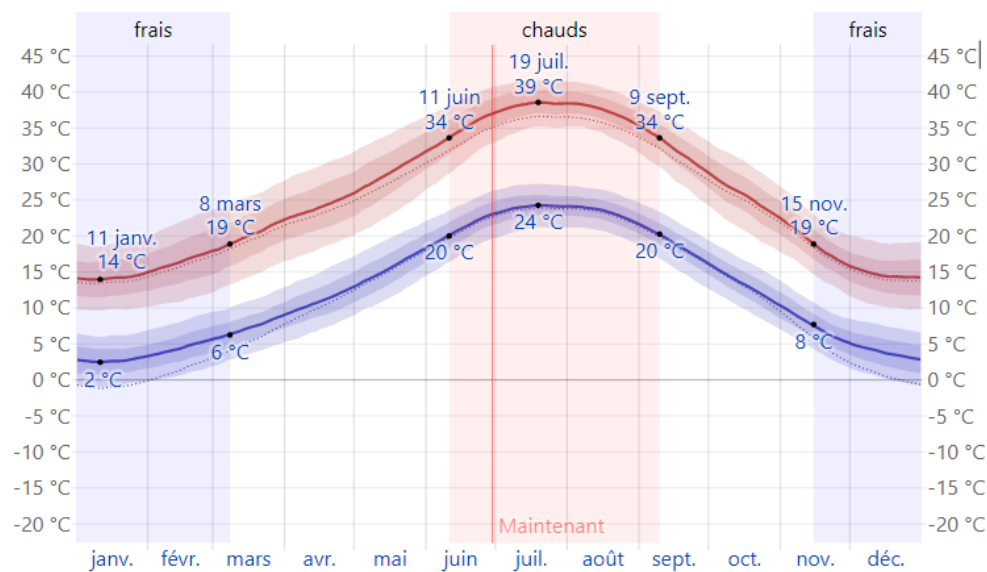


Figure IV. 2 La température moyenne quotidienne maximale a Laghouat.

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.

➤ *Données métrologiques de site :*

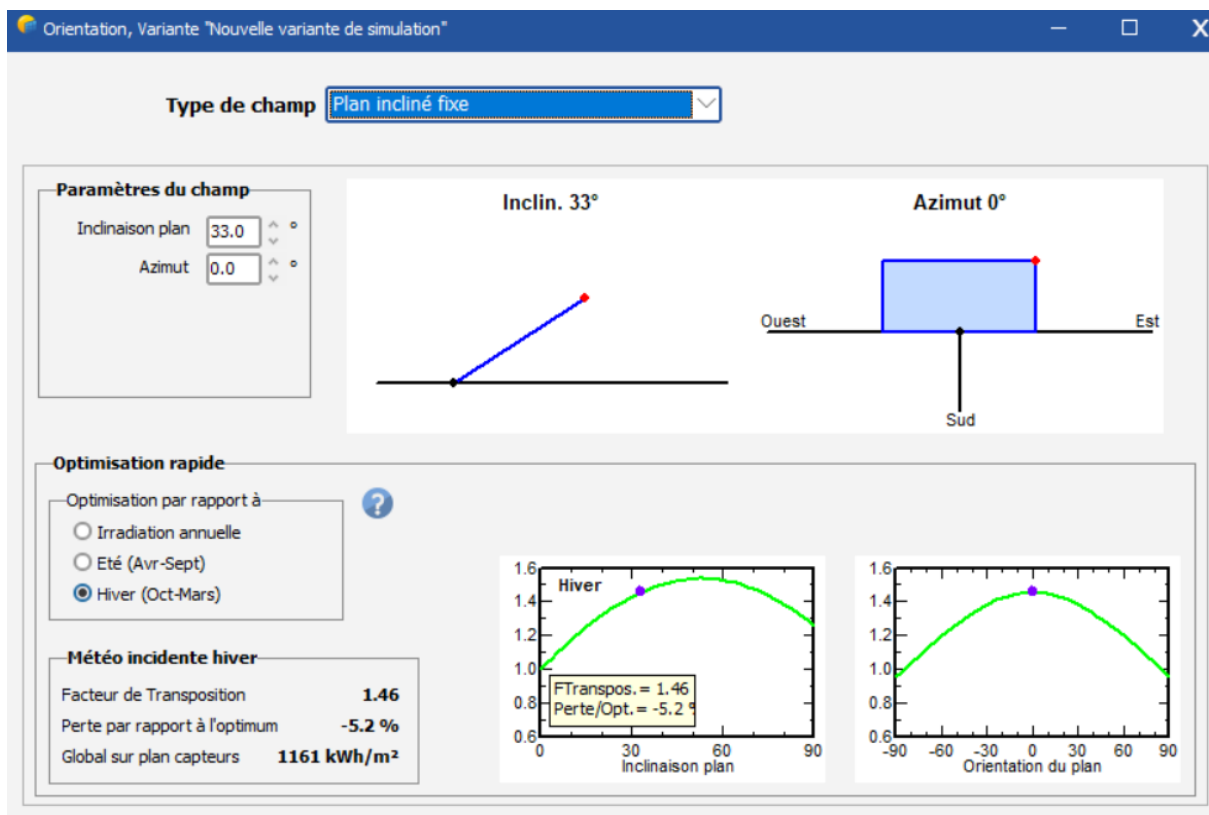


Figure .IV.3: l'orientation du soleil obtenue à partir du logicielPVsyst.

IV. 3.3Profile de la charge :

Daily profile, Constant over the year, average = 12.0 kWh/day

Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	W	
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	W

Tableau.IV.1 : Tableau des valeurs horairesobtenues à partir du logicielPVsyst.

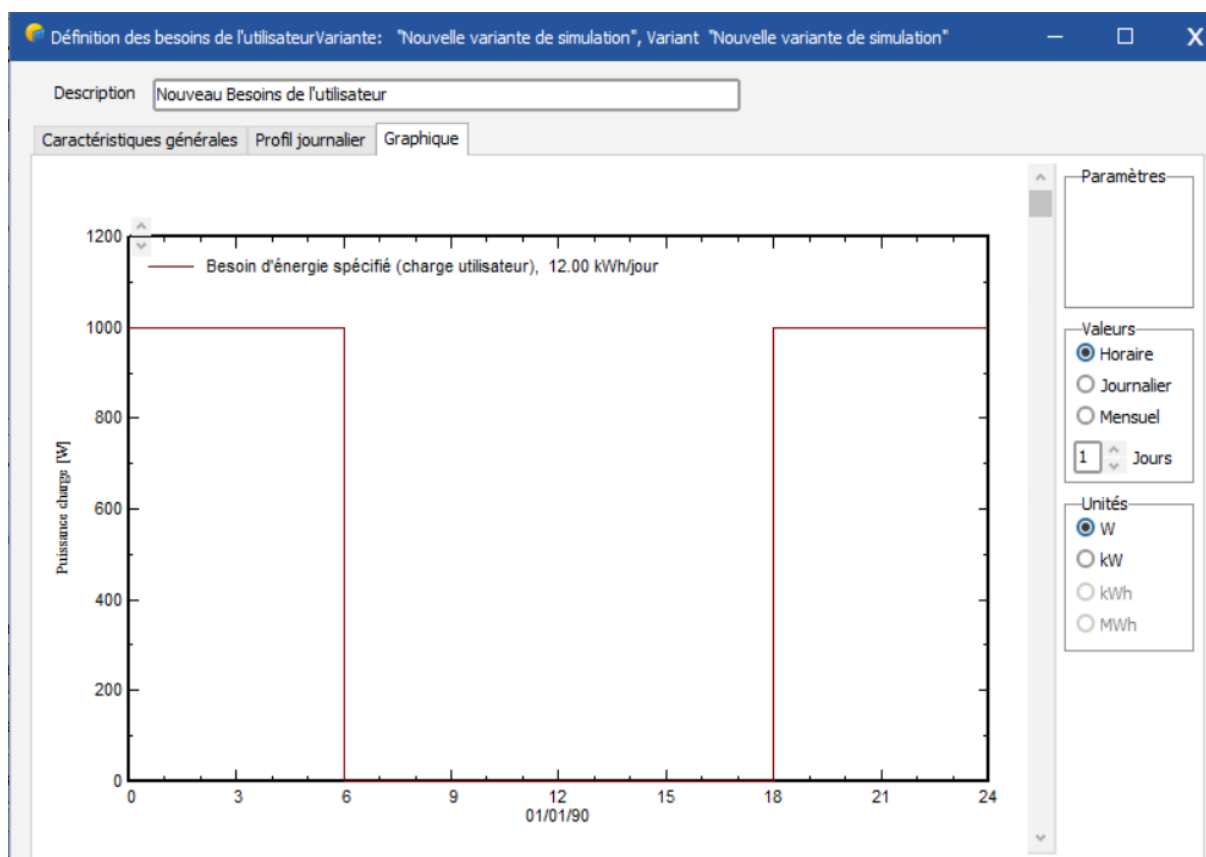


Figure .IV.4: Besoin d'énergie spécifié (charge utilisateur) obtenue à partir du logicielPVsyst.

IV.4. Les étapes de dimensionnement (autonome) :

IV.4.1. Connaître le site d'installation et ses caractéristiques :

La production annuelle d'électricité dépend de plusieurs facteurs :

- L'enneillement 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.4.2. Irradiation :

L'Algérie est parmi les pays les mieux dotés en ressources solaires au monde la figure VI-4 représente le taux journalier : annuels moyens de l'irradiation globale horizontale en Algérie

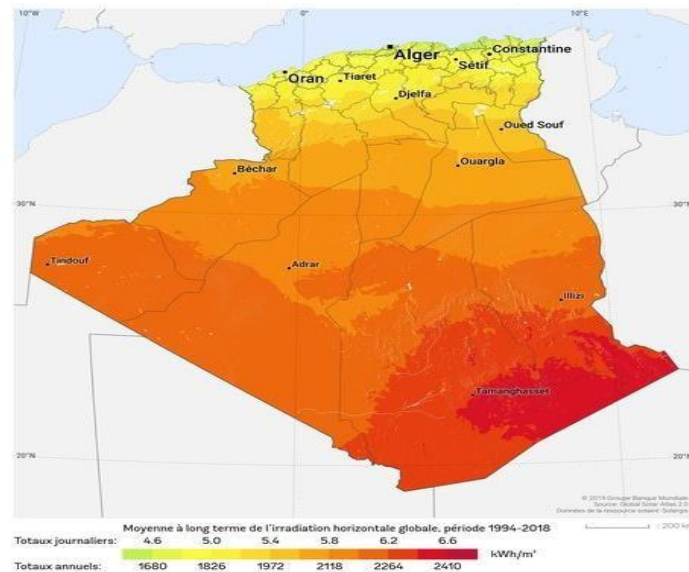


Figure IV. 5 : Irradiation globale horizontale Algérie.

IV.4.3. 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.4.4. puissance maximal atteinte :

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

IV.4.5. Définition du système :

IV.4.5.1 Dimensionnement du stockage :

- Caractéristique de la batterie :

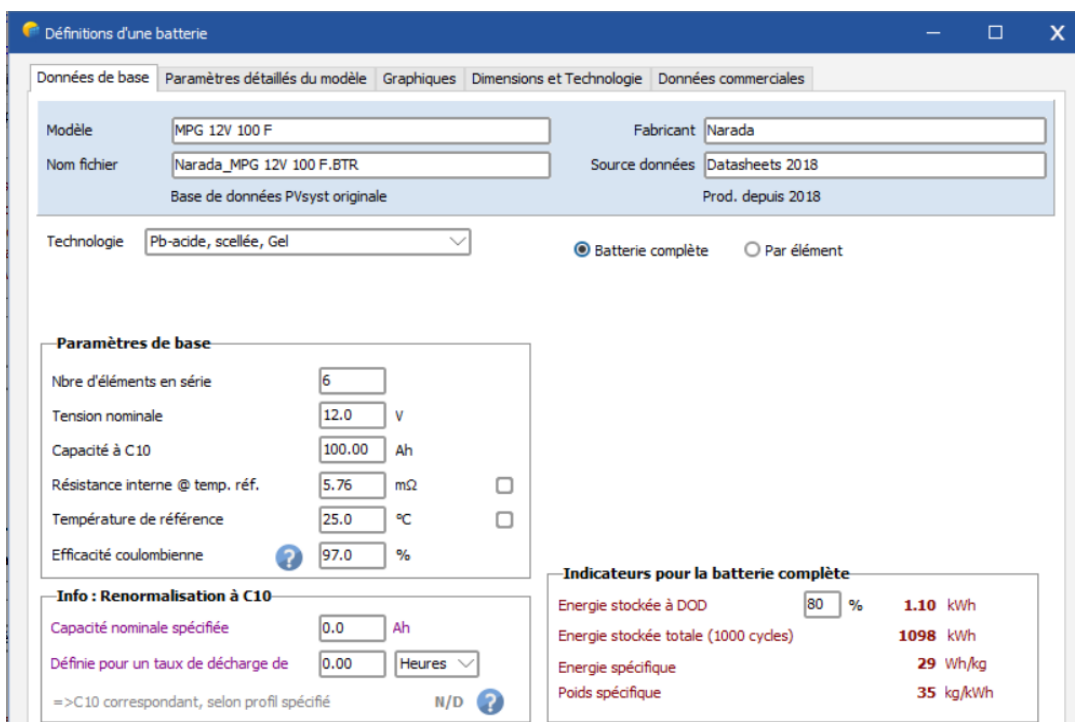


Figure IV. 6: caractéristiques de la batterie

-Détermination du nombre des batteries:

$$C_B = \frac{C_j}{V_{inst} \times DOD \times \eta_B} \times A_{ut}$$

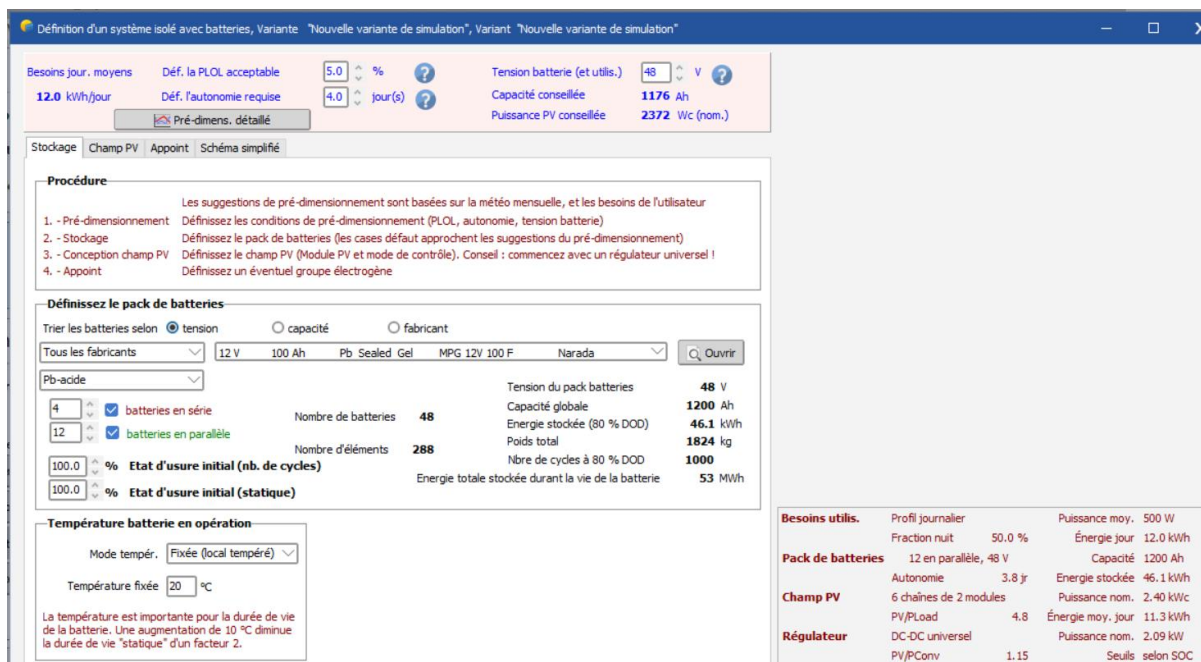


Figure IV. 7: Dimensionnement du stockage

CB	NBs	NBp
1176 Ah	4 batt	12 branches

Tableau.IV.2 Résultat de dimensionnement (stockage)

IV.4.5.2 Dimensionnement du générateur PV :

-Champ PV

The screenshot shows the 'Définition d'un système isolé avec batteries' interface. Key sections include:

- Stockerie:** Nom 'Champ PV', Inclinaison 33°, Azimut 0°.
- Sélection du module PV:** Zebra Energy ZBR-200M5, 200 Wp, 32V, Si-mono.
- Choisissez le mode de régulation et le régulateur:** Régulateur universel, Convertisseur avec entrée à tension Vdc fixe.
- Conception champ PV:** 12 modules, 6 chaînes, 15 m² surface.
- Cond. de fonctionnement:** Vmpp (60°C) 63 V, Vmpp (20°C) 76 V, Vco (-10°C) 101 V.
- Tableau des résultats:**

Beoins utilis.	Profil journalier	Puissance moy. 500 W
	Fraction nuit 50.0 %	Énergie jour 12.0 kWh
Pack de batteries	12 en parallèle, 48 V	Capacité 1200 Ah
	Autonomie 3.8 jr	Énergie stockée 46.1 kWh
Champ PV	6 chaînes de 2 modules	Puissance nom. 2.40 kWc
	PV/PLoad 4.8	Énergie moy. jour 11.3 kWh
Régulateur	DC-DC universel	Puissance nom. 2.09 kW
	PV/PCconv 1.15	Seuils selon SOC

Figure IV. 8 : Détermination du champ PV

-Choix des panneaux :

The screenshot shows the 'Définition d'un module PV' interface for the ZBR-200M5 module. Key sections include:

- Données de base:** Modèle ZBR-200M5, Fabricant Zebra Energy, Nom fichier Zebra_ZBR_200M5.PAN.
- Puissance nom. (aux STC):** 200.0 Wc, Tol. +/- 3.0, 3.0 %.
- Spécifications fabricant ou autres mesures:**

Cond. de référence	GRef	1000 W/m²	TRef	25 °C
Courant de court-circuit	Isc	5.710 A	Circuit ouvert Vco	45.20 V
Point de Puissance max.	Imp	5.350 A	Vmpp	37.40 V
Coefficient de tempér.	muIsc	2.3 mA/°C	Nbre cellules	72 en série
	ou muIsc	0.040 %/°C		
- Résultats du modèle interne:**

Cond. de fonctionnement	GOper	1000 W/m²	TOper	25 °C
Point de Puissance max.	Pmpp	200.1 W	Coeff. de température	-0.43 %/°C
	Courant Imp	5.39 A	Tension Vmpp	37.1 V
Courant de court-circuit	Isc	5.71 A	Circuit ouvert Vco	45.2 V
Efficacité	/ Surf. cellules	18.26 %	/ Surf. module	15.68 %
- Résumé du modèle - Paramètres principaux:**

R parall.	600 Ω
Rparall(G=0)	2500 Ω
R série model	0.51 Ω
R série max.	0.56 Ω
R série apparent	0.82 Ω
- Paramètres modèle:**

Gamma	0.930
IoRef	0.02 nA
muVco	-162 mV/°C
muPMax fixé	-0.44 /°C

Figure IV. 9: choix des modules PV

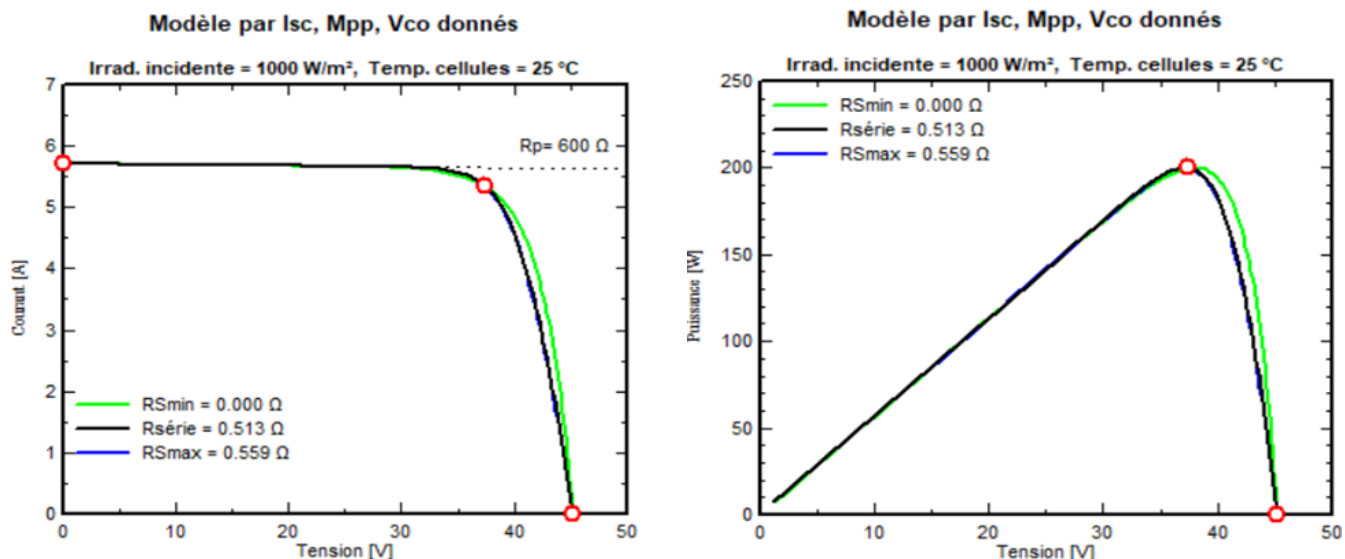


Figure IV. 10: Courbe I/V, Courbe P/V obtenue à partir du logicielPVsyst.

Pc	Ns	Nbp
2.4KWc	2	6

Tableau.IV.3 Choix des modules PV

-Choix du régulateur :

Figure IV. 11 : Caractéristique de régulateur

-Schéma simplifié :

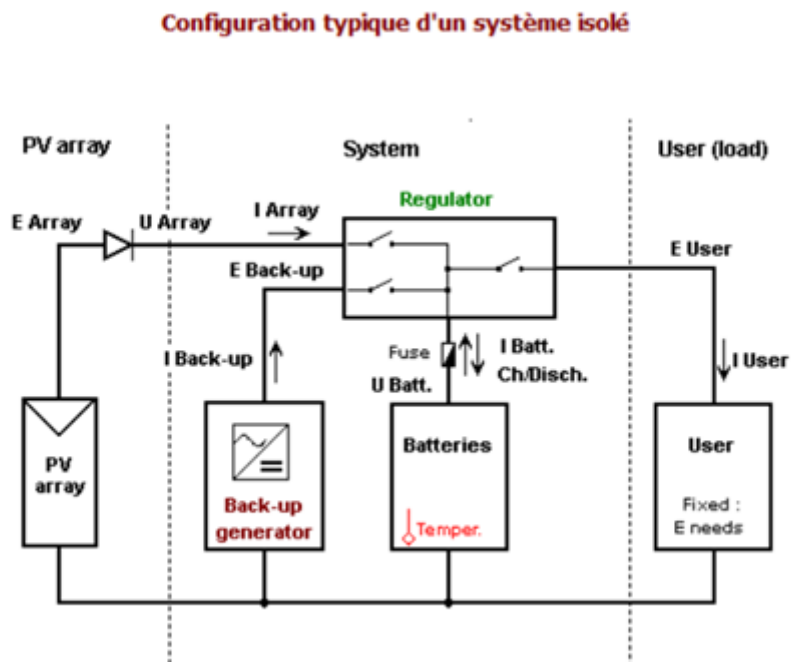


Figure IV.12 Schéma simplifié d'un système isolé obtenue à partir du logicielPVsyst.

IV.4.6. Résultat de la simulation :

Dans cette partie, nous examinerons en détail les résultats générés grâce à l'utilisation de PVsyst, tout en les soumettant à une analyse approfondie.

IV.4.6.1 Diagramme des pertes sur l'année entière :

Le diagramme présenté dans la **Figure IV.13**, résume les pertes influençant la production du système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effet d'incidence, pertes dues à la température du champ, pertes dues à la qualité des modules...etc. Cette analyse vise à décomposer les pertes éventuelles subies par la centrale PV.

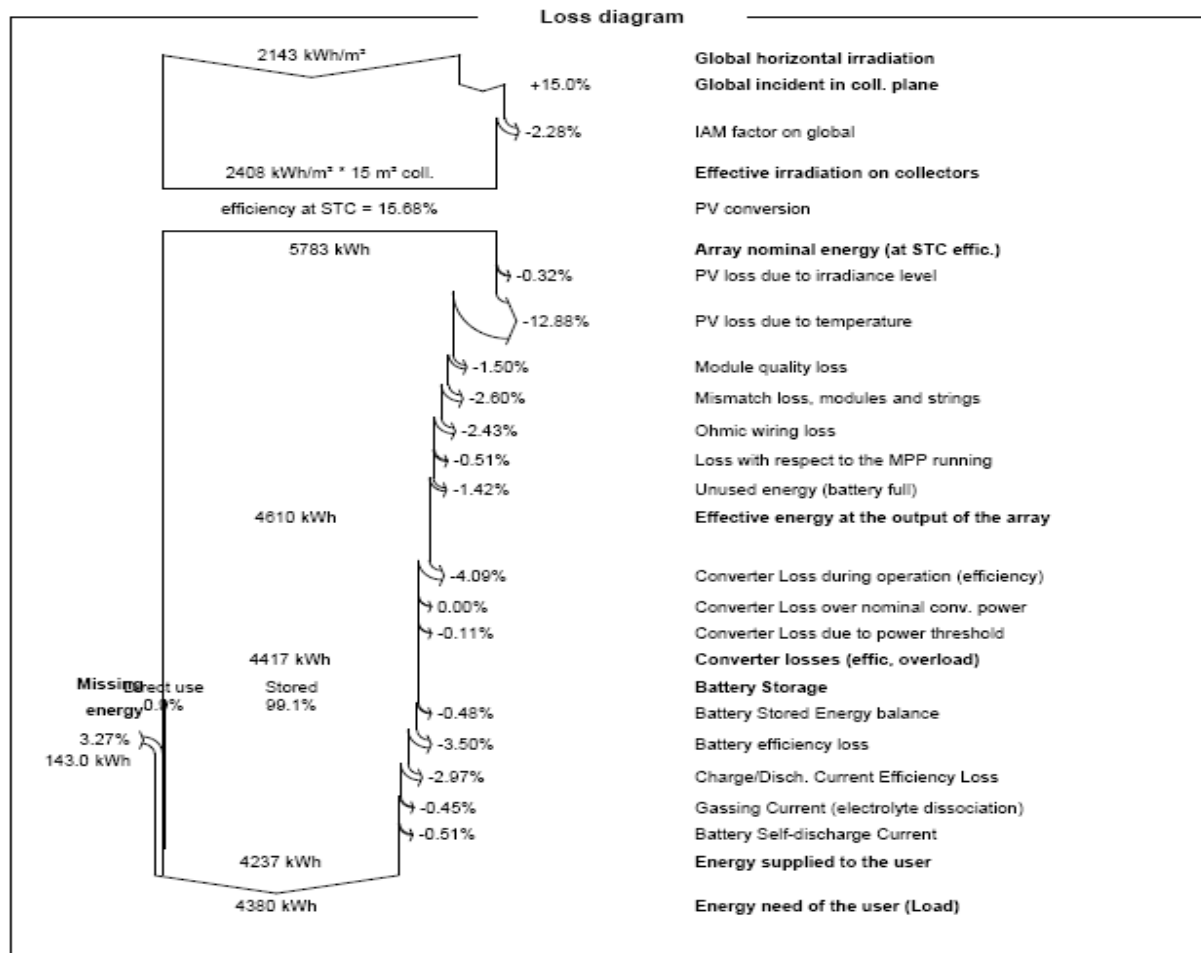


Figure IV.13 : Diagramme des pertes sur l'année entière.

IV.4.6.2 Distribution de l'irradiation incidente :

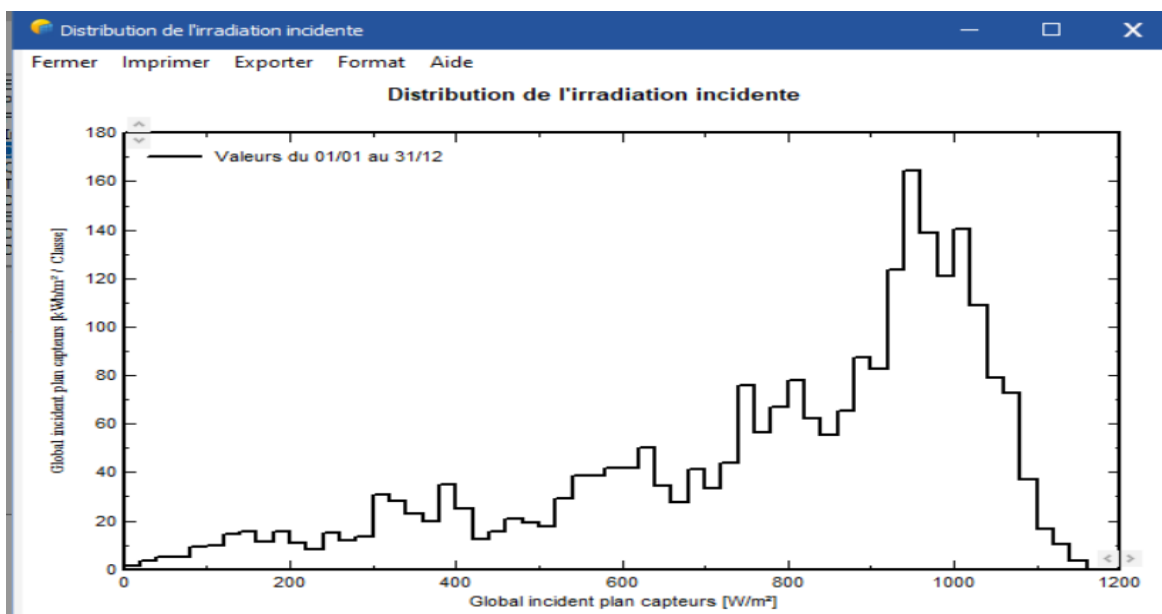


Figure IV.14 : Diagramme de l'irradiation incidente

IV.4.6.3 Les productions normalisées :

La quantité totale d'énergie électrique générée par le système PV tout au long de l'année pour chaque mois, Lc les pertes champ PV égales à 20.9 (KWh/kWp/jr) et Ls les pertes batterie à 6.3 (KWh/kWp/jr).

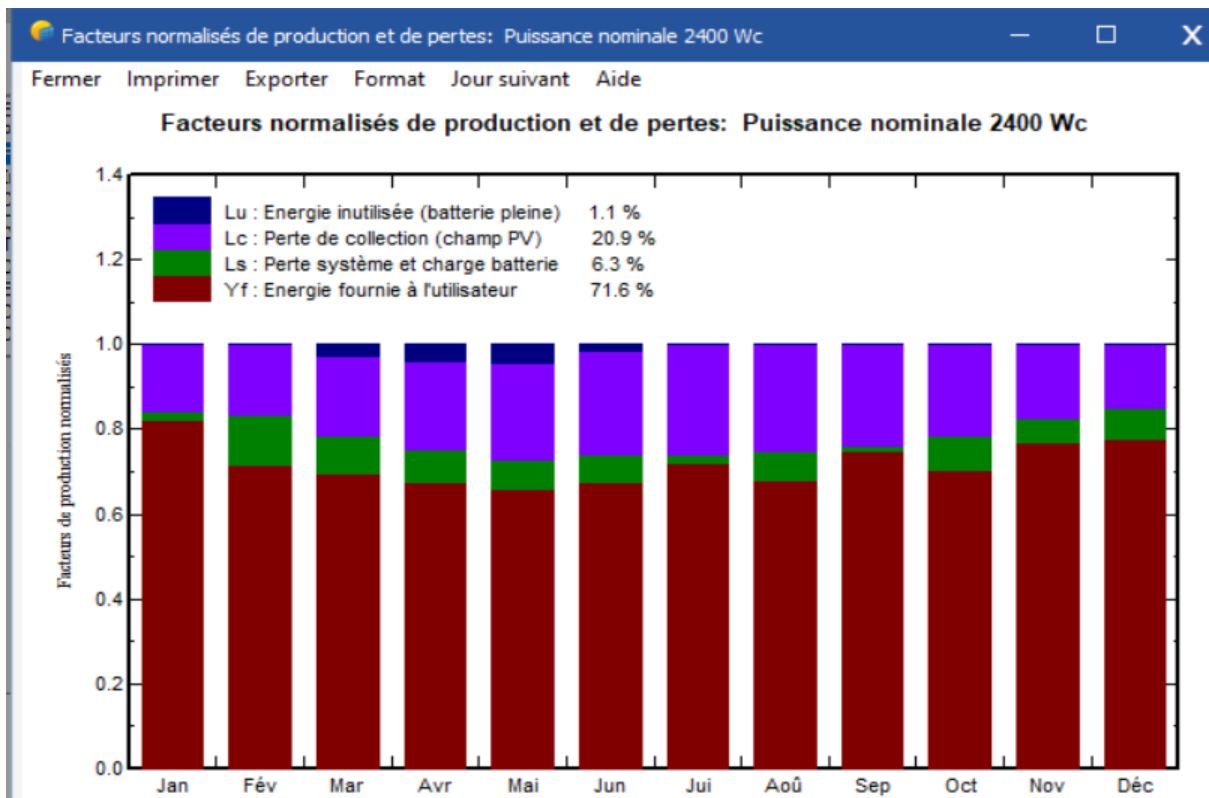


Figure IV.15 : Énergie utile produite par la station PV (à la sortie de batterie).

IV.4.6.4 Indice de performance et fraction solaire :

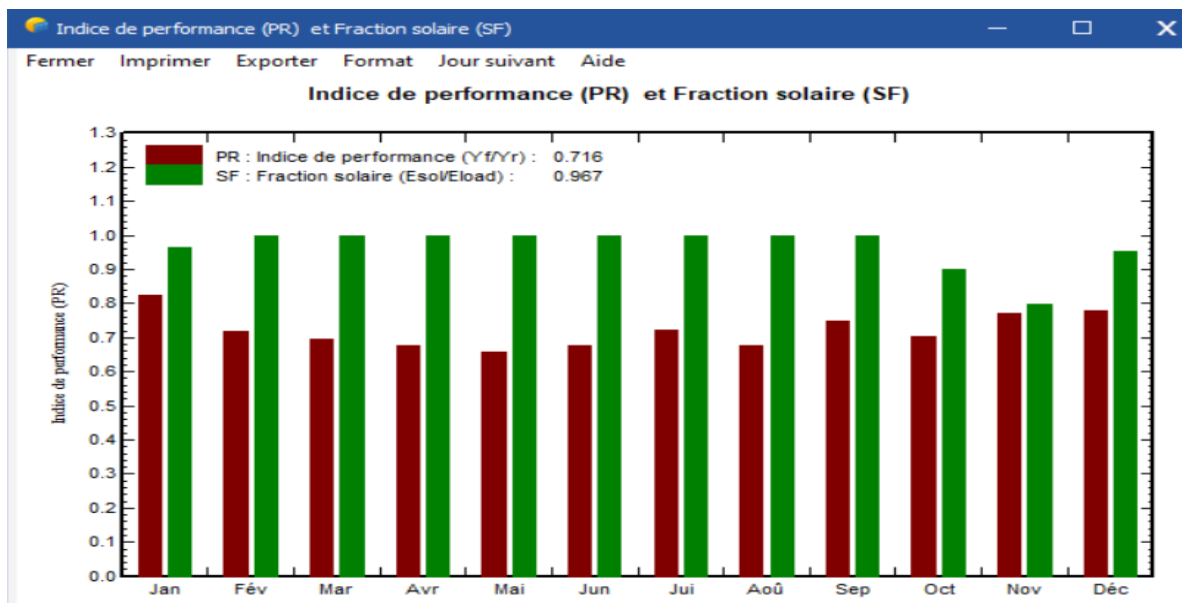


Figure IV.16 : Diagramme des indices(PR) et factions solaire(SF)

IV.4.6.5 Bilans et résultats :

Le **Tableau.IV.3** représente un récapitulatif de l'énergie reçue et délivrée par l'installation au cours d'une année, mois par mois.

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUunused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	113.4	177.8	351.5	0.00	13.87	358.1	372.0	0.963
February	136.4	191.5	374.9	0.00	0.00	336.0	336.0	1.000
March	183.0	217.8	415.3	13.54	0.00	372.0	372.0	1.000
April	212.0	216.3	406.5	21.05	0.00	360.0	360.0	1.000
May	249.5	228.6	418.8	24.33	0.00	372.0	372.0	1.000
June	248.2	215.5	385.2	7.51	0.00	360.0	360.0	1.000
July	231.7	209.2	365.3	0.01	0.00	372.0	372.0	1.000
August	227.9	222.7	394.0	0.00	0.00	372.0	372.0	1.000
September	175.9	196.0	349.9	0.00	0.00	360.0	360.0	1.000
October	149.5	194.2	356.7	0.00	37.75	334.3	372.0	0.899
November	104.8	152.1	293.6	0.00	73.41	286.6	360.0	0.796
December	110.1	185.9	371.4	0.00	18.00	354.0	372.0	0.952
Year	2142.6	2407.7	4483.0	66.43	143.02	4237.0	4380.0	0.967

Legends

- GlobHor Global horizontal irradiation
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- E_Avail Available Solar Energy
- EUunused Unused energy (battery full)
- E_Miss Missing energy
- E_User Energy supplied to the user
- E_Load Energy need of the user (Load)
- SolFrac Solar fraction (EUused / ELoad)

Tableau.IV.4 : Des principales variables et de leurs résultats.

IV.5. Les résultats de dimensionnement (connecté au réseau) :

IV.5.1 Dimensionnement du générateur PV :

-Champ PV

Figure IV.17 : Choix du champ PV

-Choix des modules PV

On a choisit le type de panneaux suivant :

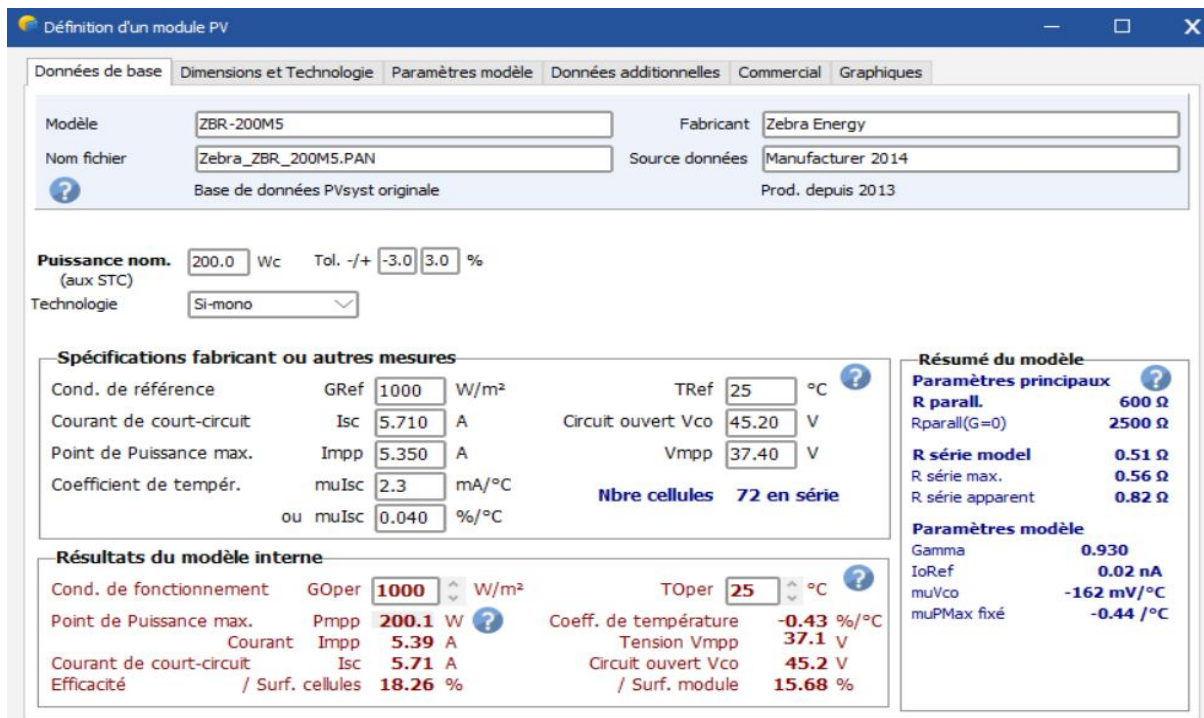


Figure IV.18: Choix des panneaux

- Détermination d'un nombre d'onduleurs à puissance correspondante :

Ça dépend de la fiche technique mais généralement l'ordre de grandeur est d'un onduleur solaire et de $85\% < \eta_{ond} < 99\%$

Donc on calcule avec 90%

$$P_{TOT} * 1,2 / 0,95 = (W) \quad 1,2: \text{facteur de correction et de sécurité}$$

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

Choix de l'onduleur :

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

Le rendement de l'onduleur est de $94\% < \eta_{ond}$

Donc on calcule avec 95%

$$P \text{ (kw)} = \frac{p_{max} \times 1,2}{0,95} \text{ avec } 1,2 \text{ comme facteur de correction et de sécurité}$$

$$P \text{ (kw)} = \frac{2 \times 1,2}{0,95} = 2,52 \text{ kw}$$

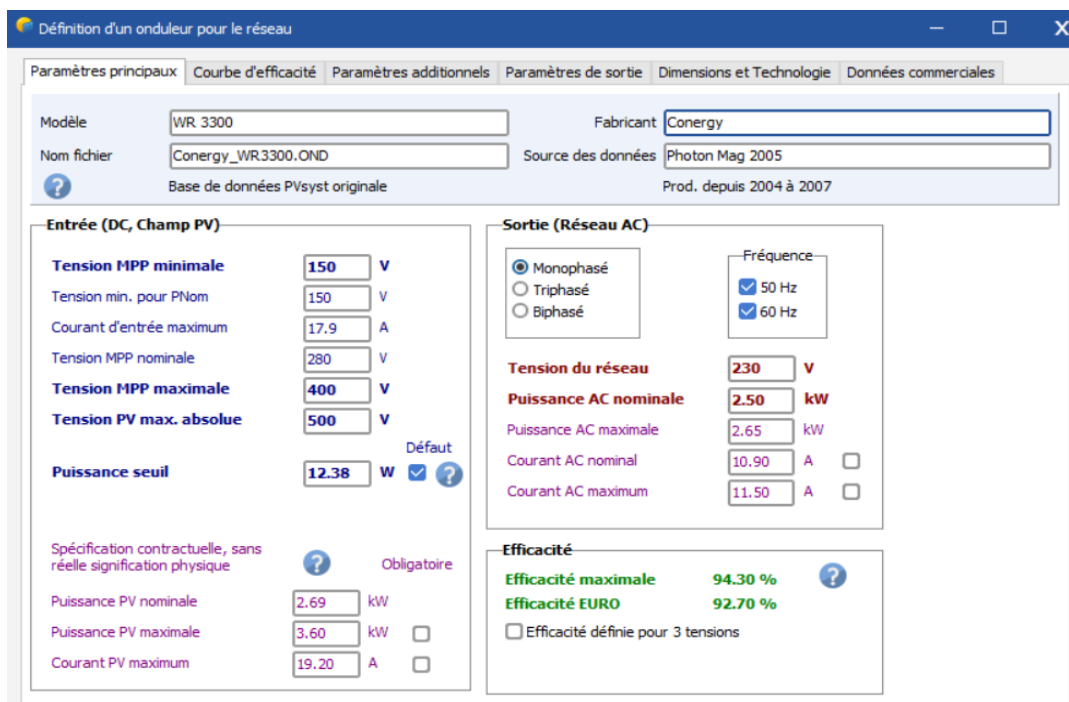


Figure IV.19 : Choix de l'onduleur.

-Schéma simplifié :

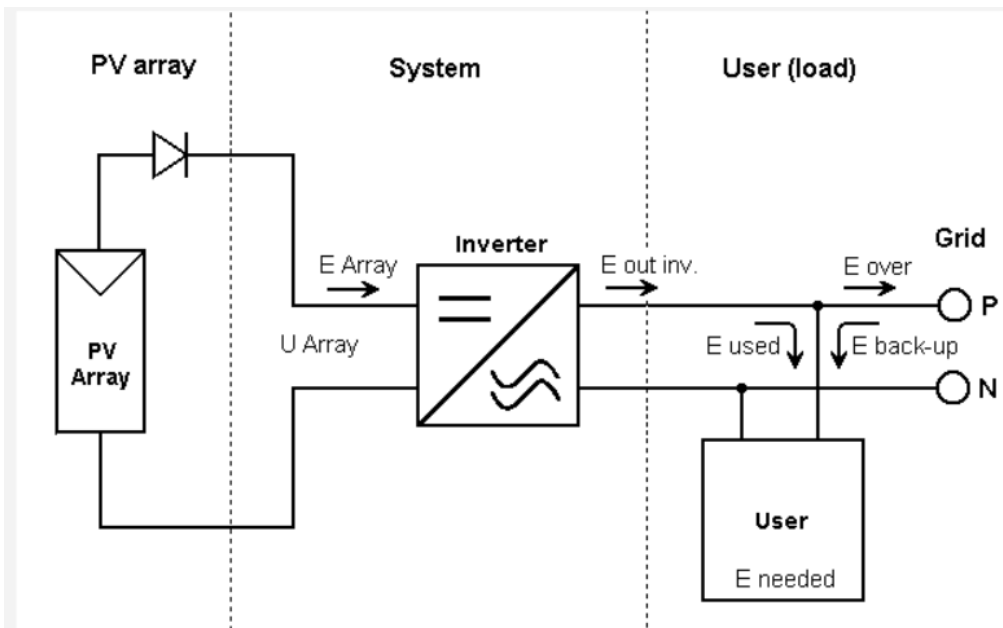


Figure IV.20 Schéma simplifié d'un système connecté au réseau obtenu à partir du logicielPVsyst.

IV.5.2. Suite à la simulation dans le PV Système :

IV.5.2.1.Énergie incidente de référence sur le plan des panneaux :

Représente la puissance maximale théorique que les modules photovoltaïques peuvent recevoir dans des conditions d'essai normalisées. L'énergie journalière incidente sur le plan des panneaux

est de 6.751 KWh/jour pour un fonctionnement en mode normal. (*Figure IV.18*)

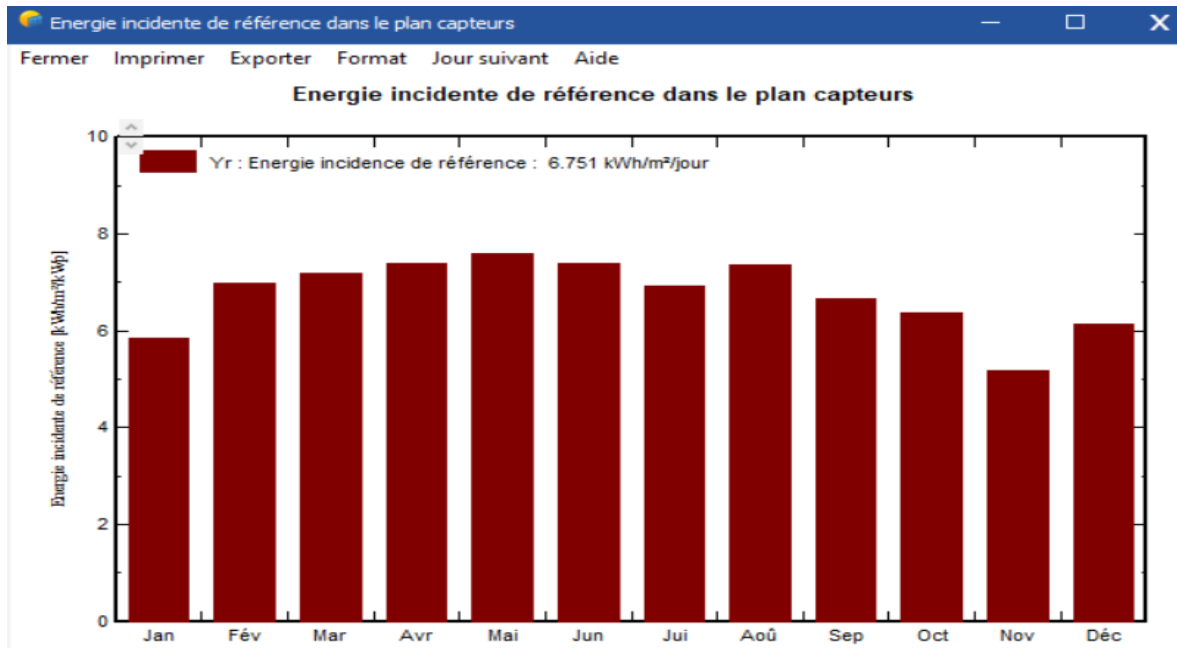


Figure IV.21 : Énergie incidente de référence sur dans le plan capteurs

IV.5.2.2.Énergie journalière a la sortie du système :

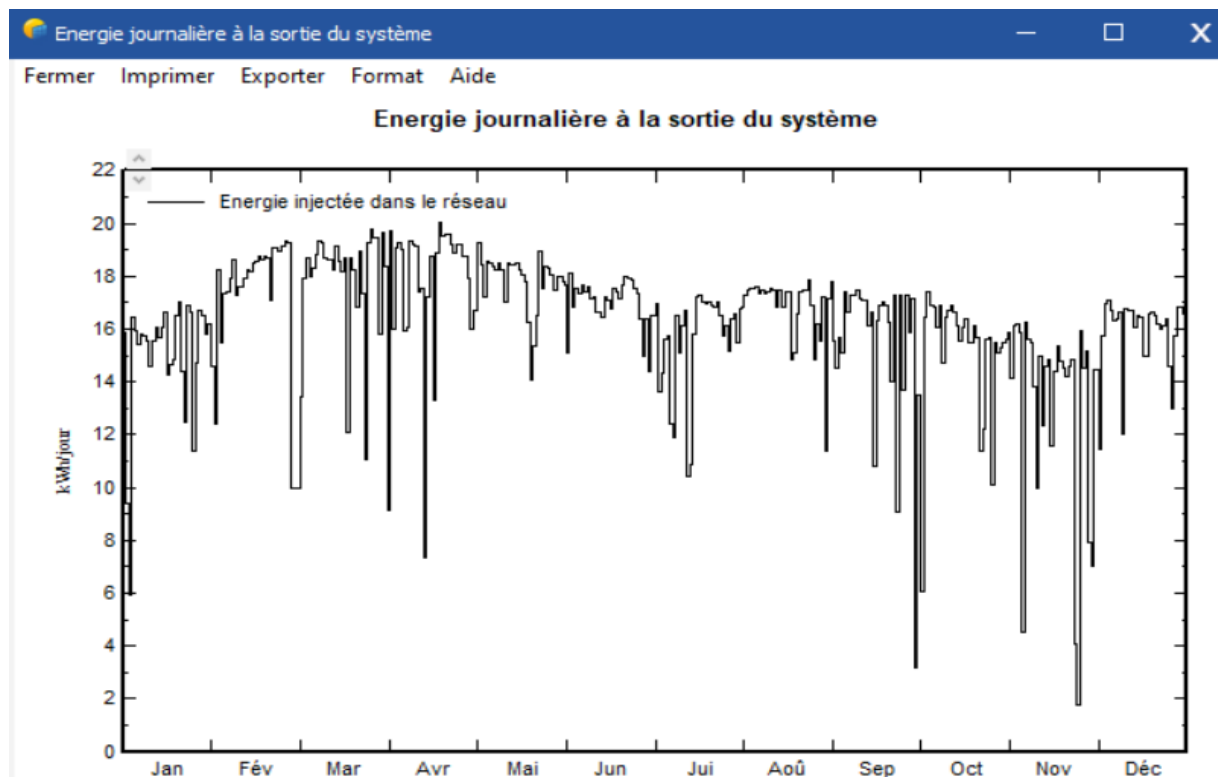


Figure IV.22 : Énergie journalière a la sortie du champ

IV.5.3. 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 :

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

ρ : 0,0185
 ε : 0,02

L : la longueur
 V : Tension de champ PV

I : courantsortiedechamp

IV.5.4. 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.5.5. Les éléments de protection électrique :

Fusible, sectionneur DC, leparafoudre DC, le disjoncteur, leparafoudre AC

IV.5.6. 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.5.7. 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. 23 La structure est en aluminium ou en alliage d'aluminium.

IV.6 Étude économique :

L'étude économique d'une installation photovoltaïque (PV) est une analyse approfondie de la viabilité financière du projet. Elle permet d'évaluer les coûts d'investissement, les recettes générées par la vente d'électricité et la rentabilité globale de la centrale sur sa durée de vie.

1.6.1 Le coûts de l'installation PV

Ce coût comprend l'investissement initial, ainsi que les coûts d'exploitation, de maintenance pendant la durée de vie de centrale PV. [15]

1.6.1.1 L'investissement initial de l'installation solaire PV

Etant le coeur de tout projet, l'investissement est une dépense qui se distingue des autres par le fait qu'il ne se produit qu'une fois durant la durée de vie du projet et prend en considération les projections dans l'avenir. Ici l'investissement regroupe les coûts fixes (le coût de réalisation de la centrale ou investissement initial) et les coûts variables (les coûts annuels d'exploitation et de maintenance). Le coût de réalisation de la centrale inclut l'achat des équipements, du site, le génie civil et le coût du transport durant la construction. [15]

I.6.1.2 La maintenance de l'installation solaire PV

La maintenance est l'ensemble des activités visant à maintenir ou à rétablir le service de la centrale pour assurer la continuité et la qualité de la production. Elle est composée d'une part de la maintenance préventive ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation des équipements et d'autre part la maintenance curative qui est effectuée après défaillance. Les actions de maintenance doivent être envisagées durant le cycle de vie de l'installation. Ces opérations sont effectuées par ordre de priorité d'assurance et de maintien de la sécurité des biens et des personnes. Le coût de la maintenance est évalué annuellement à près d'un pourcent (1%) de l'investissement initial de l'installation et il prend en compte les équipements à remplacer. Comme par exemple le remplacement des onduleurs chaque 10ans, le remplacement des connecteurs, des panneaux solaires cassés, des accessoires défectueux. [15]

IV.7. Traitement d'un exemple :***IV.7.1. Les données obtenues de la simulation de PV Sys sont :***

Nombre des panneaux est : 16 panneaux (8 en série et 2 en parallèle)

Surface utilisé : 20 m²

IV.7.2. 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.7.3. 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 fusible $1,5 \times I_{cc} \leq \text{calibre fusible} \leq 2 \times I_{cc}$

- Sectionneur DC

Tension assignée du fusible $\geq 1,15 \times V_{co} \times N_{ms}$

Intensité nominale $\geq 1,5 \times I_{cc} \times N_{BP}$

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

Un compteur bidirectionnel Permet de contrôler la quantité d'énergie prélevée sur l'installatin et celle qui est stocker dans les batteries grâce au système d'énergie solaire.

Remarque : On n'a utilisés des batteries car notre installation est autonome (PV 100%) ,Pour cela on a utilisé un compteur de « production » et de « consommation ».

IV.7.4. Devis quantitatif & estimatif :

N°	Designationsdestraveaux	Unité	Quantité	MontantDA
1	panneauphotovoltaïque monocristallin TSM-DEG15MC-20-(II)-390-Bifacial	U	16	560 000
2	de support en charpente métallique galvanisé supportant tous les panneaux photovoltaïqueavecuneinclinaison32°	U	16	160 000
3	Les batteries MPG 12V 100F Pb-acide,scellé,Gel Narada	U	48	1 440 000
4	Onduleur solaire connecté auréseau de 160kw SUN2000-185KTL-INH0-50C	U	1	200 000
5	Socledebéton	U		300 000
6	Cable de liaison de panneau solaire	ML		200 000
7	Les éléments de protection électrique	ML		200 000
			Total TTC	3 060 000

Tableau IV. 5 devis quantitatif et estimatif

IV.7.5. Coût de maintenance

Le coût annuel de la maintenance et du remplacement des équipements est estimé à environ 1% de l'investissement initial dans la centrale [22].

$$C_m = \frac{1}{100} \times C_i \qquad C_m = 306000 \text{ DA/ an}$$

IV.7.6. La durée du projet

Pour finaliser le projet de cette installation photovoltaïque connecté au réseau il nous faut 30 jours au maximum, 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.7.8. 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.8. La rentabilité***IV.8.1. 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 d'équipement et installation **3060000Da,**

Le coût de l'énergie que l'installation permet d'économiser en 1an **809540.14 Da,**

Le résultat du calcul est de 3 **ans**, cela signifie que nous aurons récupéré le cout d'un investissement au bout de trois 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.8.2. 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 qui sera fournie par le système tout au long de sa durée de vie.

Si un équipement « énergie renouvelable » a une durée de vie de 30 ans, cette méthode considère que vous payez d'avance 30 ans d'énergie en installant cet équipement dans votre logement et compare ce coût à celui de 30 ans de consommation d'énergie via un équipement «classique ».

Quantité d'énergie économisée	
Energie consommé annuelle	4483 KW
Durée de vie	30 ans
Consommation total	134490KW
Prix de l'énergie fournit par (Sonelgaz)	180.58 DA/KW
Le coût de maintenance par an	306000
le coût d'investissement	3060000DA

Tableau VI.6 : Méthode : Comparaison du coût.

- D'après les résultats de la simulation l'énergie annuelle produite est 4483 KWh par an

E annuelle = **4483 KWh/ an**

- **Le cout de l'énergie :**

Cénergies = **E** annuelle × **P**rix unitaire × **30** ans

Cénergies = **24286204.2 DA**

Après le temps de retour (3 ans) :

Coût de cette énergie : Le prix unitaire de l'énergie renouvelable est calculé en divisant le prix de maintenance par la quantité d'énergie produite : $306000 \text{ DA}/4483 \text{ KWh} = 68.25 \text{ DA/Kw}$.

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

D'après la comparaison on peut voir que cet investissement est efficace et économique pendant la durée de vie proposée.

IV.9. 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 avonstrouvé 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 toisans 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 **5000 000** Da, pour lui permettre d'éviter de payer des factures d'électricité à la compagnie d'électricité

Conclusio

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 unitéindustrielpeuts'appuersurl'énergiesolaire 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.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- [1] www.vrai-debat.org/IMG/pdf/Document%20Laponche.pdf ,Le 02/05/2024 à 17:10
- [2] Ministère de l'énergie <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=electricite-et-gaz>.Le 04/05/2024 à 20:32
- [3] MESSAD Oussama, AGGUINI Nouh, «Calcul des paramètres et caractéristiques des lignes électriques triphasées», Mémoire de fin d'études de MASTER Académique, Université Mouloud Mammei, TIZI-OUZOU, 2021.
- [4] BENBAHIM Samah, RIGHI Maria, «Etude par simulation d'un stabilisateur de puissance PSS», Mémoire de Licence, Université Amar Tlelidji LAGHOUAT, 2021.
- [5] BOUCHIBA Oum el khir, «Energie Renouvelable», Support de cours, Université Amar Tlelidji, LAGHOUAT, 2022.
- [6] NAIM Houcine, «Etude de gestion d'une mini-centrale solaire et mise point d'un dispositif automatique de mesure ; contrôles et régulation de l'énergie électrique», Thèse de Doctorat LMD, Université Mohamed Boudiaf, Oran, 2016.
- [7] F. Chekired, «Etude et implémentation d'une commande MPPT neuro-floue sur FPGA», mémoire de Magister, Ecole National Polytechnique, Alger, 2008.
- [8] Dr. BIRANE Mouhoub, «systèmes de conversion de l'énergie photovoltaïque», Support de cours destiné aux étudiants de Master Energie Renouvelable, Université Amar Tlelidji, LAGHOUAT, 2019.
- [9] Bernard EQUER, «Energie solaire photovoltaïque » Jeune, 2005.
- [10] Photovoltaic systems engineering / Roger Messenger, Jerry Ventre. SECOND EDITION. 2004
- [11] LAGGOUNE Mohamed Laid, SERAYE Meftah, «Etude technico-économique d'une installation photovoltaïque», Mémoire Master Académique, Université Kasdi Merbah, OUAREGLA, 2022.

- [12] <https://www.encyclopedie-energie.org/lenergie-solairephotovoltaique-pv-une-filiere-competitive-en-site-isole/> . le 17/06/2024 à 14 :20
- [13] K. Ouabdelkader, H.Mersl, «Modélisation et contrôle d'un système photovoltaïque connecté au réseau », Mémoire Master, UniversitéAbdelrrahmane Mira, BEJAIA, 2015.
- [14]S.Bellakehal, «Conception et commande des machines amants a permanents dédiées aux énergies renouvelables», Thèse Doctorat, Université de Constantine, 2010.
- [15]Abdoulaye Diagne, « Etude technico-économique d'une centrale solaire photovoltaïque de 10MWc raccordée au réseau HTA de La dorsal de LourEscale » UniversitéAssaneSeck de Ziguinchor, 2023.

Annexex

Annexe

ANNEXE 1 :



Version 7.2.11

PVsyst - Simulation report

Stand alone system

Project: Maria 2 Autonome

Variant: Nouvelle variante de simulation

Stand alone system with batteries

System power: 2400 Wp

Hassi R'mel - Algérie

| Author

ANNEXE 2 :



PVsyst V7.2.11
 VCO, Simulation date:
 19/06/24 11:23
 with v7.2.11

Project: Maria 2 Autonome
 Variant: Nouvelle variante de simulation

Project summary

Geographical site		Situation		Project settings	
Hassi R'mel		Latitude	32.94 °N	Albedo	0.20
Algerie		Longitude	3.40 °E		
		Altitude	764 m		
		Time zone	UTC+1		
Meteo data					
Hassi R'mel					
PVGIS apl TMY					

System summary

Stand alone system		Stand alone system with batteries			
PV Field Orientation		User's needs			
Fixed plane		Daily profile			
Tilt/Azimuth	33 / 0 °	Constant over the year			
		Average			
		12.0 kWh/Day			
System information					
PV Array					
No. of modules	12 units	Battery pack		Technology	
Prism total	2400 Wp			Lead-acid, sealed, Gel	
				Nb. of units	
				48 units	
				Voltage	
				48 V	
				Capacity	
				1200 Ah	

Results summary

Available Energy	4483 kWh/year	Specific production	1868 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	71.66 %
Used Energy	4237 kWh/year			Solar Fraction SF	96.73 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	5
Main results	6
Loss diagram	7
Special graphs	8

ANNEXE 3 :



PVsyst V7.2.11
 VCO, Simulation date:
 19/06/24 11:23
 with v7.2.11

Project: Maria 2 Autonome
 Variant: Nouvelle variante de simulation

General parameters

Stand alone system		Stand alone system with batteries											
PV Field Orientation		Sheds configuration					Models used						
Orientation		No 3D scene defined					Transposition		Perez				
Fixed plane							Diffuse		Imported				
Tilt/Azimuth		33 / 0 °					Circumsolar		separate				
User's needs													
Daily profile													
Constant over the year													
Average		12.0 kWh/Day											
Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	0	0	0	W
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	W

PV Array Characteristics

PV module		Battery	
Manufacturer	Zebra Energy	Manufacturer	Narada
Model	ZBR-200MS	Model	MPG 12V 100 F
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Unit Nom. Power	200 Wp	Nb. of units	12 in parallel x 4 in series
Number of PV modules	12 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	2400 Wp	Stored energy	47.5 kWh
Modules	6 Strings x 2 in series	Battery Paok Characteristics	
At operating cond. (60°C)		Voltage	48 V
Pmpp	2137 Wp	Nominal Capacity	1200 Ah (C10)
U mpp	66 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	32 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Technology	DC-DC converter	approx.	53.1 / 50.7 V
Temp. coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Converter		approx.	47.3 / 46.1 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
DC input voltage	0.0 V		
Total PV power			
Nominal (STC)	2 kWp		
Total	12 modules		
Module area	15.3 m²		
Cell area	13.2 m²		

ANNEXE 4 :



PVsyst V7.2.11
 VCO, Simulation date:
 19/06/24 11:23
 with v7.2.11

Project: Maria 2 Autonome
 Variant: Nouvelle variante de simulation

Array losses					
Thermal Loss factor		DC wiring losses		Series Diode Loss	
Module temperature according to irradiance					
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Global array res.	34 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	0.9 % at STC
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	1.5 %	Loss Fraction (Fixed voltage)	2.5 %	Loss Fraction	0.1 %
IAM loss factor					
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cos(i) - 1)					
bo Param.	0.05				

ANNEXE 5 :



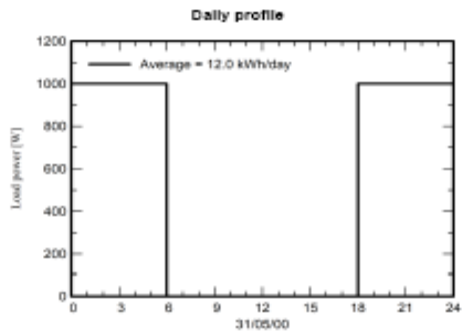
PVsyst V7.2.11
 VCO, Simulation date:
 19/06/24 11:23
 with v7.2.11

Project: Maria 2 Autonome
 Variant: Nouvelle variante de simulation

Detailed User's needs

Daily profile, Constant over the year, average = 12.0 kWh/day

Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	W
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	0	0	0	W
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	W
	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	W



ANNEXE 6 :

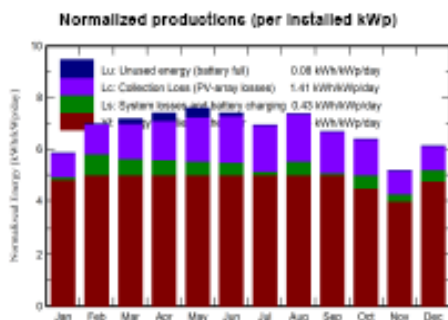


Project: Maria 2 Autonome
 Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.2.11
 VCD, Simulation date:
 19/06/24 11:23
 with V7.2.11

Main results

System Production			
Available Energy	4483 kWh/year	Specific production	1868 kWh/kWp/year
Used Energy	4237 kWh/year	Performance Ratio PR	71.65 %
Excess (unused)	66 kWh/year	Solar Fraction SF	96.73 %
Loss of Load		Battery aging (State of Wear)	
Time Fraction	3.7 %	Cycles SOI	93.7 %
Missing Energy	143 kWh/year	Static SOI	91.7 %
		Battery lifetime	12.0 years



Balances and main results

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	ratio
January	113.4	177.8	351.5	0.00	13.87	368.1	372.0	0.963
February	136.4	191.5	374.9	0.00	0.00	336.0	336.0	1.000
March	183.0	217.8	415.3	13.54	0.00	372.0	372.0	1.000
April	212.0	216.3	406.6	21.06	0.00	360.0	360.0	1.000
May	249.5	228.6	418.8	24.33	0.00	372.0	372.0	1.000
June	248.2	215.5	385.2	7.51	0.00	360.0	360.0	1.000
July	231.7	209.2	365.3	0.01	0.00	372.0	372.0	1.000
August	227.9	222.7	394.0	0.00	0.00	372.0	372.0	1.000
September	175.9	196.0	349.9	0.00	0.00	360.0	360.0	1.000
October	146.6	194.2	356.7	0.00	37.75	334.3	372.0	0.899
November	104.8	152.1	293.6	0.00	73.41	286.6	360.0	0.796
December	110.1	185.9	371.4	0.00	18.00	354.0	372.0	0.952
Year	2142.6	2407.7	4483.0	66.43	143.02	4237.0	4380.0	0.967

Legende

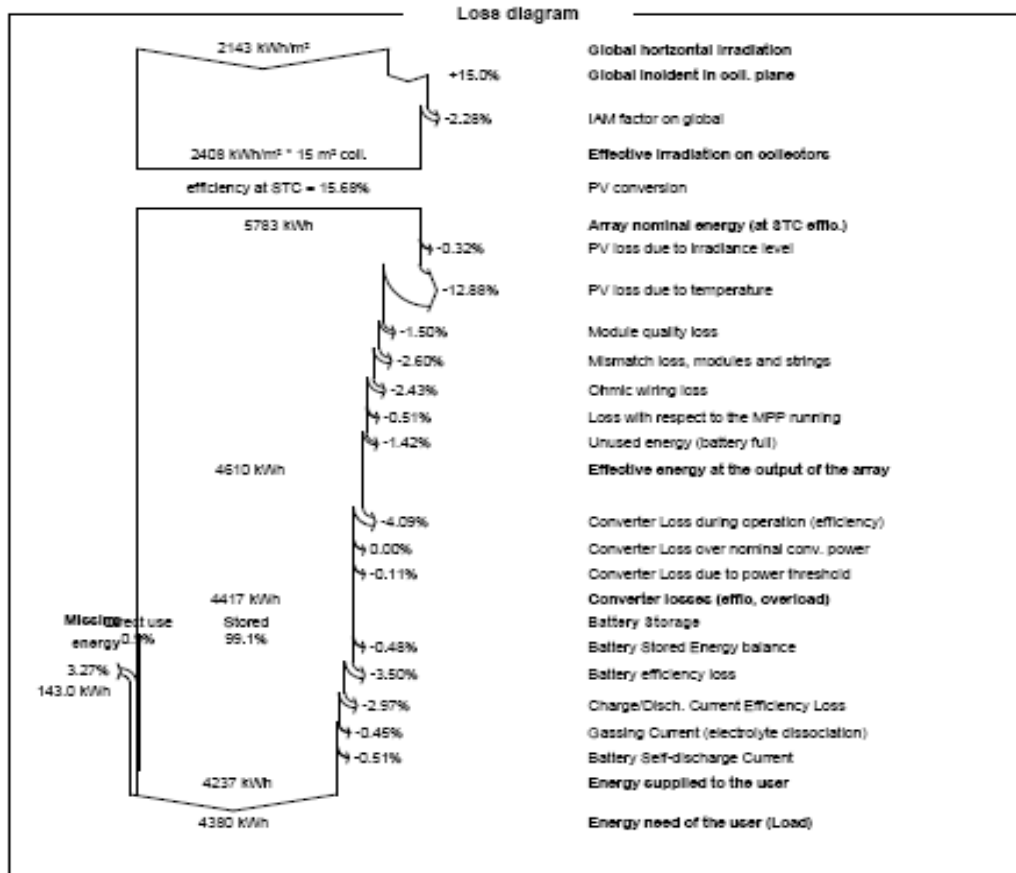
GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		

ANNEXE 7 :



PVsyst V7.2.11
 V03, Simulation date:
 19/06/24 11:23
 with v7.2.11

Project: Maria 2 Autonome
 Variant: Nouvelle variante de simulation



ANNEXE 8 :



PVsyst V7.2.11
VCO, Simulation date:
19/06/24 11:23
with v7.2.11

Project: Maria 2 Autonome
Variant: Nouvelle variante de simulation

