



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



Université Ahmed Draya D'Adrar

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Commande Electrique

Thème

*Etude d'évaluation du projet national
Des centrales PV connectée au
Réseau (PIAT) Adrar*

Présenté par :

- Temouz Ahmed
- Mouedden Abdelkader

Membres de jury:

| | | |
|-------------------------------------------------|-------|--------------------|
| Encadreur : Mr Dahbi Hassan | (MAA) | Université D'Adrar |
| Examineur : Dr Chabani Sououdi Boumedién | (MCB) | Université D'Adrar |
| Examineur : Mr Masmoudi Mohamed | (MAA) | Université D'Adrar |

Année universitaire 2020/2021

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne populaire et démocratique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAYA - ADRAR
BIBLIOTHÈQUE CENTRALE
Service de recherche bibliographique
N°.....B.C/S.R.B//U.A/2021



جامعة احمد دراية - ادرار
المكتبة المركزية
مصلحة البحث البيبليوغرافي
الرقم.....م.م/م.ب.ب/ج.أ/2021

شهادة الترخيص بالايذاع

انا الاستاذ(ة): الدهي حسن
المشرف مذكرة الماستر
الموسومة ب:

Etude d'evaluations du projet national Des centrales PV connectée au Roseau (PIAT) Adrar

من انجاز الطالب(ة): طموز احمد
و الطالب(ة): مؤذن عبدالقادر
كلية: علوم وتكنولوجيا
قسم: علوم وتكنولوجيا
تخصص: تحكم كهربائي

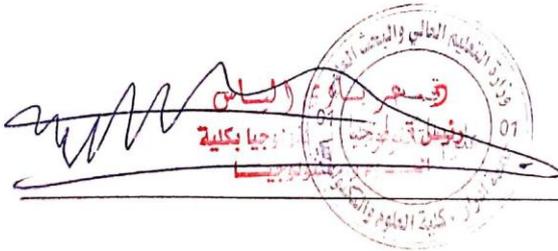
تاريخ تقييم / مناقشة: 2021 / 06 / 05

اشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين
النسخة الورقية والالكترونية استوفت جميع شروطها
ويامكانهم ايداع النسخ الورقية (02) والالكترونية (PDF)

امضاء المشرف:

ادرار في: 06/07/2021

مساعد رئيس القسم



لا تقبل اي شهادة بدون التوقيع والمصادقة.



Remerciement

En préambule à ce mémoire

Nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et courage durant

Ces longues années d'étude.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous

Ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire Ainsi qu'à la

Réussite de cette formidable année universitaire.

Nous tenant à remercier sincèrement Mr DAHBI HASSAN,

En tant qu'Encadreur, qui à

Toujours montré à l'écoute très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire,

*Enfin, nous adressons plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont
toujours soutenue et encouragée*

Au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous

Dédicaces

Dieu soit loué, qui nous a aidés avec la connaissance, nous a parés de rêves, nous a honorés de piété et nous a bénis de bien-être. Je dédie ce travail :

- ✓ À la source de l'amour que le temps ne trouble pas eux, et l'abondance de tendresse qui ne s'oppose pas à mes honorables parents, que Dieu prolonge leur vie
- ✓ À tous les frères et sœurs, chacun en son nom
- ✓ À tous ceux qui ont aidé moi en accomplissant cette note
- ✓ À chaque étudiant de la connaissance et de la connaissance.

ABDELKADER

Dedicates

Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère mère, ma femme, et mes des enfants.

Mes très chers frères.

Mes très chères sœurs les plus chères.

Mes amis et toute la famille TEMOUZ.

TEMOUZ AHMED

Résumé :

L'objectif de cette recherche est d'évaluer le projet national SKTM de centrales photovoltaïques connectées au réseau de l'Adrar (PIAT). afin de connaître l'efficacité de ce projet et l'étendue de sa contribution à la réalisation du développement durable et à la réduction de la consommation de gaz d'une part. D'autre part, dans quelle mesure ces stations affectent le réseau principal. Et étudier les avantages et les inconvénients et proposer des solutions possibles pour éviter ce problème et donner une bonne et haute qualité au réseau électrique.

Mots clés : Réseau électrique, Centrales PV, Qualité d'énergie électrique.

ملخص:

الهدف من هذا البحث هو تقييم مشروع SKTM الوطني للمحطات الكهروضوئية المتصلة بشبكة أدرار (PIAT). من أجل معرفة فاعلية هذا المشروع ومدى إسهامه في تحقيق التنمية المستدامة وتقليل استهلاك الغاز من جهة. ومن ناحية أخرى، مدى تأثير هذه المحطات على الشبكة الرئيسية. ودراسة المزايا والعيوب واقتراح الحلول الممكنة لتفادي هذه المشكلة وإعطاء نوعية جيدة وجودة عالية لشبكة الطاقة الكهربائية.

الكلمات المفتاحية: شبكة الكهرباء، المحطات الكهروضوئية، جودة الطاقة الكهربائية.

Summary :

The objective of this research is to evaluate the SKTM national project for photovoltaic plants connected to the Adrar grid (PIAT). In order to know the effectiveness of this project and the extent of its contribution to achieving sustainable development and reducing gas consumption on the one hand. On the other hand, the extent to which these stations affect the main network. And studying the advantages and disadvantages and proposing possible solutions to avoid this problem and give good quality and high quality to the electrical power network.

Keywords: Electricity network, PV plants, Quality of electrical energy.

Sommaire

Table des matières

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Mots-clés : | 1 |
| Introduction Générale..... | 1 |
| Chapitre I : Les Centres photovoltaïque connecté au réseau distribution | 4 |
| I.1. Introduction..... | 3 |
| I.2. Rayonnement Solaire : | 3 |
| I.2.1. Rayonnement direct | 4 |
| I.2.2. Rayonnement diffus | 4 |
| I.2.3. Rayonnement réfléchi | 4 |
| I.2.4. Rayonnement global | 4 |
| I.3.Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque [5] | 5 |
| I.3.1. Les semi-conducteurs..... | 5 |
| I.3.2. Formation de la jonction PN : | 5 |
| I.4.Protection des générateurs photovoltaïques..... | 7 |
| I.4.1. La diode anti-retour..... | 7 |
| I.4.2. les diodes by-pass | 7 |
| I.5. Câblage [7]..... | 8 |
| I.5.1. Les système photovoltaïque avec batterie de stockage..... | 9 |
| I.5.2. Les systèmes à couplage direct sans batterie : | 9 |
| I.6. Système de stockage : | 11 |
| I.6.1. Les batteries au plomb | 11 |
| I.6.2. Les batteries au Nickel Cadmium | 11 |
| I.7. Convertisseurs DC/AC couplés au réseau | 11 |
| I.7.1. Onduleurs à fréquence variable : | 11 |
| I.7.2. Onduleurs auto- commutatif à fréquence fixe: | 11 |
| I.8. Système raccordés au réseau:..... | 12 |
| I.8.1. Injection de la totalité de la production : | 13 |
| I.8.2. Injection du surplus de production :..... | 13 |
| I.9. Installations photovoltaïques raccordées au réseau | 13 |
| I.9.1 Caractéristique électrique..... | 14 |
| I.10. Commande de maximisation de puissance | 15 |
| I.11. Compteur photovoltaïque..... | 16 |

Sommaire

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|
| I.11.1. Injection totale | 16 |
| I.11.2. Injection de surplus | 17 |
| I.12. L'onduleur..... | 17 |
| I.12.1. Principe de fonctionnement d'un onduleur PV..... | 18 |
| I.12.1.1. Onduleur de tension : | 18 |
| I.12.1.2. onduleur de courant : (souvent appelé commutateur de courant) | 19 |
| I.12.2. Critères de choix | 19 |
| I.12.3. Onduleur raccordés au réseau | 19 |
| I.13. Les inconvénients et les avantages de l'énergie photovoltaïque : | 20 |
| I.13.1. Les Avantages :..... | 20 |
| I.13.2. Les Inconvénients : | 20 |
| CHAPITRE II : Généralité sur les Réseaux électriques..... | 4 |
| II.1-Introduction : | 22 |
| II.2 Définition d'un réseau électrique : | 22 |
| II.3. L'objectif d'un réseau de transport d'énergie électrique :..... | 22 |
| II.4. Les Différents types des réseaux électriques :..... | 23 |
| II.4.1. Classification d'après la topographie : | 23 |
| II.4.1.1. Réseau aérien :..... | 23 |
| II.4.1.2 Réseau souterrain :..... | 23 |
| II.4.1.3 Réseau radiaux :..... | 23 |
| II.4.1.4 Réseau magistraux..... | 24 |
| II.4.1.5. Réseau bouclé : | 24 |
| II.4.1.6 Réseau maillé..... | 25 |
| II.4.2. Classification d'après le niveau de tension..... | 25 |
| II.4.2.1 Réseaux de Production | 26 |
| II.4.2.2. Réseau de Transport et d'interconnexion de l'énergie électrique | 27 |
| II.4.2.3. Répartition | 27 |
| II.4.2.4. Distribution de l'énergie électrique | 28 |
| II.5. Constitution d'un réseau électrique | 29 |
| II.5.1. Centrales électriques..... | 29 |
| II.5.2. Lignes électriques | 29 |
| II.5.2.1. Les lignes aériennes..... | 29 |
| II.5.2.2. Les lignes souterraines..... | 32 |
| II.5.3. Postes électrique | 32 |

Sommaire

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| II.5.3.1. Constitution d'un poste..... | 33 |
| II.6. Protections des réseaux électriques | 36 |
| II.6.1 Les défauts existant dans un réseau électrique | 36 |
| II.6.2. Les différents types des protections..... | 37 |
| II.7. Centre de dispatching (centre de conduite réseau) | 38 |
| II.8. Conclusion | 40 |
| CHAPITRE III : Etat de l'art sur le projet SKTM et le réseau PIAT | 16 |
| III.1. Introduction | 40 |
| III.2. Conception Générale de La SKTM..... | 40 |
| III.2.1. Présentation de SKTM | 40 |
| III.2.2. L'objectif de SKTM | 41 |
| III.2.3. Le Rôle de SKTM : | 41 |
| III.2.4. Réalisations et perspectives :..... | 41 |
| III.3. Situation des Gisements en Algérie : | 42 |
| III.3.1. Le Gisement Eolien de l'Algérie :..... | 42 |
| III.3.2. Gisement solaire Algérien..... | 42 |
| III.4. Réalisations des projets | 43 |
| III.4.1-Installation des Stations de mesures météorologiques..... | 45 |
| III.4.2. Installations pilotes pour tester les technologies disponibles..... | 45 |
| III.4.3. Parc ENR Actuel | 45 |
| III.5. Les différentes Réseaux EnR | 47 |
| III.5.1 Le Réseau Interconnecté du Nord « RIN » | 47 |
| III.5.3. Les Réseaux PIAT (Pôle d'IN SALAH, ADRAR et TIMIMOUNE)..... | 48 |
| III.6. Etude et nécessité de Réseaux PIAT suite au projet National des EnR | 49 |
| III.6.1.Introduction | 49 |
| III.6.2.Constitution de Réseaux PIAT | 49 |
| III.6.3 Ferme éolienne Kaberténe..... | 51 |
| III.6.3.1. Le principe de fonctionnement d'une éolienne..... | 51 |
| III.6.3.2. la Centrale Eolienne Kaberten..... | 52 |
| III.6.4.Les Centrales PV Connecté au Réseaux PIAT..... | 54 |
| III.7. La Centrale PV Adrar 20MWc..... | 55 |
| III.7.1. Introduction | 55 |
| III.7.2. Présentation Générale De La Centrale | 55 |
| III.6 7-2-1 Caractéristiques générales : | 55 |

Sommaire

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| III-7.2.2 Donnés Techniques de la centrale : | 56 |
| III.7.3. Types de Panneaux Photovoltaïques | 56 |
| III-7.4. Les boites de raccordement..... | 57 |
| III.7.5. L'Onduleur :..... | 58 |
| III.7.6. Les Transformateurs..... | 59 |
| III-7.7. Poste d'evacuation :..... | 60 |
| CHAPITRE IV : Analyse des données et interprétation des résultats..... | 42 |
| IV.1. Introduction..... | 61 |
| IV.2. Identification du réseau isolé d'ADRAR (PIAT) | 61 |
| IV.3. Analyse des données | 61 |
| IV.3.1 Contribution énergétique des installations EnR pour la couverture de la demande annuel du réseau PIAT | 62 |
| IV.3.3 Contribution énergétique des installations EnR pour la couverture de la demande annuelle du réseau Pôle d'Adrar | 64 |
| IV.4. Gain en heures de marche des groupes conventionnels | 64 |
| IV.4.1. Gain en heures de marche Anu 2016 | 64 |
| IV.4.2. Gain en heures de marche Année 2017..... | 65 |
| IV.4.3. Taux Annuel Gain en heures de marche des groupes conventionnels..... | 65 |
| IV.5. Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) | 66 |
| IV.5.1. Gain en combustible Année 2016 | 66 |
| IV.5.2. Gain en combustible Année 2017 | 66 |
| IV.5.3 Avantage Ecologique | 67 |
| IV.6. Evolution de la demande (Puissance maximale appelée en MW) de l'année 2017..... | 67 |
| IV.6. 1. Evaluation du PMA de La Journée du 09 Mars 2017 | 68 |
| IV.6. 2. Evaluation du PMA de la Journée du 09 Janvier 2021 | 69 |
| IV.7. Contribution énergétique de la centrale PV Adrar suite l'influence de la température ambiante et le de clairement au réseau PIAT..... | 71 |
| IV.8. Conclusion | 75 |
| Conclusion Générale | 75 |
| Bibliographie..... | 35 |

Liste des figures

Les Centres photovoltaïque connecté au réseau distribution

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I-1: Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion de la Convention | 4 |
| Figure I-2 : Types de rayonnement solaire reçus au sol..... | 4 |
| Figure I-3 : Génération de la paire électron-trou..... | 5 |
| Figure I-4: La jonction PN | 6 |
| Figure I-5: L'effet photovoltaïque dans une cellule PV. | 6 |
| Figure I-6 : Eléments de protection d'un générateur photovoltaïque..... | 8 |
| Figure I-7: câble solaire photovoltaïque..... | 8 |
| Figure I-8: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec batterie de stockage. | 9 |
| Figure I-9: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque à couplage direct. | 9 |
| Figure I-10: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque. | 10 |
| Figure I-11: Système PV (redresseur qui fonctionne en régime onduleur)..... | 12 |
| Figure I-12: Système multi-onduleurs..... | 12 |
| Figure I-13: système photovoltaïque raccordée au réseau | 13 |
| Figure I-14: Schéma équivalent d'une cellule PV | 14 |
| Figure I-15: Installation photovoltaïque raccordée au réseau | 15 |
| Figure I 16 Caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque | 14 |
| Figure I-17: Schéma d'un système photovoltaïque avec convertisseur (DC/DC) contrôlé par (MPPT)..... | 16 |
| Figure I-18: Installation avec injection totale de la production photovoltaïque. | 17 |
| Figure I-19: Installation avec injection du surplus de la production photovoltaïque..... | 17 |

Généralité sur les réseaux électriques

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure II-1: Schéma général d'un réseau électrique..... | 22 |
| Figure II-2: Indiqué une vue globale du réseau électrique..... | 23 |
| Figure II-3: Présentation d'un réseau magistral | 24 |
| Figure II 4 Présentation d'un réseau | 24 |
| Figure II-5: Présentation d'un réseau maillé | 25 |
| Figure II-6: Schéma simplifiée d'un réseau électrique | 26 |
| Figure II-7: Image représente une central électrique turbine à gaz..... | 29 |
| Figure II-8: Câbles de distribution moyenne tension | 30 |
| Figure II-9: Image représente des pylônes | 31 |
| Figure II-10: Isolateur verre | 31 |
| Figure II-11: Image représente un poste électrique THT | 33 |
| Figure II-12: Jeu de barre électrique haute tension | 34 |
| Figure II-13: Eclateurs | 35 |
| Figure II-14: Transformateurs de puissance..... | 35 |
| Figure II-15: Schéma électrique de travée 220kV Couplage barre et le raccordement des protections | 38 |
| Figure II-16: Image représente centre de conduite nationale d'opérateur système..... | 39 |

Liste des figures

Etat de l'art sur le projet SKTM et le réseau PIAT

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure III-1: Carte de vent de l'Algérie (Source site CDER Algérie) | 42 |
| Figure III-2: Irradiation moyen annuelle de l'Algérie (Source site CDER Algérie)..... | 43 |
| Figure III-3: Phases du programme algérien des Energies Renouvelables | 44 |
| Figure III-4: Système de mesure : A)éolienne ;B) solaire | 45 |
| Figure III-5: Centrales EnR Réalisées 354 MW | 47 |
| Figure III-6: Le schéma du réseau SPTE du RIN | 48 |
| Figure III-7: carte de réseaux PIAT | 49 |
| Figure III-8: carte réseau de Transport de PIAT | 51 |
| Figure III-9: Production d'énergie par éolienne..... | 52 |
| Figure III-10: Vu Générale de la ferme Eolienne de KABERTENE..... | 53 |
| Figure III-11: Implantation ferme éolienne de Kabertene [18]..... | 54 |
| Figure III-12 : String des panneaux..... | 57 |
| Figure III-13: Boite de raccordement..... | 58 |
| Figure III-14: Onduleur SANGROW..... | 59 |

Analyse des données et interprétation des résultats

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure IV- 1: Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016..... | 62 |
| Figure IV- 2: Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017..... | 63 |
| Figure IV- 3: Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016.. | 63 |
| Figure IV- 4: Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017.. | 64 |
| Figure IV- 5: Gain en heures de marche 2016 | 65 |
| Figure IV- 6: Gain en heures de marche2017 | 65 |
| Figure IV- 7 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) 2016..... | 66 |
| Figure IV- 8 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel)..... | 67 |
| Figure IV- 9: Puissance maximale appelée en MW | 68 |
| Figure IV- 10 : Puissance PMA par journée | 69 |
| Figure IV- 11 : Taux de contribution en puissance..... | 69 |
| Figure IV- 12 : Puissance PMA par journée | 70 |
| Figure IV- 13 : Taux de contribution en puissance..... | 71 |
| Figure IV- 14: la journée 09-01-2021 | 73 |
| Figure IV- 15: La journée 14-06-2021 | 74 |

Liste de Tableau

Généralité sur les réseaux électriques

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau II-1: les niveaux des tensions appliquées sur le réseau | 25 |
| Tableau II-2: les niveaux des tensions appliqué sur le réseau en Algérie..... | 26 |

Etat de l'art sur le projet SKTM et le réseau PIAT

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau III-1: Le programme Algérien de développement de l'énergie renouvelable..... | 44 |
| Tableau III-2: les centrales installées | 46 |
| Tableau III-3: Production conventionnel PIAT | 49 |
| Tableau III-4: Transport conventionnel PIAT | 50 |
| Tableau III-5: Production éolienne PIAT..... | 53 |
| Tableau III-6: Production Photovoltaïque PIAT | 54 |
| Tableau III-7: Techniques de la centrale..... | 56 |
| Tableau III-8: plaque signalitique d'un pannaux [18]..... | 57 |
| Tableau III-9: Caractrstique de l'onduleur..... | 58 |
| Tableau III-10: caractéristique du transformateur..... | 60 |

Analyse des données et interprétation des résultats

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau IV- 1: Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016..... | 62 |
| Tableau IV- 2 : Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017..... | 62 |
| Tableau IV- 3: Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016..... | 63 |
| Tableau IV- 4 : Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017..... | 63 |
| Tableau IV- 5 : Demande énergétique annuel..... | 64 |
| Tableau IV- 6 : Contribution des centrales EnR pour la couverture de la demande énergétique..... | 64 |
| Tableau IV- 7 : Gain en heures de marche 2016..... | 64 |
| Tableau IV- 8 : Gain en heures de marche2017 | 65 |
| Tableau IV- 9 : Gain en heures de marche..... | 65 |
| Tableau IV- 10 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) 2016..... | 66 |
| Tableau IV- 11 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) 2017..... | 66 |
| Tableau IV- 12: Gain de gaz nature et Emissions de CO2 évitées 2016..... | 67 |
| Tableau IV- 13 : Gain de gaz nature et Emissions de CO2 évitées 2017..... | 67 |
| Tableau IV- 14: Puissance maximale appelée en MW..... | 67 |
| Tableau IV- 15 : Puissance PMA par journée | 68 |
| Tableau IV- 16 : Puissance PMA par journée..... | 69 |
| Tableau IV- 17: Exemple de la journée 09-01-2021 | 71 |
| Tableau IV- 18: Exemple de la journée 14-06-2021 | 73 |

Mots-clés

Mots-clés :

PV : Photovoltaïque

EOL : Eolien

TG : Turbine à gaz

BV : Bande de valence

BC : Bande de conduction

CC : DC : courant continu

AC : CA : courant Alternatif

PIAT : Pôle d'IN- SALAH, ADRAR et TIMIMOUNE

RIS : Réseaux Isolés du Sud

MPPT : Maximum Power Point

RIN : Réseau Interconnecté du Nord

CO₂ : carbone dioxyde

GJ : Giga joules

THT : Très haut tension

HT : Haut tension

MT : Moyen tension

BT : Basse tension.

GPV : Générale Photovoltaïque

SKTM : Shereket Kahraba wa Taket Motajaddida

PN : Positif Négatif

R_s : Résistance série

h : Constante de Planck

c : vitesse de lumière

λ : Longueur d'onde

I_{CC} : Courant de court-circuit d'une cellule ou d'un module solaire [A].

V_{CO}: Tension en circuit ouvert [V].

Introduction Générale

Introduction Générale

L'électricité est un élément essentiel du développement économique, de tous les pays du monde, son importance relative ne cesse d'augmenter, avec les progrès technologiques, l'industrie et le besoin de commodité d'équipements modernes, une production accrue signifie une qualité de vie améliorée et une création de richesse.

C'est donc une incitation à mesurer l'écart de développement entre les régions du monde.

En raison des émissions de gaz des centrales électriques conventionnelles utilisant des combustibles fossiles, cette demande continue d'augmenter et a par conséquent un impact sur l'environnement.

L'Algérie a un grand potentiel pour la production d'énergie solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et bioélectrique ; L'Algérie vise à inclure 27% de la production d'énergie renouvelable dans son mix énergétique d'ici 2030 ; le pays progresse lentement en termes de développement des énergies renouvelables, à partir de 2021. L'Algérie se concentre sur l'augmentation de la production solaire d'ici 2030. La consommation d'énergie électrique n'a cessé d'augmenter en raison de la croissance rapide de la population et de l'économie. La consommation mondiale totale d'énergie a augmenté de 2.9 % en 2018, atteignant 26 700 TWh en 2018, tandis que la production mondiale d'énergie a augmenté de 30 % de 2016 à 2018. L'indice de développement humain des Nations Unies, propose que la croissance de la consommation d'énergie jusqu'à environ 100 giga joules (GJ) par personne soit liée à l'augmentation substantielle du développement humain et du confort. Les combustibles fossiles ont contribué à près de 75 % des besoins mondiaux en électricité en 2018, entraînant une augmentation des émissions de dioxyde de carbone (CO₂). D'autre part, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, a signalé que la température moyenne mondiale à la surface de la Terre a augmenté de 0,2 °C à 0,6 °C, entraînant la disparition des calottes glaciaires, des changements massifs dans la végétation, des extinctions régionales et une élévation du niveau de la mer d'environ 120 m [1]. Par conséquent, il est crucial de réduire les émissions de CO₂ grâce à l'introduction de méthodes de production d'énergies renouvelables afin de remplacer la production de combustibles fossiles. Depuis une décennie, de nombreux pays ont mis en place des économies d'énergie verte avec des objectifs et des politiques pour augmenter leur production d'EnR et réduire la consommation de combustibles fossiles. En 2018, 169 pays avaient des objectifs d'EnR et 150 pays avaient consacré des fonds à la recherche et au développement d'EnR avec des politiques de soutien [1]. L'Algérie est située dans la ceinture de solaire, qui a un fort potentiel pour l'énergie solaire. En 2011, le ministère algérien de l'Énergie et des Mines (MEM) a introduit la loi n°11-11 pour financer et

soutenir les projets d'EnR et jeter les bases des futurs programmes d'EnR et du développement durable du pays. Cette loi est considérée comme une nouvelle incitation à lancer des initiatives visant à minimiser la consommation excessive de sources d'énergie conventionnelles liées à des émissions de CO₂ plus élevées et aux fluctuations des prix du pétrole et du gaz. Plusieurs chercheurs ont fourni des mises à jour sur le statut des EnR en Algérie.

Le bilan du développement énergétique en Algérie en 2012, et la stratégie énergétique du pays, tout en, explorant le potentiel de l'énergie solaire et éolienne pour réduire la dépendance aux combustibles fossiles. D'autres études liées au statut énergétique de l'Algérie se sont concentrées sur la relation entre les énergies renouvelables et non-EnR qui contribuent à des émissions élevées de CO₂. Récemment, une étude a été menée sur le statut et les politiques des EnR en Algérie [9,10]. Cependant, ces études n'ont pas fourni une analyse approfondie de la capacité et de la production actuelle d'EnR en Algérie, mais se sont plutôt concentrées sur les objectifs et les politiques futures d'EnR. De plus, ils se sont également fortement appuyés sur d'anciens rapports et la littérature des dernières décennies. Il existe également des divergences entre les données énergétiques fournies par ces sources. Par conséquent, l'objectif de cette mémoire est de collecter, compiler, résumer et analyser les données provenant de sources telles que des rapports, des articles scientifiques liés au sujet.

Ce mémoire de recherche est étudié structuré comme suit :

Le Première Chapitre il sera consacré à la présentation du système photovoltaïque non autonome, ainsi que ces différents composants et leurs modes de fonctionnement, Ensuite nous parlerons sur les interactions et les conditions nécessaires aux raccordements d'une centrale photovoltaïque.

Le deuxième chapitre nous allons faire rappeler quelque donnée de base sur les réseaux électrique, ainsi que ces composants et leur système de protection fournit des informations sur les sources de collecte de données.

Le troisième chapitre est consacré à l'état de l'art sur le projet SKTM, et l'étude du réseau du pôle d'In Salah, d'Adrar et Timimoune qui consiste à :

Notion et Conception Générale de La SKTM, Etude de la Situation des Gisements en Algérie, mentionner des quelque paramètres pour faire les réalisations des projets, Etude et nécessité de Réseaux PIAT suite au projet National des EnR.

Le quatrième Chapitre: il consiste l'analyse des données et interprétation des résultats

***Chapitre I : Les Centres
photovoltaïque connecté au réseau
distribution***

I.1. Introduction

Les systèmes connectés au réseau sont aujourd'hui prisés sérieusement pour compléter la génération conventionnelle d'énergie dans plusieurs pays industrialisés. Il y a certainement plusieurs projets de démonstrations connectés aux réseaux qui étudient cette possibilité. Bien qu'ils soient devenus viables dans le développement économique, la participation des photovoltaïques dans la génération d'énergie de grande échelle est augmentée à cause des effets environnementaux défavorables des sources conventionnelles d'énergie.

Les installations photovoltaïques peuvent être raccordées au réseau, ce qui représente une économie importante en investissement et en fonctionnement. Elles utilisent le réseau comme un stock, et transforment la totalité de l'électricité produite en courant alternatif de 220 V ou 380V, ainsi que le photovoltaïque est la seule filière qui peut être installée n'importe où.

On distingue deux types d'installations connectées au réseau [2]:

- Installation centralisée : génération de la puissance photovoltaïque à grand - échelle centralisée dans les stations de puissance photovoltaïque :
- Installation décentralisée : forme alternative de génération de puissance distribuée dans les unités situées directement dans le lieu du consommateur.

De jour, les installations photovoltaïques couplées au réseau injectent de l'énergie dans le réseau à travers le convertisseur. Au contraire, pendant la nuit le propriétaire de l'installation peut "récupérer" cette énergie, dans le cas des installations décentralisées, et travaillent en cas de charges de pic avec le réseau, dans le cas des installations centralisées. Comme la consommation électrique est importante de jour, cette manière de procéder est très raisonnable [3]

I.2. Rayonnement Solaire :

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le soleil. Ce dernier émet en permanence des radiations, ainsi que des particules. Selon la longueur d'onde, on peut distinguer le domaine du visible, de l'infrarouge et le domaine de l'ultraviolet. Ces deux derniers sont invisibles à l'œil nu. Environ la moitié de l'énergie est émise sous forme de rayonnement infrarouge. Le rayonnement est émis sous forme de paquets d'ondes appelés photons ; l'énergie de chaque photon est déterminée par la relation suivante [4] :

$$E = \frac{h * c}{\lambda}$$

Où

h : constante de Planck $h = 6,62 \times 10^{-34}$ [J.s]

c : vitesse de lumière [m/s]

λ : Longueur d'onde [m]

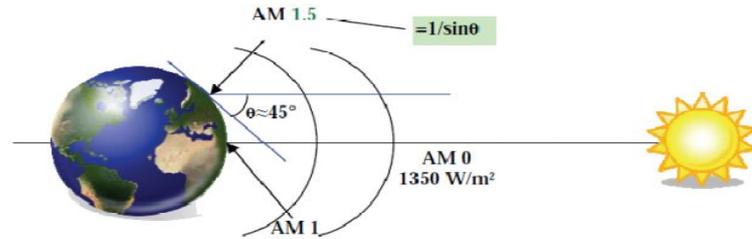


Figure I-1: Normes de mesures du spectre d'énergie lumineuse émis par le soleil, notion de la Convention

I.2.1. Rayonnement direct

Rayonnement direct est une partie du rayonnement reçue directement du soleil, sans diffusion par l'atmosphère. Ces rayons sont parallèles entre eux, cette composante directe du rayonnement peut être collectée par des systèmes optiques à concentration.

I.2.2. Rayonnement diffus

C'est la partie du rayonnement provenant du soleil et qui rencontre des obstacles tels que les nuages et la poussière, dans l'atmosphère. Ces obstacles ont pour effet de rediriger les rayons du soleil parallèles en une multitude de faisceaux dans toutes parallèles (à l'origine) en une multitude de faisceaux dans toutes les directions [4].

I.2.3. Rayonnement réfléchi

C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (sable, neige ...) il se caractérise par un coefficient propre de la nature du lien Albédo, ainsi le rayonnement qui arrive au sol possède au moins deux composantes une composante diffuse et la composante directe [4].

I.2.4. Rayonnement global

Un plan reçoit de la part du sol un rayonnement global qui est le résultat de la superposition des trois compositions directes, diffus et réfléchi. [5].

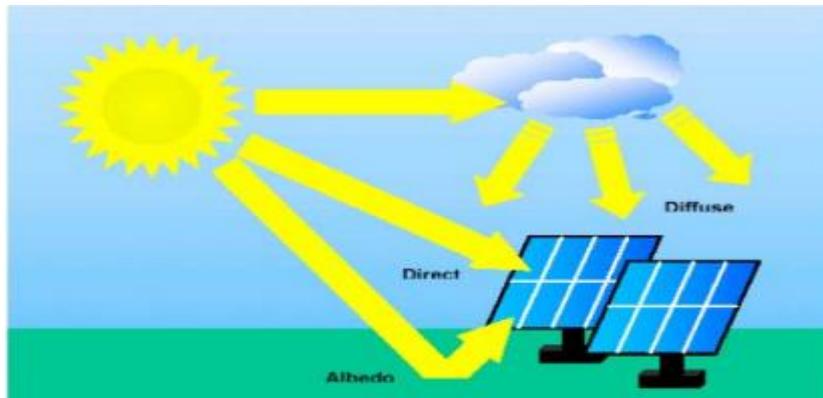


Figure I-2 : Types de rayonnement solaire reçus au sol

I.3.Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque [5]

I.3.1. Les semi-conducteurs

Du point de vue électrique, un semi-conducteur est un matériau se situant entre le conducteur et l'isolant. Un semi-conducteur à l'état pur n'est pas un bon conducteur ni un bon isolant.

Les éléments uniques les plus utilisés pour les semi-conducteurs sont le silicium, le germanium et le carbone. La conductivité des semi-conducteurs s'accroît fortement, avec le dopage, pouvant devenir comparable à celle des métaux. Les semi-conducteurs à élément unique se caractérisent par des atomes à quatre électrons de valence.

I.3.2. Formation de la jonction PN :

Le silicium, comme tous les semi-conducteurs, a une bande de valence pleine et une bande de conduction vide. Mais grâce à un apport énergétique suffisant, il est possible de faire passer des électrons de la bande de valence (BV) à la bande de conduction (BC), d'où la génération d'électrons libres, figure (I.3).

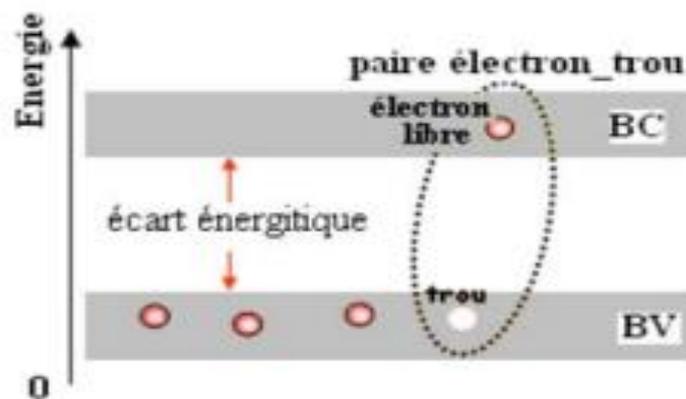


Figure I-3 : Génération de la paire électron-trou.

La présence d'électrons libres dans la bande de conduction d'un matériau n'est pas suffisante pour générer un courant : il est nécessaire de créer une différence de potentiel aux bornes du photo- générateur afin d'entraîner les charges positives d'un côté et les charges négatives de l'autre. Cette opération est possible par dopage du Silicium. Une jonction PN est créée par l'assemblage de deux barreaux de Silicium de type N et P. Le composant ainsi créé est appelé diode.

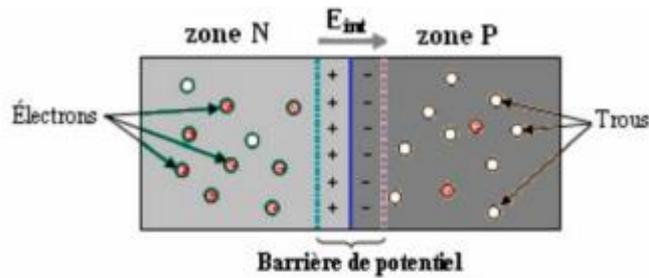


Figure I-4: La jonction PN

Les matériaux semi-conducteurs sont des corps dont la résistivité est intermédiaire entre celle des conducteurs et celle des isolants. Les quatre électrons de valence du silicium permettent de former quatre liaisons covalentes avec un atome voisin

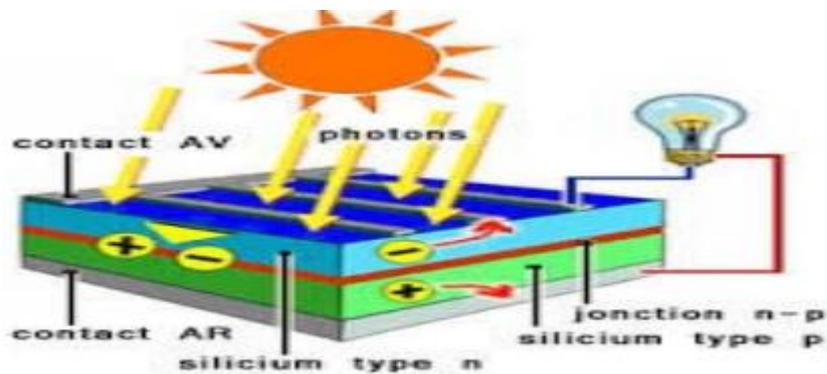


Figure I-5: L'effet photovoltaïque dans une cellule PV.

L'effet photovoltaïque se manifeste par l'apparition d'une différence de potentiel à une jonction PN entre un métal et un semi-conducteur ou entre deux semi-conducteurs lorsque le dispositif reçoit un rayonnement lumineux de longueur d'onde adéquate. Lorsqu'un matériau est exposé à la lumière du soleil, les photons constituant la lumière "attaquent" les atomes exposés au rayonnement. Les électrons des couches électroniques supérieures, appelés aussi électrons de valence ont tendance à être « arracher ». Dans les cellules PV, une partie des électrons ne revient pas à son état initial et les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue et faible. Ainsi une cellule photovoltaïque peut convertir l'énergie solaire en énergie électrique en mettant en jeu ce phénomène physique optoélectronique. Lorsque l'on associe en série des cellules leurs tensions s'ajoutent, lorsque l'on associe en parallèle des cellules leurs courants s'ajoutent. Il faut savoir que lorsque l'une des cellules est affectée d'une gêne (ombrage par exemple), tout le fonctionnement est perturbé. La tension générée par une cellule en série et/ou en parallèle

est limitée à la valeur du gap de son matériau. Les cellules sont associées afin de pouvoir délivrer les niveaux de tension et de courant souhaités.

I.4. Protection des générateurs photovoltaïques

Dans chaque installation photovoltaïque, la protection des générateurs photovoltaïques est importante pour la sûreté de générateur et pour augmenter la durée de vie de l'installation.

Il existe deux types de protections de générateur photovoltaïque [6] :

I.4.1. La diode anti-retour

Lorsque les panneaux solaires se trouvent ainsi dans l'obscurité pendant la nuit par exemple, la tension de la batterie dépasse la tension délivrée par les panneaux solaires, le courant va circuler alors de la batterie vers les panneaux solaires, si on ne mettait pas une diode anti retour qui bloquerait le passage du courant dans la direction des panneaux on risque alors de les endommager. Cette diode a en fait le rôle d'une valve qui évite la décharge de la batterie dans les panneaux solaires lorsque la lumière est faible.

I.4.2. les diodes by-pass

Au sein d'une série, un module qui ne peut plus produire d'énergie (masque, défaillance), doit être protégé pour ne pas devenir récepteur et s'endommager irrémédiablement, des diodes sont donc placées en parallèle sur chacun des modules du générateur. Elles permettent de dévier le courant produit par les autres modules de la série et sont placées en parallèle avec les modules.

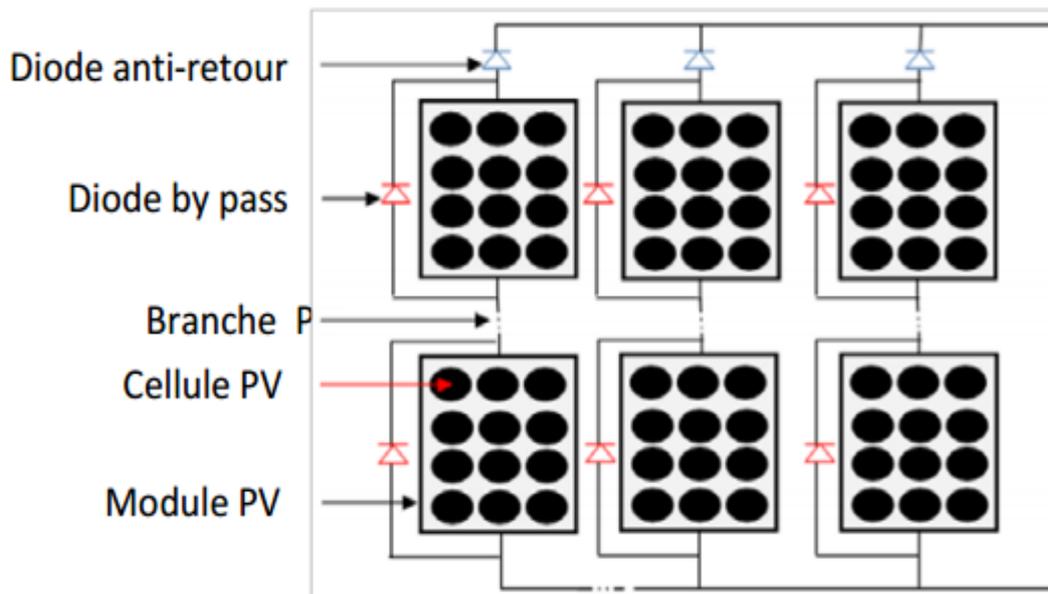


Figure I-6 : Eléments de protection d'un générateur photovoltaïque.

I.5. Câblage [7]

Le câblage du module et de la chaîne (string) est effectué au moyen de câbles solaires. Ils sont doublement isolés, résistants aux UV, flexibles (câble de cuivre généralement étamé) et résistent aux conditions atmosphériques extrêmes (- 40 °C à + 120 °C). Une grande section de câble est choisie afin d'éviter les pertes de puissance.

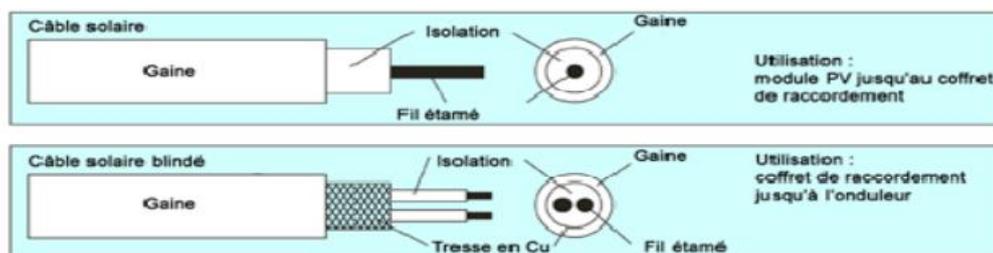


Figure I-7: câble solaire photovoltaïque.

Pour installations standard, on utilise une grande section : jusqu'à 4 A \rightarrow 2.5 mm², jusqu'à 8 A \rightarrow 4 mm² On utilise des câbles de couleur pour un meilleur repérage :

- Rouge pour le conducteur positif .
- Bleu pour le conducteur négatif .
- Noir pour les autres raccordements.

Un cordon unipolaire est utilisé pour le câblage du module et de la chaîne. Les sections les plus utilisées sont 2,5, 4 et 6 mm².

I.5.1. Les système photovoltaïque avec batterie de stockage

Un câble spécial bipolaire avec de bonnes caractéristiques mécaniques est tiré entre le coffret de raccordement et l'onduleur. Fréquemment ce câble possède un blindage de cuivre de 10 mm². Cette tresse de Cu est utilisée comme conducteur de compensation de potentiel. Sans blindage, il faut protéger le câble dans un tube métallique

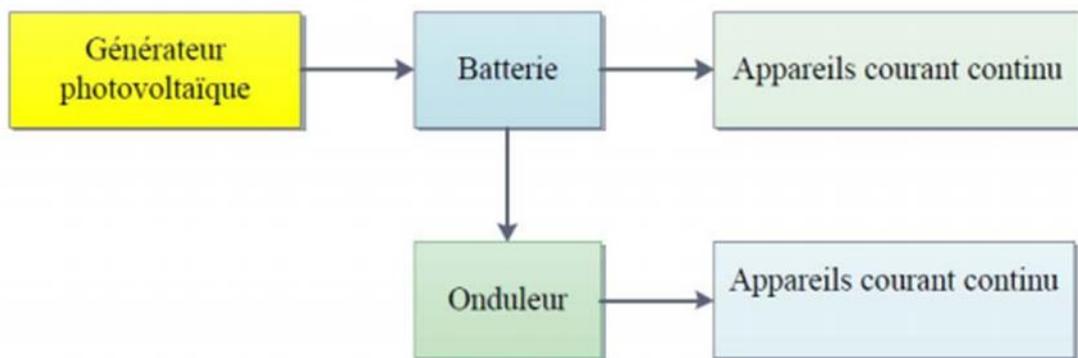


Figure I-8: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec batterie de stockage.

I.5.2. Les systèmes à couplage direct sans batterie :

Les appareils d'utilisation sont branchés soit directement sur le générateur solaire, soit éventuellement, par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu, adaptateur d'impédance.

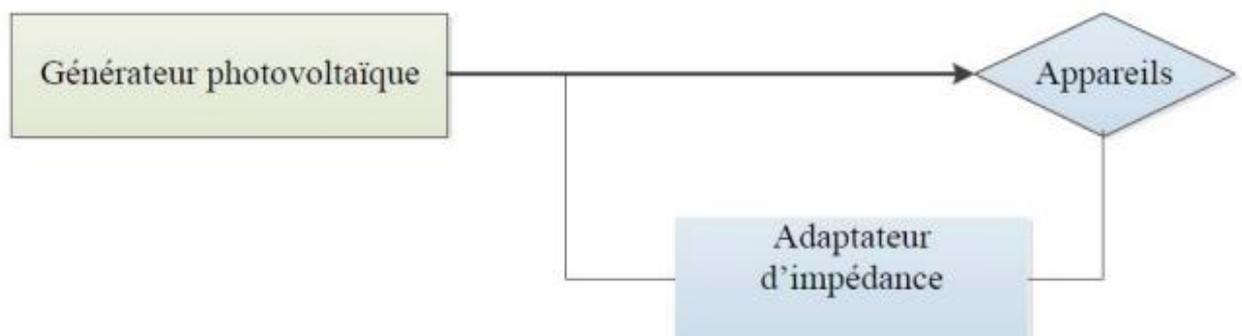


Figure I-9: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque à couplage direct.

Pour les systèmes sans batterie, il y a possibilité d'avoir recours à un stockage mais qui ne sera pas sous forme électrochimique.

Toutefois l'étude de systèmes photovoltaïques se ramène à l'étude de l'adaptation de la charge constituée, soit d'une batterie, d'une charge quelconque par rapport à l'ensemble des modules solaires.

Comme il est vu précédemment, on recherchera à optimiser le système pour avoir le meilleur rendement d'adaptation du système (rapport de l'énergie électrique fournie à l'utilisation à l'énergie électrique qu'aurait pu fournir le générateur fonctionnant toujours à son point de puissance maximum).

Un système photovoltaïque est donc constitué du générateur, et des charges à alimenter. Ces charges sont de type courant continu ou courant alternatif.

Les diverses composantes d'un système photovoltaïque sont représentées symboliquement sur le schéma généralisé dans la figure (I -10) ci-dessous.

Cette représentation synoptique recouvre à peu près tous les cas de figure (I -10) mais il est bien certain qu'un système photovoltaïque ne comporte en général qu'un certain nombre des éléments représentés ici.

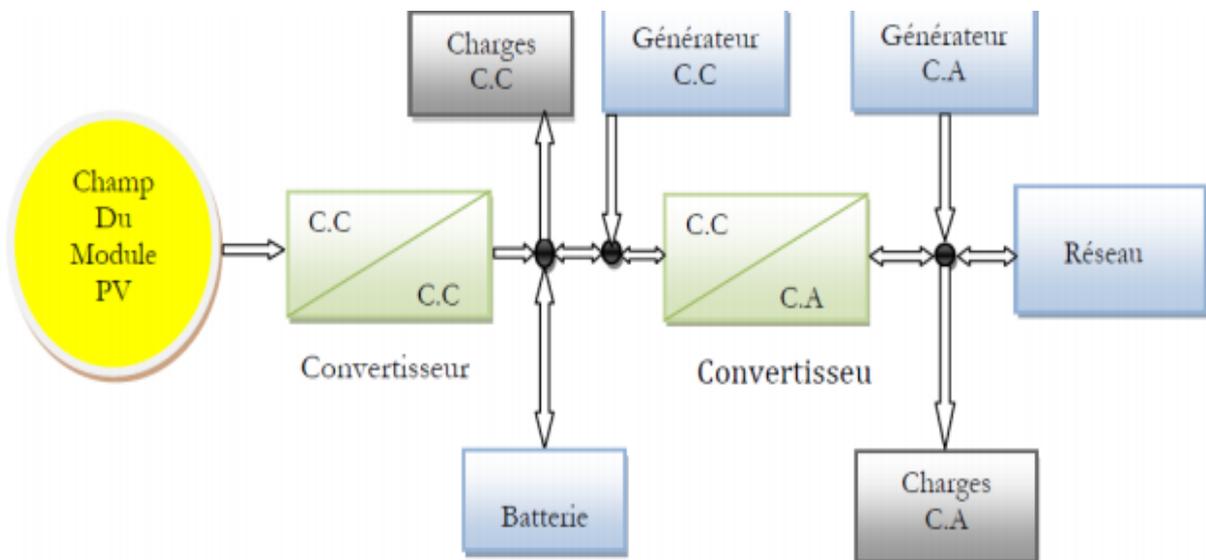


Figure I-10: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque.

I.6. Système de stockage :

Le fait que l'énergie solaire ne soit pas disponible sur l'ensemble d'une période de fonctionnement du système alimenté impose l'utilisation de batteries dans les installations autonomes pour stocker l'énergie

Dans les systèmes solaires autonomes on utilise principalement [6]:

I.6.1. Les batteries au plomb

La batterie au plomb est la forme de stockage de l'énergie électrique la plus courante, en raison de son coût qui est relativement faible et une large disponibilité.

I.6.2. Les batteries au Nickel Cadmium

Elles sont les plus chères, mais aussi très résistantes aux surcharges et aux décharges, et résistent bien aux basses températures.

I.7. Convertisseurs DC/AC couplés au réseau

L'alimentation du convertisseur est la puissance DC du générateur photovoltaïque ou la batterie. A la sortie on récupère la puissance AC qui sera utilisée pour les charges alternatives ou injectée dans le réseau. L'efficacité des onduleurs dépend du courant de charge pour que la puissance de sortie devienne maximale. elle peut être élevée à 95% mais peut être plus basse que (75-80%) si l'onduleur fonctionne sous la partie de charge. La majorité des onduleurs, pour les applications photovoltaïques, peuvent être classifiés en trois catégories :

I.7.1. Onduleurs à fréquence variable :

Qui sont utilisés pour les systèmes autonomes surtout dans les systèmes photovoltaïques de pompage. Les deux suivants types sont convenables pour les systèmes connectés aux réseaux

I.7.2. Onduleurs auto- commutatif à fréquence fixe:

Onduleurs à fréquence fixe (redresseurs qui fonctionnent en régime onduleurs). La (Fig. II. 5) représente les différentes configurations possibles pour l'utilisation des onduleurs [8] [3]. L'onduleur assume une fonction de liaison directe avec le réseau électrique et il est susceptible de causer de graves dommages : il doit donc répondre à des impératifs concernant la qualité du courant (tension, fréquence, déphasage), la sécurité (risque de production sur le réseau lorsque ce dernier est coupé) et de fiabilité (les performances ne doivent pas diminuer dans le temps).

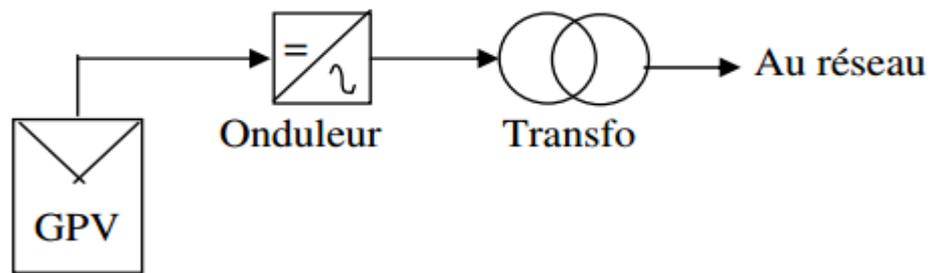


Figure I-11: Système PV (redresseur qui fonctionne en régime onduleur)

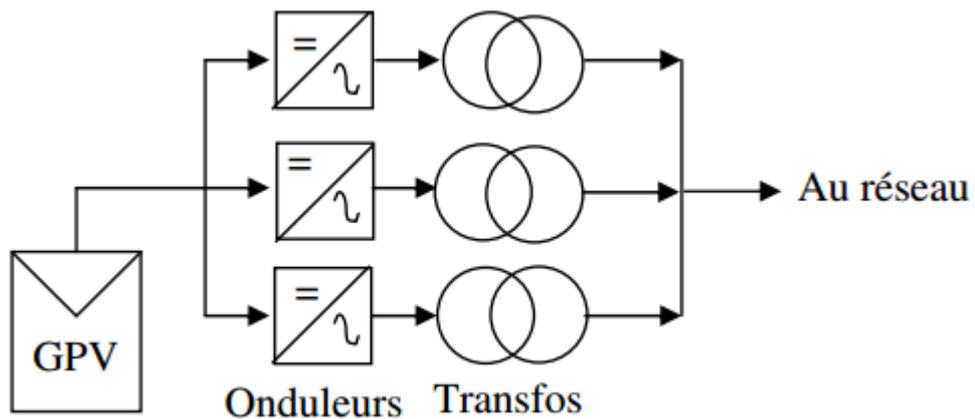


Figure I-12: Système multi-onduleurs

Configuration des différentes variétés en onduleurs

I.8. Système raccordés au réseau:

On peut installer un système photovoltaïque sur un site raccordé au réseau de distribution électrique généralement sur les habitations ou les entreprises qui souhaitent recourir à une forme d'énergie renouvelable qui bénéficie d'un bon ensoleillement.

Les systèmes photovoltaïques couplés au réseau injectent l'énergie issue des modules sur le réseau de distribution, On distingue deux types d'installations :

I.8.1. Injection de la totalité de la production :

L'énergie produite par les modules est directement injectée sur le réseau électrique, les périodes d'injection sur le réseau correspondent aux périodes de production photovoltaïque.

I.8.2. Injection du surplus de production :

L'énergie produite par les modules est directement consommée sur place par les charges. L'éventuel surplus de production par rapport à la consommation instantanée sur le réseau.

L'énorme avantage de cette solution est l'absence de batterie, on ne stocke plus l'énergie lorsqu'il ya un plus on l'injecte directement au réseau locale ou national, il ya un compteur qui tourne dans un sens pour la consommation et un autre dans l'autre sens pour la production. Mais il faut tout de même convertir le courant continu des panneaux en alternatif par le biais d'un onduleur, et celui-ci doit être homologué par la compagnie d'électricité qui va recevoir ce courant (il doit respecter des normes sur sa qualité sinusoïdale) .

Dans certain cas on ajoute au système une batterie de secours pour les coupures de courte durée [9]

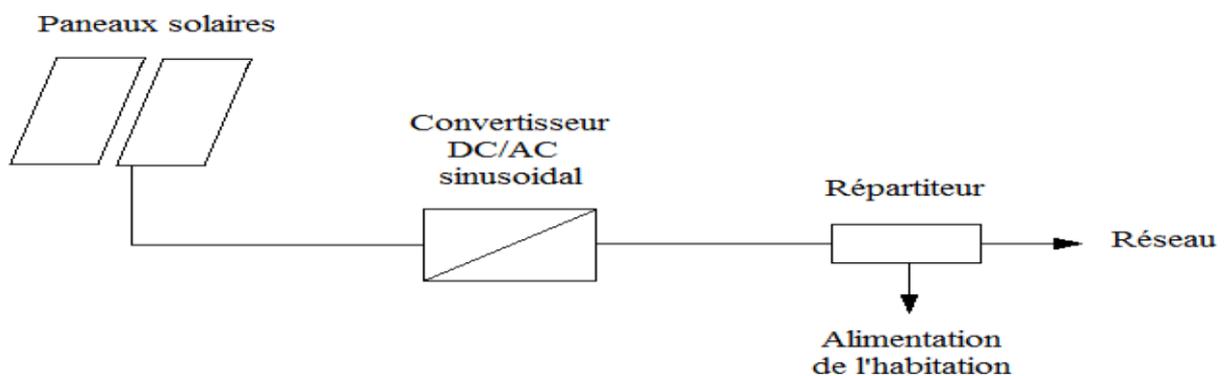


Figure I-13: système photovoltaïque raccordée au réseau

I.9. Installations photovoltaïques raccordées au réseau

La conversion photovoltaïque est la transformation directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique, sous forme de courant continu directement utilisable. D'un point de vue purement technique, on estime que les systèmes de conversion à énergie solaire sont potentiellement capables de répondre à une grande partie de la demande énergétique mondiale. Un système photovoltaïque est constitué des éléments suivants:

- Module photovoltaïque
- Régulateur,
- Convertisseur (onduleur).

Cette transformation du rayonnement solaire en électricité par le processus photovoltaïque est un des moyens d'exploitation du gisement solaire. Elle est réalisée par des cellules photovoltaïques (PV). Il est à noter qu'en dépit de cette terminologie, aucune énergie n'est stockée dans la cellule, ni sous forme chimique ni sous aucune autre forme. Ce n'est pas une pile, mais un convertisseur instantané, qui ne pourra fournir une énergie sous forme électrique que s'il reçoit une énergie sous forme de rayonnement. Une cellule sous obscurité totale va se comporter comme un composant passif. La cellule solaire ne peut être assimilée à aucun autre générateur classique d'énergie électrique de type continu. Elle n'est ni une source de tension constante ni une source de courant constant. Elle possède des caractéristiques non linéaires dépendant de l'éclairement.

I.9.1 Caractéristique électrique

Une cellule photovoltaïque a un comportement équivalent à une source de courant shuntée par une diode (Figure I-14;15). Le modèle est complété par une résistance série R_s due à la contribution des résistances de base et du front de la jonction et des contacts face avant et arrière et une résistance parallèle ou shunt R_p qui provient des contacts métalliques et des résistances de fuite sur la périphérie de la cellule.

La tension en circuit ouvert (V_{co}) d'une cellule PV est comprise entre 0,3V et 0,7V selon le matériau utilisé, la température et son état de vieillissement. Son courant de court-circuit (I_{cc}) varie principalement selon le niveau d'éclairement et selon les technologies et les tailles de cellules (entre 5 et 8A pour le silicium cristallin) [10].

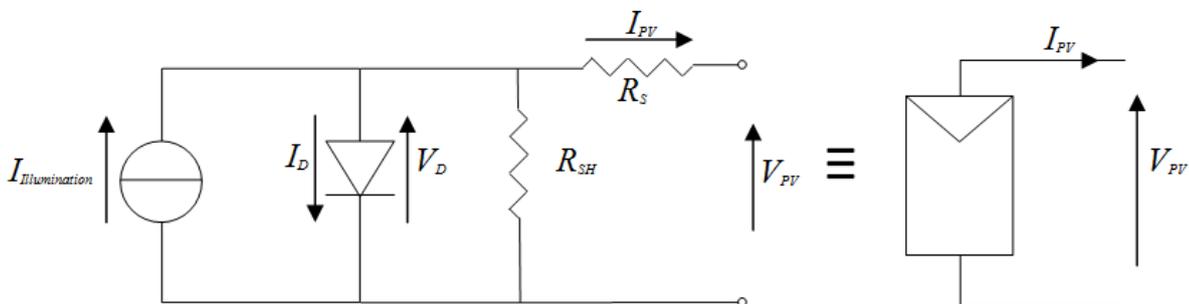


Figure I-14: Schéma équivalent d'une cellule PV

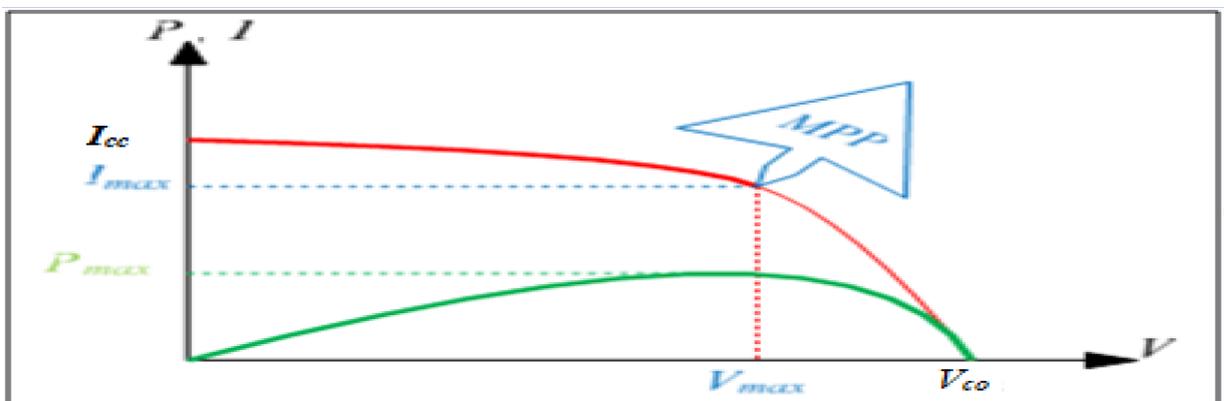


Figure I 15 Caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque

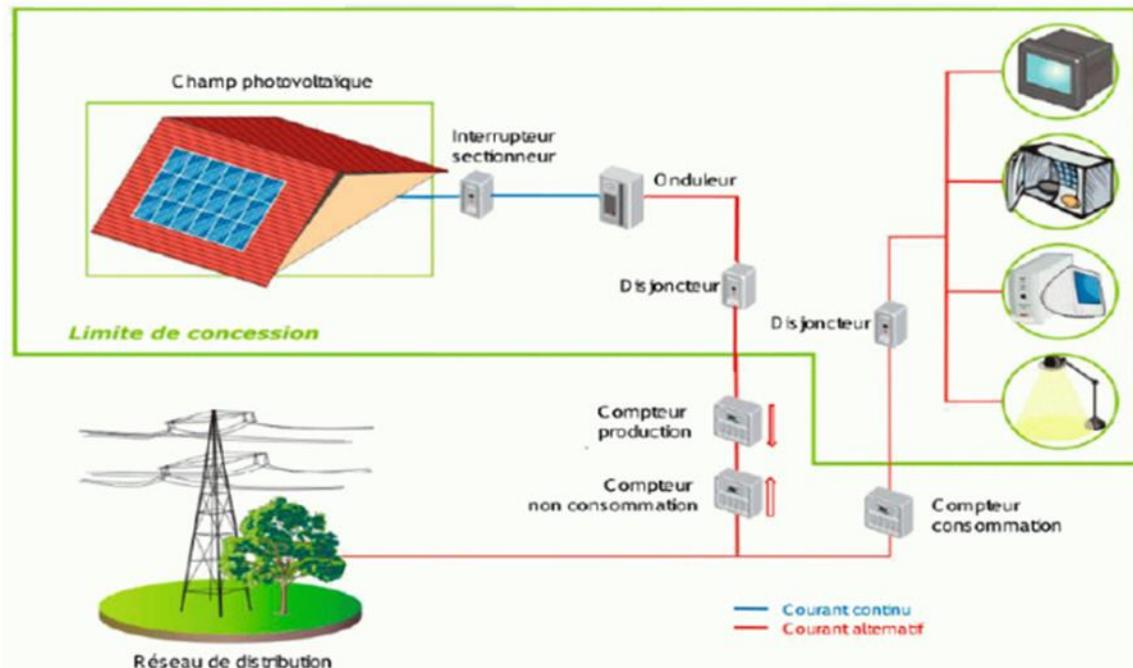


Figure I-16: Installation photovoltaïque raccordée au réseau

I.10. Commande de maximisation de puissance

Une commande de maximisation de puissance, en anglo-saxon « Maximum Power Point Tracking (MPPT) » est une commande qui permet la poursuite du point de puissance maximale d'un système photovoltaïque. Elle est généralement associée à un étage intermédiaire d'adaptation qui permet de faire fonctionner un générateur PV de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance en agissant sur le rapport cyclique de ce dernier. Ainsi, quelles que soient les conditions météorologiques (température et l'éclairement), la commande du convertisseur place le système au point de fonctionnement maximum (V_m, I_m). Un contrôleur MPPT permet donc de piloter le convertisseur statique reliant la charge au module photovoltaïque de manière à fournir en permanence le maximum de puissance à la charge à chaque instant [11].

La Figure (I.17) représente le schéma de principe d'un système photovoltaïque doté d'un étage d'adaptation DC-DC entre le PV et la charge.

La technique de contrôle communément utilisée consiste à agir sur le rapport cyclique de manière automatique pour amener le générateur à sa valeur optimale de fonctionnement qu'elles que soient les instabilités météorologiques ou variations brutales de charges qui peuvent survenir.

Cet étage d'adaptation dispose d'une commande MPPT (Maximum Power Point Tracking) qui lui permet de rechercher le PPM que peut fournir un module solaire photovoltaïque.

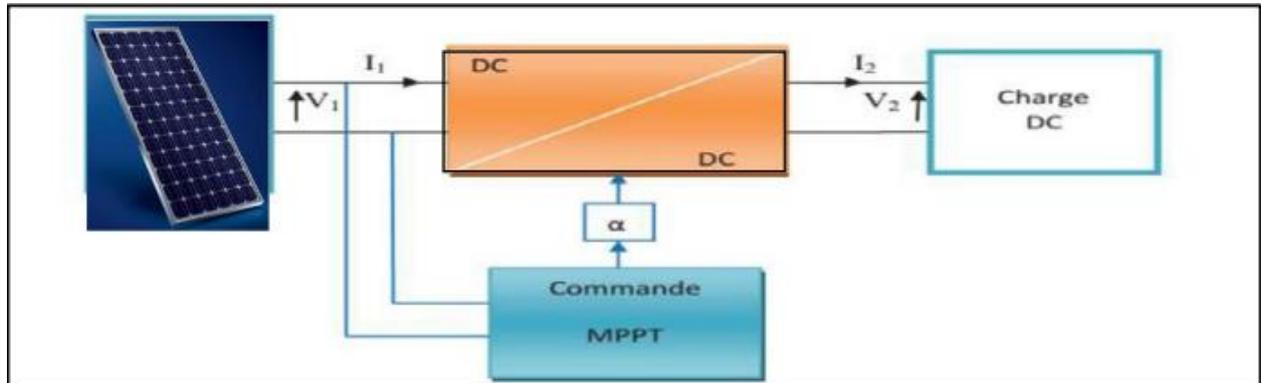


Figure I-17: Schéma d'un système photovoltaïque avec convertisseur (DC/DC) contrôlé par (MPPT).

Principe de la maximisation de puissance

Des lois de commandes spécifiques existent pour amener des dispositifs à fonctionner à des points maximums de leurs caractéristiques sans qu'à priori ces points ne soient connus à l'avance, ni sans que l'on ne sache à quel moment ils ont été modifiés ni qu'elles sont les raisons de ce changement. Pour le cas de sources énergétiques, cela se traduit par des points de puissance maximums [11].

I.11. Compteur photovoltaïque

I.11.1. Injection totale

Toute l'énergie électrique produite par les capteurs photovoltaïques est envoyée pour être revendue sur le réseau de distribution.

Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en deux points :

- Le raccordement du consommateur qui reste identique avec son compteur de consommation (on ne peut pas utiliser sa propre production).

- Le nouveau branchement permettant d'injecter l'intégralité de la production dans le réseau, dispose de deux compteurs :

- l'un pour la production ;
- l'autre pour la non-consommation (permet de vérifier qu'aucun soutirage frauduleux n'est réalisé).



Figure I-18: Installation avec injection totale de la production photovoltaïque.

I.11.2. Injection de surplus

Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en un point, l'utilisateur consomme l'énergie qu'il produit avec le système solaire et l'excédent est injecté dans le réseau. Quand la production photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'énergie nécessaire. Un seul compteur supplémentaire est ajouté au compteur existant.



Figure I-19: Installation avec injection du surplus de la production photovoltaïque.

I.12. L'onduleur

Dans une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique, l'onduleur est un élément important dans la conversion de l'énergie continue produite par les modules PV en une énergie alternative, qui sera injectée dans le réseau. De multiples efforts de recherche et développement dans le domaine de l'électronique de puissance, ont été développés dans le but d'améliorer les performances techniques. De nombreux onduleur de tous types ont été développés pour augmenter le rendement et la rentabilité de la centrale photovoltaïque pour améliorer la qualité de l'énergie injectée au réseau [12] .

Dans ce chapitre nous présenterons différents topologies d'onduleur adapté aux centrale PV.

I.12.1. Principe de fonctionnement d'un onduleur PV

Un onduleur photovoltaïque doit remplir plusieurs fonctions essentielles dans une installation photovoltaïque raccordée au réseau [12].

L'onduleur connecté au réseau est un convertisseur de puissance permettant de convertir le courant et la tension continu(CC), produit par le générateur photovoltaïque en courant ou tension alternatif(CA), qui doit être compatible avec le réseau. Il doit être capable de supporter le courant et la tension maximum du champ photovoltaïque.

- La protection de découplage.
- Le contrôle de l'isolement de la partie CC de l'installation photovoltaïque.
- L'onduleur est caractérisé aussi par un temps d'enclenchement automatique très rapide pour une insolation faible.
- La possibilité de limiter la puissance injectée dans le réseau selon la consigne de l'exploitant.
- Haute qualité et précision dans la recherche du point de puissance maximale.
- Le taux d'harmonique de courant injecté THD est inférieur à 3%.
- L'armoire de l'onduleur doit posséder un degré de protection élevé adapté à la région de l'installation.

On distingue des onduleurs de tension et des onduleurs de courant, et cela en fonction de la source d'entrée continue, source de tension ou source de courant.

I.12.1.1. Onduleur de tension :

un onduleur qui est alimenté par une source de tension continue, c'est-à-dire par une source d'impédance interne négligeable ; sa tension u n'est pas affectée par les variations du courant i

qui la traverse. La source continue impose la tension à l'entrée de l'onduleur et donc à sa sortie [13].

I.12.1.2. onduleur de courant : (souvent appelé commutateur de courant)

est alimenté par une source de courant continu, c'est-à-dire par une source d'inductance interne. La source continu impose le courant à l'entrée du convertisseur et donc à sa sortie [13].

I.12.2. Critères de choix

Il existe plusieurs critères qui vont intervenir dans le choix de cet appareil électronique sophistiqué [13] :

- Une qualité élevée limitant les pannes et interventions sur site.
- Un service local efficace.
- Une bonne facilité de montage.
- Un paramétrage aisé au démarrage.
- Des interfaces permettant le suivi à distance.
- La réputation du fabricant est encore un paramètre important.

I.12.3. Onduleur raccordés au réseau

Les onduleurs pour la connexion au réseau ont une puissance nominale d'environ 2 MW, Ils fonctionnent généralement en 230V monophasé, alors qu'au-dessus, ils doivent être triphasés (basse ou moyenne tension). Etant connecté directement sur le champ photovoltaïque, leurs tension et leurs courant d'entrée sont donc très variables avec les conditions d'ensoleillement et de température ambiante.

L'une des fonctions importantes de l'onduleur réseau est donc la recherche du point de puissance maximum MPPT (Maximum Power Point Tracking), c'est-à dire l'adaptation permanente de l'impédance d'entrée afin d'optimiser, à chaque instant, le produit $P=U*I$ sur la caractéristique du champ photovoltaïque. L'onduleur doit ensuite construire une (ou trois) tension(s) sinusoïdale(s) correspondant aux normes requises par le réseau. Les impératifs techniques suivants doivent alors être satisfaits :

- Une parfaite synchronisation avec le réseau;
- Déclenchement automatique en cas de coupure du réseau;
- Limitation de la tension de sortie à la valeur maximale admissible pour le réseau;

- Ne pas occasionner de déphasage important;
- Faible taux de fréquences harmoniques (signal proche de la sinusoïde);
- Faibles perturbations électromagnétique (hautes fréquences);
- Insensibilité aux signaux de commande du réseau;
- L'isolation galvanique (entre le champ et le réseau) est souhaitable;
- Les onduleurs sans transformateur.

I.13. Les inconvénients et les avantages de l'énergie photovoltaïque :

I.13.1. Les Avantages :

- D'abord une haute fiabilité;
- Ensuite le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du milliwatt au Mégawatt;
- Le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel hautement spécialisé;
- La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le planécologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour;
- les installations des grandes dimensions.

I.13.2. Les Inconvénients :

- Fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 10-15 % avec une limite théorique pour une cellule de 28%. Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.
- L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique(batterie) est nécessaire, le coût du générateur est accru.
- Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes.

CHAPITRE II : Généralité sur les Réseaux électriques

II.1-Introduction :

Le principe du réseau de transport et distribution d'énergie électrique c'est d'assurer le mouvement de cette énergie (active ou réactive) en transitant par des lignes ou câbles et entre les différents postes de livraison et les consommateurs. [14]

II.2 Définition d'un réseau électrique :

On appelle réseau électrique l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production (centrales électriques), vers les consommateurs d'électricité. (Voir la figure ci-dessous).

Le réseau est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux tension, connectées entre elles dans des postes électriques.

Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

On peut classer les activités des réseaux électriques sous trois rubriques principales qui sont, la production. Le transport et la distribution de l'énergie électrique. Examinons de plus près ces trois activités afin de donner une description sommaire.

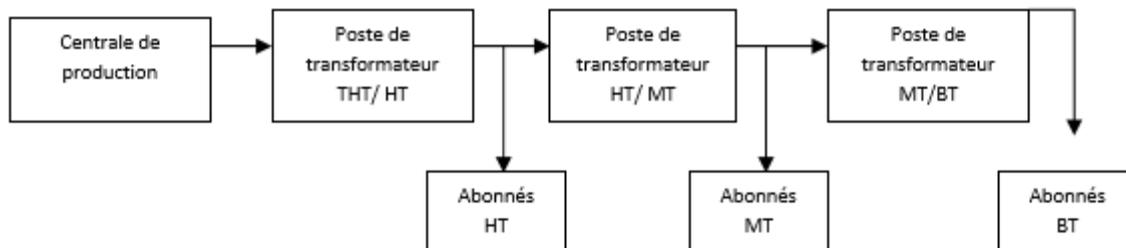


Figure II-1: Schéma général d'un réseau électrique

II.3. L'objectif d'un réseau de transport d'énergie électrique :

Pour que l'énergie électrique soit utilisable, le réseau de transport et de distribution doit satisfaire les exigences suivantes : [16]

- Fournir une tension stable dont les variations n'excédant pas $\pm 05\%$ de la tension nominale.
- Fournir une fréquence stable dont les variations n'excédant pas $\pm 02\text{Hz}$.
- Maintenir des normes de sécurité rigoureuses.
- Veiller à la protection de l'environnement.

II.4. Les Différents types des réseaux électriques :

Un réseau électrique est tout d'abord défini par le type de courant électrique utilisé pour une bonne distribution économique et offrant une sécurité totale.

On classe les différents types de réseaux d'après :

- La topographies de réseaux;
- Le niveau de tension de réseau.

II.4.1. Classification d'après la topographie :

II.4.1.1. Réseau aérien :

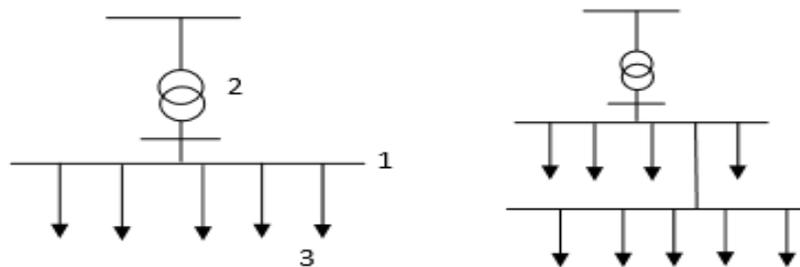
Ce sont des conducteurs nus de transport aérien suspendu sur des supports (poteaux, pylônes) afin d'acheminer l'énergie électrique en haute, moyenne ou basse tension.

II.4.1.2 Réseau souterrain :

On les trouvent surtout dans les régions à forte densité de population, ils sont constitués par des câbles isolés par du papier imprégné ou immergé, de caoutchouc ou des composants chimique, le tout étant recouvert d'un enveloppe étanche en plomb ou en aluminium. Ces câbles sont placés dans des tranchés caniveaux ou galeries.

II.4.1.3 Réseau radiaux :

C'est une topologie simple qu'on trouve usuellement dans la distribution MT et BT. Elle est composée d'une ligne alimentée par des postes de distribution MT ou BT alimentés au départ par un poste source HT ou MT. En moyenne tension cette structure est souvent alimentée des deux côtés à fin d'assurer la disponibilité.



A/ Schéma radial à 1 étage

B/Schéma radial à 2 étages

Figure II-2: Indiqué une vue globale du réseau électrique.

1: Jeu de barre ; **2:** Transformateur ; **3:** départ client

II.4.1.4 Réseau magistraux

Le réseau magistral est représenté dans le schéma ci-dessous, rend les postes de distribution très simple et il tient compte des changements de processus technologique

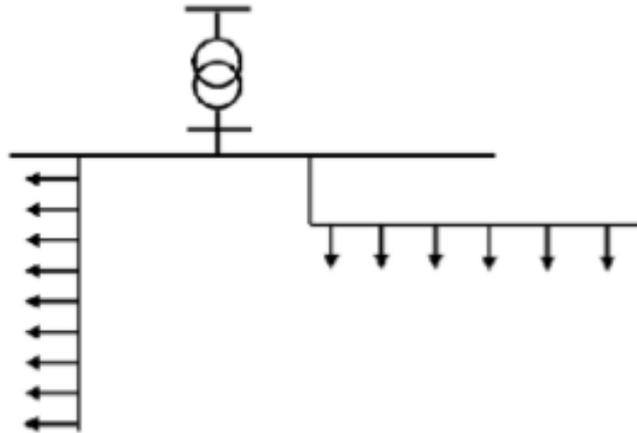


Figure II-3: Présentation d'un réseau magistral

II.4.1.5. Réseau bouclé :

Cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de répartition et distribution MT. Les postes de répartition HT ou MT alimentés à partir du réseau THT sont reliés entre eux pour former des boucles, ceci dans le but d'augmenter la disponibilité. Cependant, il faut noter que le réseaux MT ne sont pas forcément bouclés.

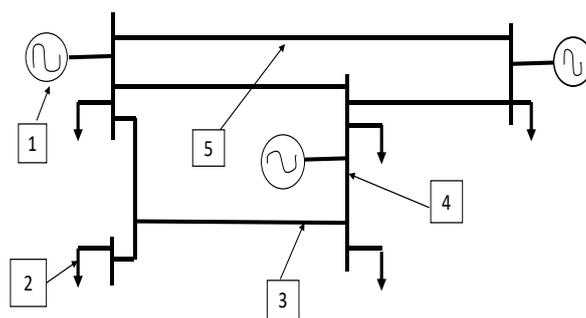


Figure II-4: Présentation d'un réseau

Légende :

1 : Sources; **2:** Consommateurs; **3:** Lignes de transport ; **4 :** Jeu de barre ; **5 :** Boucle

II.4.1.6 Réseau maillé

Cette topologie est presque la norme pour les réseaux de transport. Tous les centres de production sont liés entre eux par des lignes THT au niveau des postes d'interconnexion, ce qui forme un maillage. Cette structure permet une meilleure fiabilité mais nécessite une surveillance à l'échelle nationale.

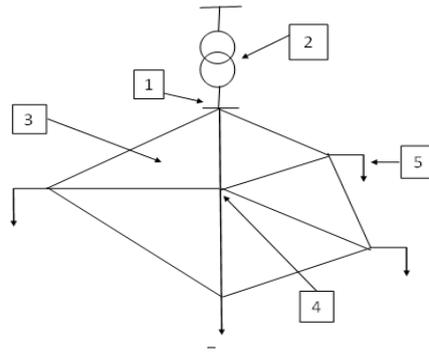


Figure II-5: Présentation d'un réseau maillé

Légende

1 : Jeu de barre ; **2** : Transformateur ; **3** : Maille ; **4** : Nœud ; **5** : Consommateurs.

II.4.2. Classification d'après le niveau de tension

Les réseaux électriques hiérarchisés d'une façon générale, la plus part des pays mettent en œuvre (voir le tableau suivant).

Tableau II-1: les niveaux des tensions appliquées sur le réseau

| Type de Réseau | Nature de tension | La tension Utilise |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| Réseau de transport | THT | 220 à 800 kV |
| Réseau de répartition | HT ou HTB | 60 à 120 kV |
| Réseau de distribution | MT ou HTA | 5 à 36 kV |
| Réseau de livraison | BT | 230 à 400 V |

La nouvelle norme en vigueur en Algérie définit les niveaux de tension alternative comme suit :

Tableau II-2: les niveaux des tensions appliqué sur le réseau en Algérie

| Domaines de tension | | Valeur de la tension nominale (U_n en Volts) | |
|--------------------------|-----|-------------------------------------------------|-------------------------|
| | | Courant alternatif | Courant Continu |
| Très basse tension (TBT) | | $U_n \leq 50$ | $U_n \leq 120$ |
| Basse Tension BT | BTA | $50 < U_n \leq 500$ | $120 < U_n \leq 750$ |
| | BTB | $500 < U_n \leq 1000$ | $750 < U_n \leq 1500$ |
| Haute Tension HT | HTA | $1000 < U_n \leq 50000$ | $1500 < U_n \leq 75000$ |
| | HTB | $U_n > 50000$ | $U_n > 75000$ |

Un réseau d'énergie électrique est un système comprenant la production, transport, répartition et la distribution de l'énergie électrique.

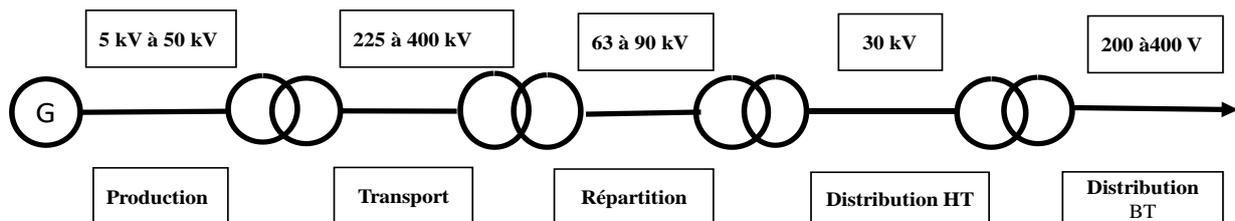


Figure II-6: Schéma simplifiée d'un réseau électrique

II.4.2.1 Réseaux de Production

Peut être produite de différentes façons, mais presque toujours selon le même principe, la transformation d'un mouvement tournant en énergie électrique, grâce à un alternateur.

En Algérie l'utilisation du gaz naturel comme énergie primaire pour la production d'électricité, et exigent aussi de développer d'autres énergies dites propres et renouvelables comme l'énergie solaire et éolienne, dont les gisements sont disponibles et abondants dans tout le pays.

Le parc de production national est constitué des centrales électriques de la Société Algérienne de Production de l'Électricité (SPE), et de Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida (SKTM), qui sont une filiale de Sonelgaz, ainsi que des sociétés en partenariat avec Sonel gaz.

Le renforcement des capacités de production, par Sonelgaz et ses sociétés filiales, a connu ces dernières années, une évolution conséquente de la puissance de production d'électricité installée, qui a atteint 19 586 MW en 2017.

II.4.2.2. Réseau de Transport et d'interconnexion de l'énergie électrique

Un alternateur produit la puissance électrique sous moyenne tension (10 à 15 kV), et elle est injectée dans le réseau de transport à travers des postes de transformation pour être transmise sous haute ou très haute tension afin de réduire les pertes dans les lignes, les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport);
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion) ;
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV ;
- Neutre directement mis à la terre ;
- Réseaux maillé.

Le niveau de la tension de transport varie selon les distances et les puissances transportées, plus les distances sont grandes plus la tension doit être élevée, la même chose pour la puissance, Par exemple,

La longueur totale du réseau national de transport de l'électricité, tous niveaux de tensions confondus (60 à 400 kV), a atteint 29 233 km à fin 2017.

Le réseau de transport électrique algérien est gestionnaire par la société de gestion de réseau de transport électricité GRTE et contrôlé par l'opérateur système OS Sant des filiales du groupe Sonelgaz qui assurés l'exploitation, la maintenance et la disponibilité d'énergie électrique.

Le réseau Algérie est relié aux deux réseaux marocain et tunisien via plusieurs lignes électrique, dont les plus récentes sont deux lignes 400 kV (réseau électrique Très Haute Tension).

Ces nouvelles interconnexions entre les trois pays confortent les liens traditionnels déjà existants.

Le Maroc est relié avec l'Algérie par trois liaisons électriques (2 en 220 kV et 1 en 400 kV).

La Tunisie est reliée avec l'Algérie par cinq liaisons électriques (2 en 90 kV, 1 en 150 kV, 1 en 220 kV et 1 en 400 kV).

II.4.2.3. Répartition

Le réseau de répartition prend sa source dans le réseau de transport à partir des postes d'interconnexion THT/HT(MT) et sert à fournir les gros consommateurs industriels sous haute ou moyenne tension, et à répartir les puissances dans différentes régions rurales ou urbaines.

Ce type de réseau utilise des typiques 60 et 30 kV.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

- La tension est 90 kV ou 63 kV;
- Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre ;
- Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV ;
- Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV ;
- Réseaux en boucle ouverte ou fermée.

II.4.2.4. Distribution de l'énergie électrique

L'énergie qui arrive à proximité d'un centre de consommation doit, pour être Distribuée aux abonnés, subir un abaissement de tension, puis être acheminée vers des réseaux de distribution à moyenne tension (jusqu'à une vingtaine de KV), elle est ensuite convertie en basse tension et distribuée. Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [1][5].

Le réseau de distribution en Algérie (lignes MT/BT et postes), pour assurer la fiabilité de l'approvisionnement et de la distribution de l'énergie électrique et garantir une meilleure qualité de service pour les citoyens.

A fin 2017 la longueur totale du réseau national de distribution de l'électricité, a atteint 328996km.

a. Réseaux de distribution à moyenne tension

- HTA (30 et 10 kV le plus répandu).
- Neutre à la terre par une résistance.
- Limitation à 300 A pour les réseaux aériens.
- Limitation à 1000A pour les réseaux souterrains.
- Réseaux souterrains en boucle ouverte ou fermer.

b. Réseaux de distribution à basse tension

- BTA (230 / 400 V).
- Neutre directement à la terre.
- Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

II.5. Constitution d'un réseau électrique

Le réseau électrique est constitué généralement par des centrales électriques, lignes électrique, les postes électrique à divers niveau de tension. [17]

II.5.1. Centrales électriques

Il existe cinq types de centrale électrique :

- Les Centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel).
- Les Centrales nucléaires.
- Les Centrales hydroélectriques.
- Les Centrales éolienne
- Les Centrales photovoltaïques.



Figure II-7: Image représente une central électrique turbine à gaz

II.5.2. Lignes électriques

Les lignes électriques assurent la fonction de transport d'énergie sur les longues distances. On distingue deux types de lignes de transport [18]

II.5.2.1. Les lignes aériennes

Elles sont composées de câbles conducteurs nus en cuivre posés sur des isolateurs fixés à des supports ainsi que des câbles de garde.

- **Les conductors :**

En électricité, un conducteur est un matériau qui contient des porteurs de charge électrique mobiles, et offrant une faible résistance au passage du courant électrique. Par extension, un

conducteur est un composant électrique de faible résistance, servant à véhiculer le courant d'un point à un autre. Par cette faible résistance on distingue les bons matériaux de conduction telle que l'or, le cuivre et l'aluminium. Dans le réseau de transport on utilise en générale des conducteurs en aluminium ou en alliage aluminium, acier.

Parmi les raisons d'utiliser l'aluminium c'est un bon conducteur d'énergie, moins coûteux et léger pour être porté par les supports (pylônes, poteaux).

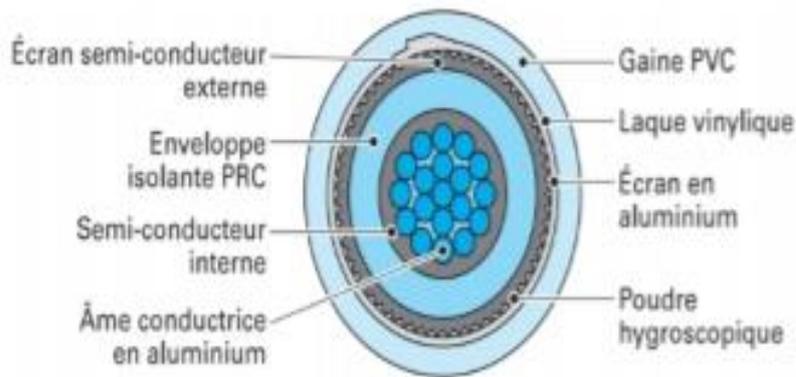


Figure II-8: Câbles de distribution moyenne tension

- **Les supports :**

Les supports sont utilisés dans le réseau électrique pour porter les conducteurs d'énergie.

Il existe deux principaux types de support

- support bouts soudé en acier(BS)
- support en béton.

En haute tension les supports utilisés sont appelés pylônes, qui sont en acier constitué par un assemblage de bouts métallique par des boulons et des écrous généralement, assembler en formes géométriques pour mieux se tenir sur la terre à cause de leurs hauteurs.



Figure II-9: Image représente des pylônes

Dans les réseaux MT et BT les supports utilisés sont en Acier ou bétonné, réseau MT sont en acier généralement parce qu'ils sont moins chère que les supports bétonnés, et ces derniers sont utilisés en BT dans les zones urbaines pour éviter la chute des lignes en cas d'incident.

- **Les isolators :**

Les chaînes d'isolateurs généralement en verre, servent à supporter et à immobiliser les conducteurs sous tension d'une part et d'autre part, pour assurer l'isolement électrique entre le pylône et les conducteurs. Les isolateurs doivent avoir une grande résistance d'isolement afin qu'ils ne soient ni contournés en surface ni perforés à travers leurs masses qu'ils ont à supporter [17].

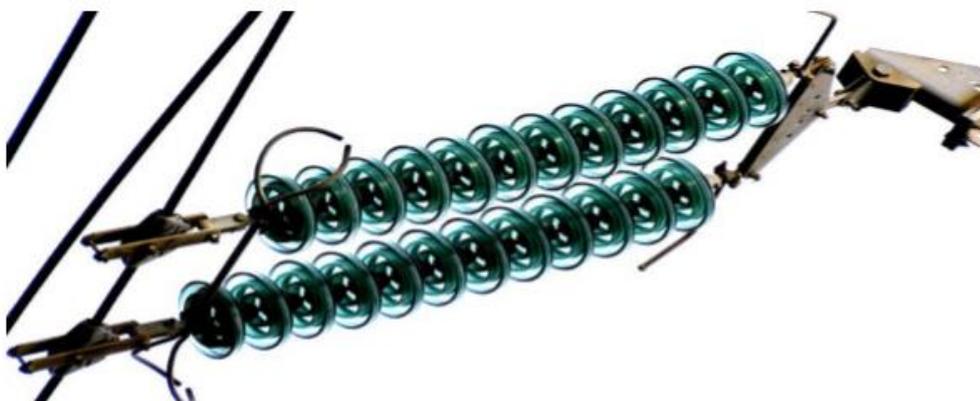


Figure II-10: Isolateur verre

- **Câbles de garde :**

Il existe aussi des câbles qui ne transportent pas de courant, ce sont les câbles de garde, ils sont disposés au-dessus des câbles conducteurs au sommet des supports et les protègent contre les

décharges atmosphériques dangereuses (foudre). Ils sont en acier et on relie solidement à la terre à chaque support [17].

II.5.2.2. Les lignes souterraines

Elles sont constituées par un ou plusieurs câbles unipolaires ou par un câble multipolaire.

a- Un câble unipolaire :

Comprend généralement un conducteur de phase centrale en cuivre ou en aluminium, entouré par un isolant (papier imprégné à l'huile, gaz sous pression), une gaine métallique et une protection contre l'humidité et les agressions mécanique et chimique [17].

b- Un câble tripolaire :

Il est composé de trois conducteurs de phase isolés et groupés sous une armure métallique commune [17].

II.5.3. Postes électrique

Un poste (une sous-station) est une partie d'un réseau électrique, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des transformateurs.

Un poste comprend généralement les dispositifs destinés à la sécurité et à la conduite du réseau, ils sont destinés à assurer les fonctions suivantes :

- L'évacuation de l'énergie produite par les centrales;
- L'aiguillage de la ligne à même tension;
- La conversion, réalise une modification des caractéristiques de la tension et de fréquence, aussi le passage de l'alternatif au continu;
- La protection des installations en cas de défaut électrique.



Figure II-11: Image représente un poste électrique THT

II.5.3.1. Constitution d'un poste

Dans une analyse globale d'un réseau électrique un poste est considéré comme une barre ou tout simplement un nœud où transitent des flux de puissances.

Pour le désigne et la planification du réseau, ce poste constitue une pièce majeure dans le système de répartition ou de distribution, dans la mesure où c'est à ce niveau qui est organisée la configuration de la topologie du réseau, et c'est aussi un point de surveillance de contrôle et de protection.

Un poste électrique est un ensemble d'appareillage arrangé de sorte à :

- Faire transiter la puissance d'un niveau de tension à un autre, en général s'il s'agit d'un poste de répartition ou de distribution, le poste sert à baisser la tension;
- Réglage de la tension, comptage de puissance, surveillance,...etc;
- Cet ensemble d'appareillage comporte;
- Des jeux de barres;
- Des transformateurs;
- Des disjoncteurs et sectionneurs (appareillage de coupure);
- Des compensateurs;
- Appareillage de mesure et de comptage de puissance.

- **Jeu de barres :**

Le jeu de barres est la partie essentielle de chaque poste, c'est un système de trois conducteurs en tube et parfois en câble en méplat. Il sert à établir la connexion entre les arrivées et les départs d'un poste, chaque branche est raccordée au jeu de barres par l'intermédiaire d'un appareil de coupure qui permet de le séparer du réseau en cas de défaut.



Figure II-12: Jeu de barre électrique haute tension

- **Appareils de coupure :**

Il existe deux types d'appareil de coupure, disjoncteur et le sectionneur.

- **Les isolateurs :**

sont constitués d'une matière solide qui présente une bonne résistance au passage du courant électrique.

- **Parafoudres :**

Les parafoudres sont des appareils destinés à limiter les surtensions imposées aux transformateurs, instruments et machines électriques par la foudre et par les manœuvres de commutation. La partie supérieure du parafoudre est reliée à un des fils de la ligne à protéger et la partie inférieure est connectée au sol par une mise à la terre de faible résistance, généralement de moins d'un Ohm (figure I.14).

• **Eclateurs L'éclateur** : est un dispositif simple constitué de deux électrodes, la première reliée au conducteur à protéger, la deuxième reliée à la terre. A l'endroit où il est installé dans le réseau, l'éclateur représente un point faible pour l'écoulement des surtensions à la terre et protège ainsi le matériel (figure I.13).



Figure II-13: Eclateurs

• **Transformateur de puissance** :

Le rôle d'un transformateur est de modifier la valeur de la tension ou d'un courant alternatif, cet appareil est réversible il permet soit l'élévation soit l'abaissement de la tension.BT.(figure II.14).



Figure II-14: Transformateurs de puissance

- **Transformateur de mesure (courant et tension)**

Ils sont utilisés pour permettre la mesure de la tension ou du courant quand ceux-ci ont une valeur trop élevée pour être mesurée directement. Ils doivent transformer la tension ou le courant de manière proportionnelle et sans déphasage. Ils sont destinés à alimenter des appareils de mesure, des compteurs, des relais et autres appareils analogues.

II.6. Protections des réseaux électriques

Est un ensemble des appareils électriques d désigne pour assure la surveillance et la stabilité d un réseau électrique.

Cette protection est nécessaire pour éviter les risques sur les installations, et destruction accidentelle d équipements couteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue.

Elle doit également garantir la stabilité des réseaux électriques.

II.6.1 Les défauts existant dans un réseau électrique

Une protection électrique défini et permet comme protéger les installations contre les défauts électriques, les défauts possibles sont :

- court-circuit phase-phase
- court-circuit phase-terre
- choc de foudre
- choc de manœuvre
- sur tension
- défaillance d un disjoncteur
- défaut a la masse
- sur charge thermique
- sur fluxage
- perte de synchronisme
- baisse de fréquence important

À savoir la nature de défaut existe les différentes types de défaut sont :

Défaut fugitif : nécessité une coupure très brève du réseau

Défaut Permanent : nécessite une intervention humaine pour rétablir la situation de l'état normale du réseau.

II.6.2. Les différents types des protections

- Protection a maximum de courant;
- Protection directionnel;
- Protection de distance pour les ligne HT;
- Protection différentielles transformateurs;
- Protection de terre resistant;
- Protection masse cuve ;
- Protection sur tension, sous tension, sous fréquence;
- Un relais buchholz pour la protection interne de transformateur.

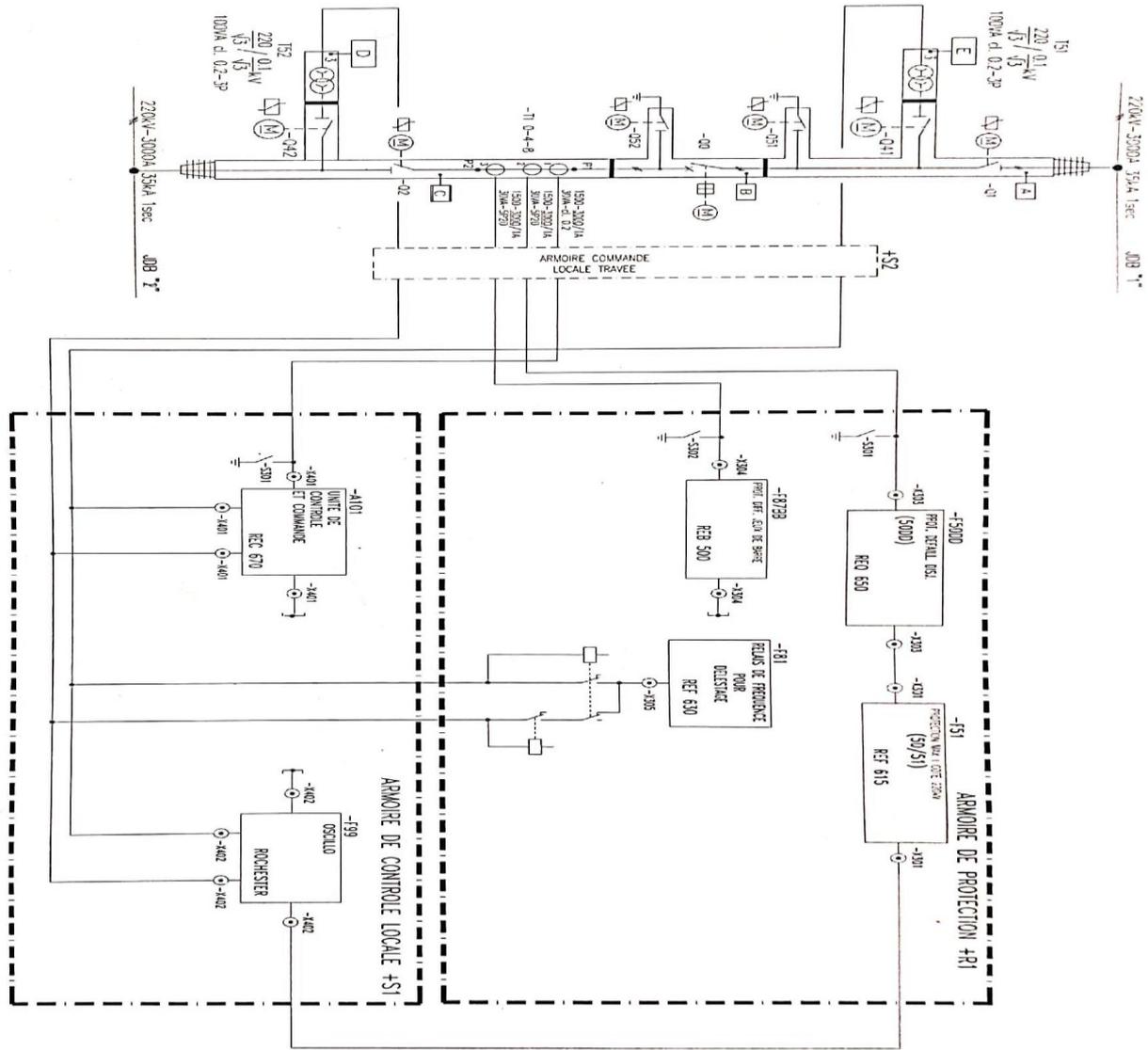


Figure II-15: Schéma électrique de travée 220kV Couplage barre et le raccordement des protections

II.7. Centre de dispatching (centre de conduite réseau)

La gestion du système de production et de transport de l'électricité en temps réel (dispatching) ,en particulier la coordination du système de production et de transport de l'électricité en vue d'assurer l'équilibre permanent entre la production et la consommation d'électricité, la sécurité du réseau et enfin la fiabilité et l'efficacité de l'alimentation électrique, conformément aux dispositions de la loi n°02-01 du 05.02.2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisation notamment les articles n° 35 et 36.

le contrôle permanent de l'équilibre de fonctionnement du réseau électrique ; il programme et coordonne la mise en œuvre des moyens de production et de transport de l'électricité dans les meilleures conditions d'économie, de sécurité et de continuité de service en collaboration avec l'Opérateur Marché (une fois mis en place) et l'ensemble des opérateurs autour du système électrique

En tant que gestionnaire du système de Production –Transport de l'électricité national et donc responsable de sa sécurité, l'Opérateur du Système planifie et met en œuvre les actions nécessaires pour assurer la sécurité d'alimentation du réseau électrique national, notamment en cas de situations perturbées.

En outre, il participe aux travaux des organismes nationaux et /ou internationaux, aux actions liées au développement des interconnexions électriques, et à l'élaboration et la mise en place de procédures nouvelles liées à l'exploitation des systèmes électriques interconnectés.



Figure II-16: Image représente centre de conduite nationale d'opérateur système

II.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mené une étude générale du réseau électrique et étudié les différents composants nécessaires à sa production, son transport, sa distribution et sa consommation d'énergie électrique. Le principal objectif du réseau énergétique est de pouvoir répondre aux besoins des consommateurs.

Comme nous ne pouvons pas stocker d'énergie et de grandes quantités d'électricité, nous devons pouvoir rester conforme pour toujours :

Production = consommation + perte de réseau électrique doit permettre de livrer aux utilisateurs des biens de consommation répondant à leurs besoins. Ses caractéristiques sont:

- La puissance disponible dépend des besoins quantitatifs des clients.
- Tension fixe, en fonction de cette puissance et du type de client.
- Une qualité qui reflète la capacité à respecter la valeur attendue et la forme des deux paramètres et à les maintenir dans le temps.

***CHAPITRE III : Etat de l'art sur le
projet SKTM et le réseau PIAT***

III.1. Introduction :

Le programme national des énergies renouvelables, est créé pour améliorer la demande croissant d'électricité du parc de productions d'électricités national, et pour évite la pollution de l'environnement constitue un cas d'école, non seulement pour la société SKTM, mais également à l'ensemble des intervenants dans le processus, gestionnaire du réseau de transport, les sociétés de distribution, l'opérateur du système électrique, les autorités locale...etc., pour ne citer que ceux-là. Et qui commencent à appréhender les problématiques liées aux énergies renouvelables.

La société SKTM a placé des contrats de réalisation de 23 centrales en filière photovoltaïque, technique fixe poly cristalline, à l'entame de l'année 2014, après un appel à manifestation d'intérêt international ayant touché une trentaine de leaders mondiaux dans la filière photovoltaïques avec les opérateurs chinois, Groupement YINGLI SOLAR/SINO HYDRO/CNTIC.

Dans le cadre de la décision du Gouvernement en date de 19 juin 2013 de lancer uneprocéduredepropectionetdechoixdefournisseursd'équipementssetEPC photovoltaïques Destinés a la réalisation d'une capacité totale de 400MWc, Sonelgaz, à travers sa filiale SKTM, a engagé la réalisation de 20 centrales photovoltaïques d'une capacité totale de 343 MWc au niveau des hauts plateaux (Est, Centre et, Ouest), SudetgrandSudrépartiessur14wilayas.

III.2. Conception Générale de La SKTM

III.2.1. Présentation de SKTM

Shariket Kahraba Wa Taket Moutadjadida, SKTM, spa, est une société de production d'électricité, dont le capital est souscrit entièrement par la holding Sonelgaz. Créée le 07 avril 2013, par scission de la société SPE. Spa, sont siège social est basé à Ghardaïa.

La société est née dans un contexte de prise de conscience généralisée des incertitudes énergétiques et de la nécessité de lutter contre le réchauffement climatique, un recours massif à l'énergie solaire sous toutes ses formes, directes (photovoltaïque, thermique) ou indirectes (éolien, biomasse) doit s'imposer comme une priorité, une évidence.

En plus des enjeux liés au réchauffement climatique, l'épuisement des ressources énergétiques traditionnelles, le pétrole, le gaz naturel entre autres, le recours aux énergies propres, n'est plus une question de choix mais beaucoup plus une question de devenir des nations. D'autant plus que l'Algérie jouie d'un potentiel solaire des plus importants de par le monde, et d'un potentiel éolien également non négligeable, ajoutés à l'étendue de son territoire, lui permettant d'implanter les ouvrages de production d'électricité par les procédés renouvelables sans encombre.

III.2.2. L'objectif de SKTM

SKTM a été créée pour répondre à des enjeux stratégiques de l'heure. Il s'agit :

- Des spécificités qui caractérisent la gestion du parc de production Diesel des RIS (Réseaux Isolés du Sud).
- De satisfaire aux meilleures conditions de continuité et de qualité de service fourni aux populations des régions du sud du pays.
- De la volonté de concrétiser l'ambitieux programme national de développement des Energies Renouvelables, en mettant en valeur les potentialités énormes dont dispose notre pays, notamment l'étendue de son territoire et la durée d'ensoleillement.

III.2.3. Le Rôle de SKTM :

SKTM a pour missions principales l'exploitation des réseaux d'énergie électrique isolés du sud (production d'électricité en conventionnel) et des énergies renouvelables pour l'ensemble du territoire national.

Le développement des infrastructures électriques du parc de production des Réseaux Isolés du Sud, de l'Engineering, de la maintenance et de la gestion des centrales électriques relevant de son champ de compétence.

La commercialisation de l'énergie produite pour les filiales de distribution notamment après le déploiement des Energies Renouvelables sur les réseaux interconnectés.

III.2.4. Réalisations et perspectives :

SKTM a participé, dès sa création, aux côtés des autres filiales de métiers de base, avec un programme d'urgence visant à garantir un passage été 2013 sans incident majeurs, et assurer de la sorte une qualité et continuité de service irréprochable au profit des populations des régions du sud du pays.

Le passage été 2013 a été marqué par un apport en puissance additionnelle de 121,3 MW soit, 101MW en Turbines à gaz mobiles, 20,3 MW en groupes diesel et 22 MW de capacité récupérée grâce un plan de maintenance.

Ce programme a ramené la capacité totale des réseaux isolés du sud à 336 MW, alors que la puissance maximale appelée n'a pas dépassé les 208 MW, ce qui a permis d'assurer une période estivale sans délestage, dans les régions du sud du pays.

Cet effort est appelé à être maintenu pour couvrir la puissance maximale appelée pour l'été 2014, par l'apport en puissance additionnelle de l'ordre de 200,5 MW, en plus d'une réserve tampon.

L'année 2014 sera marquée également par la réalisation de 23 centrales solaires photovoltaïques, implantées dans les hauts plateaux et les régions du sud du pays, la mise en service de la centrale expérimentale de Ghardaïa, de la ferme éolienne d'Adrar, ainsi que 10 stations de mesures météorologiques.

III.3. Situation des Gisements en Algérie :

III.3.1. Le Gisement Eolien de l'Algérie :

La cartographie des vents moyens en Algérie (sur laquelle nous pouvons constater une différence au niveau de la vitesse des vents) ci-dessous établit par le CDER nous indique les vitesses du vent à 10 m de sol sur le territoire national.

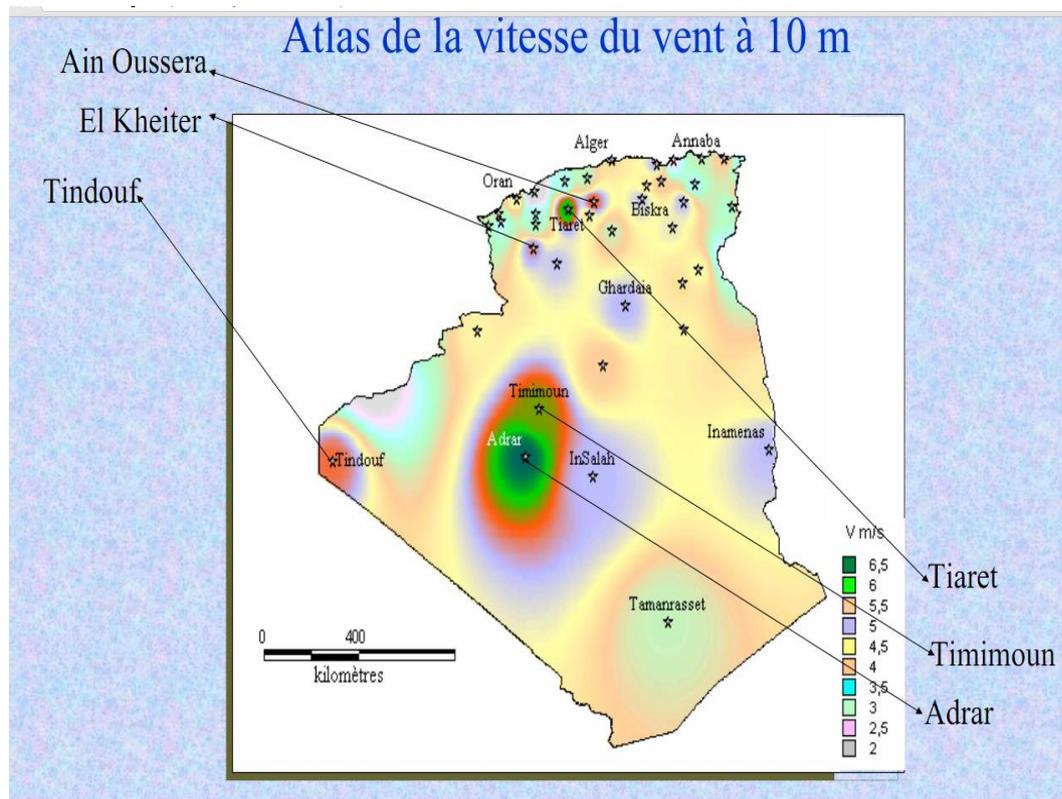


Figure III-1: Carte de vent de l'Algérie (Source site CDER Algérie)

On peut ainsi noter que :

Le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement le Sud-Ouest avec des vitesses supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar.

Concernant le Nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peu élevée.

III.3.2. Gisement solaire Algérien

La durée d'insolation sur la quasi totalité du 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 1m^2 est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de $1700\text{kWh/m}^2/\text{an}$ au Nord et $2263\text{kWh/m}^2/\text{an}$ au Sud du pays.

A l'occasion de la célébration de la journée du solstice d'été, journée la plus longue de l'année, le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) a diffusé la carte de l'irradiation solaire globale en Algérie.

Il s'agit d'une première carte de l'Atlas solaire algérien

Moyenne annuelle de l'Irradiation Globale reçue sur une surface horizontale, Période 1992-2002

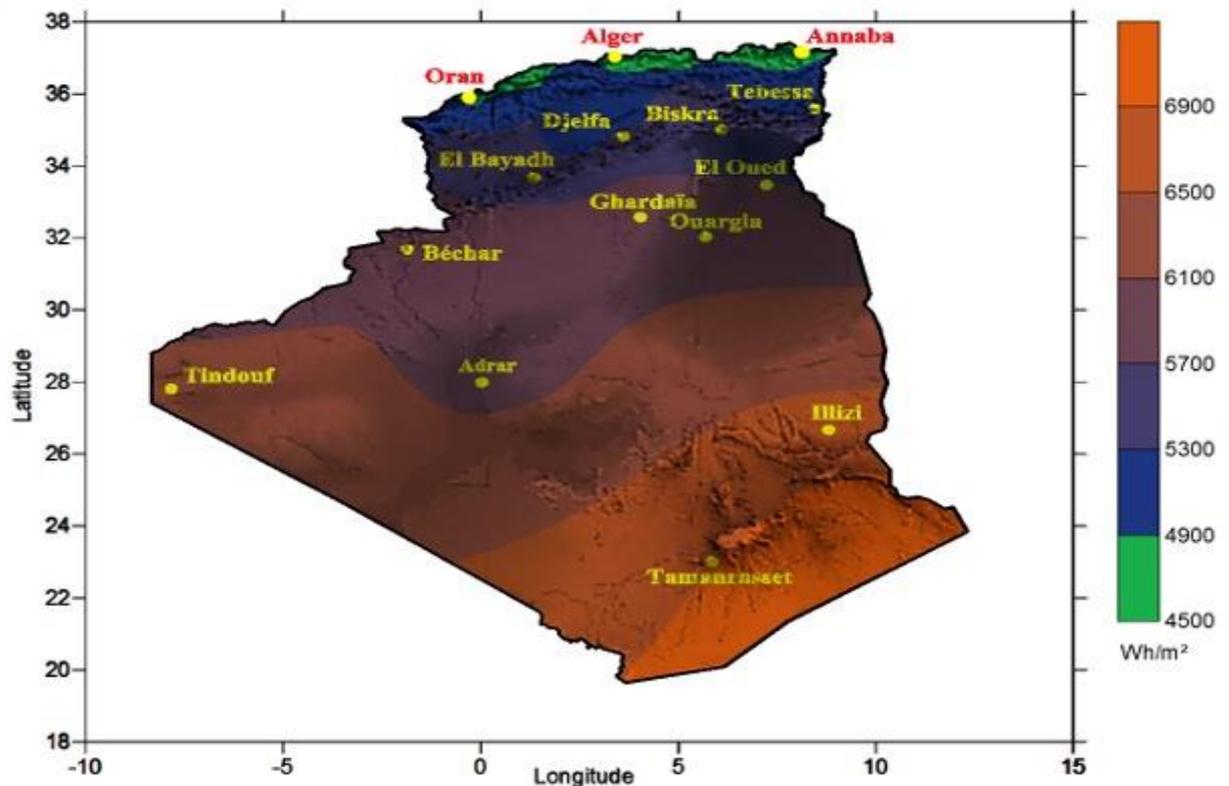


Figure III-2: Irradiation moyen annuelle de l'Algérie (Source site CDER Algérie)

III.4. Réalisations des projets

La réalisation du programme permettra d'atteindre à l'horizon 2030 une part de renouvelables de près de 27% dans le bilan national de production d'électricité. Le volume de gaz naturel épargné par les 22 000 MW en renouvelables, atteindra environ 300 milliards de m^3 , soit un volume équivalant à 8 fois la consommation nationale de l'année 2014.

Le programme de développement de l'énergie renouvelable répartie par source d'énergie et par phase se présente comme suit :

Tableau III-1: Le programme Algérien de développement de l'énergie renouvelable

| | 1ère phase 2015-2020 (en MW) | 2ème phase 2020-2030 (en MW) | TOTAL (en MW) |
|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
| Photovoltaïque | 3000 | 10575 | 13575 |
| Eolien | 1010 | 4000 | 5010 |
| CSP (<i>Concentrating Solar Power</i>) | 0 | 2000 | 2000 |
| Cogénération | 150 | 250 | 400 |
| Biomasse | 360 | 640 | 1000 |
| Géothermie | 05 | 10 | 15 |
| Total | 4525 | 17475 | 22000 |

Objectifs cumulés par filière

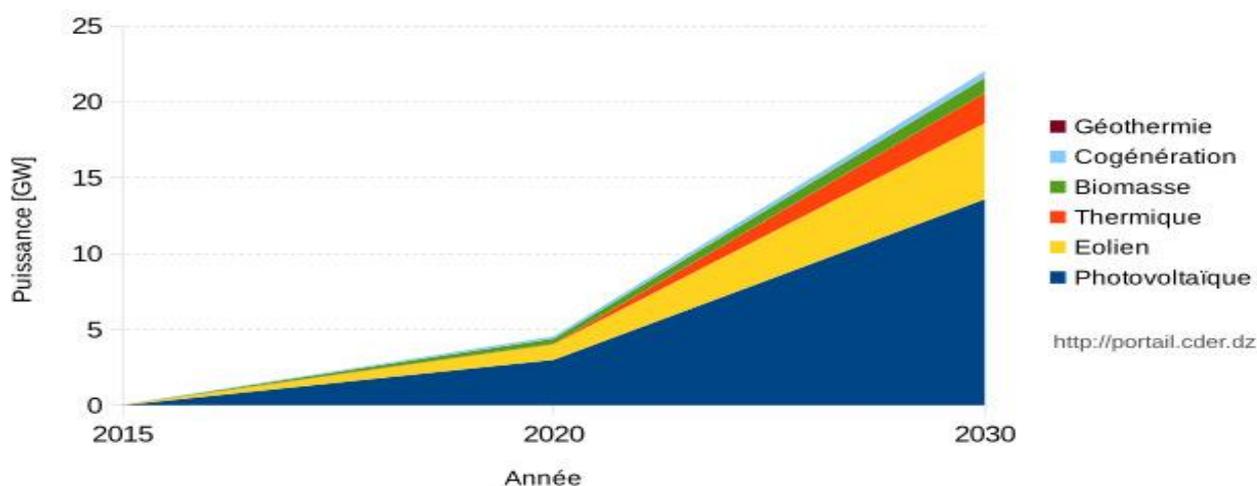


Figure III-3: Phases du programme algérien des Energies Renouvelables

Aussi et afin d'encourager et soutenir les industriels dans la réalisation de ce programme, il est prévu, entre autres, la réduction des droits de douane et de la TVA à l'importation pour les composants, matières premières et produits semi-finis utilisés dans la fabrication des équipements en Algérie, dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

III.4.1-Installation des Stations de mesures météorologiques

-Dix (10) stations de mesure ont été achetées et installées au cours du premier semestre 2015.

-D'après les résultats de la recherche satellitaire, les sites de niveau CREDEG a sont toujours en activité (identification des sites qualifiés).

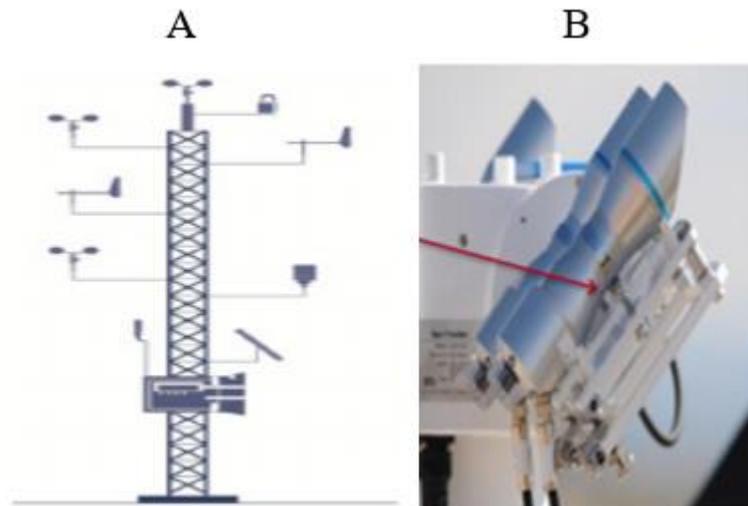


Figure III-4: Système de mesure : A) éolienne ; B) solaire

III.4.2. Installations pilotes pour tester les technologies disponibles

a- Projet de réalisation d'une ferme éoliennede10MWàKabertene (Adrar).

b- Projet de réalisation d'une centrale photovoltaïque de1.1MWà Ghardaïa.

Les deux projets réalisés dans le cadre de la phase expérimentale, sont entrés en exploitation de puis juillet2014,

Des équipes (SKTM/CREDEG/CDER) à été déployées sur les deux sites pour analyser les restitutions et le comportement des différents sous- champs (différentes technologies de panneaux) ainsi que les éoliennes

III.4.3. Parc ENR Actuel

1-Nombre de centrales installées : 22 Centrales (21 centrales PV et 01 centrales Eolien)

2-Puissance Installée : 354,3 MW (344,1 MWc PV et 10,2 MW Eolien)

3-Energie Produite depuis la MES : 1018GWh (936GWh PV et 82 GWh Eolien)

Tableau III-2: les centrales installées

| Centrales | P Installés(MWc) |
|--------------------------------|------------------|
| 1-Réseau PIAT | |
| Eolienne Kaberténe | 10.2 |
| Adrar | 20 |
| Kaberténe | 03 |
| In Salah | 05 |
| Timimoune | 09 |
| Reggan | 05 |
| Zaouit Kounta | 06 |
| Aoulef | 05 |
| 2-Réseau RIS | |
| Tamanrasset | 13 |
| Djanet | 03 |
| Tindouf | 9 |
| 3-Réseau RIN | |
| Oued Nechou PV(Ghardaïa) | 1.1 |
| Sedretv Leghzel (Naama) | 20 |
| Oued El Kebrit (souk Ahras) | 15 |
| Ain skhouna (saida) | 30 |
| Ain el Bel (Djelfa) 1et 2 | 53 |
| Lekhneg (Laghouat) 1et 2 | 60 |
| Telagh (Sidi-Bel-Abbès) | 12 |
| El Hadjira (Ouargla) | 30 |
| Ain-EL-Melh (M'Sila) | 20 |
| Oued El Ma (Batna) | 02 |

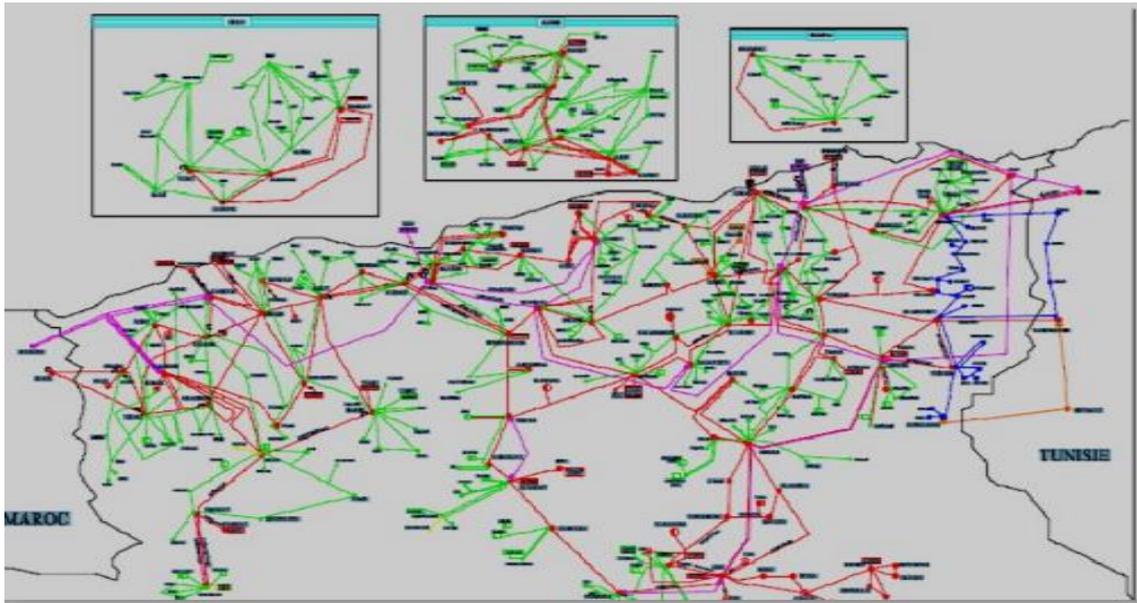


Figure III-6: Le schéma du réseau SPTE du RIN

III.5.2. Les Réseaux Isolés du Sud « RIS »

Il s'agit de 30 sites du grand sud, alimentés par des réseaux locaux à travers des groupes diesels, des TG ou des sources photovoltaïques et cela compte tenu des distances mises en jeu et des niveaux de consommation relativement faibles.

Pour faire face à l'évolution importante de la demande électrique des localités isolées du sud, plusieurs centrales turbines à gaz, groupes diesel et photovoltaïques ont été installés entre 2012 et 2017. Les capacités de production ont été implantées au niveau des différents sites isolés du sud et contribuent fortement à la sécurisation de l'alimentation de l'énergie électrique des régions isolées du sud, au développement local et l'amélioration des conditions de vie de ces régions désenclavées.

III.5.3. Les Réseaux PIAT (Pôle d'IN SALAH, ADRAR et TIMIMOUNE)

Ce réseau est assuré la connexion d'IN SALAH à TIMIMOUNE en passant par AOULEF par des lignes 220 kV, il est alimenté par les centrales d'Adrar, In Salah, KABERTINE, TIMIMOUNE et ZAOUJET KOUNTA, ainsi que des centrales PV et une ferme éolienne de 10 MW.

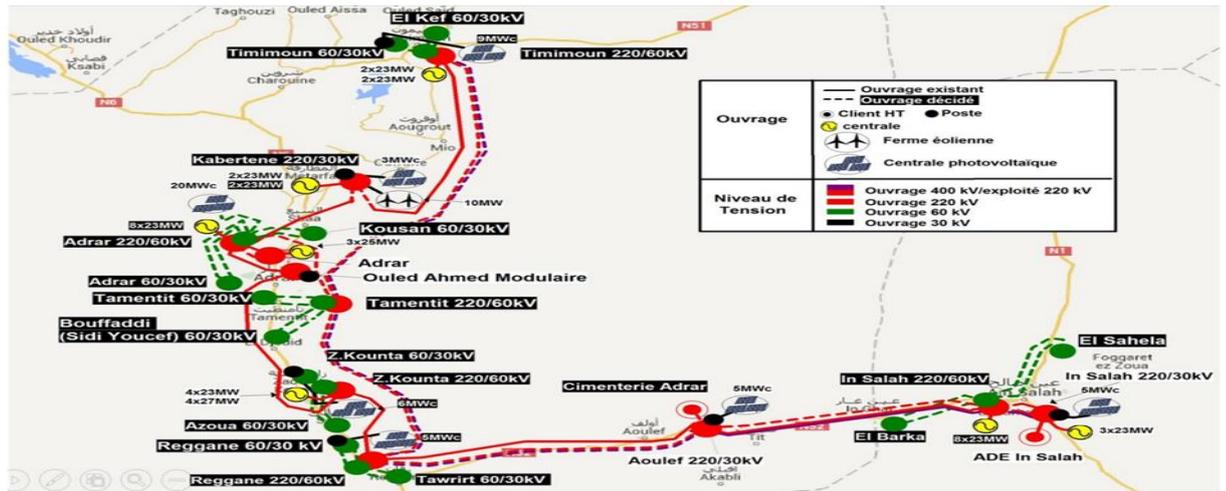


Figure III-7: carte de réseaux PIAT

III.6. Etude et nécessité de Réseaux PIAT suite au projet National des EnR

III.6.1.Introduction

Le fonctionnement du réseau pole Adrar – in Salah avec intégration massive des énergies renouvelables, expérience et défis, par la gestion du centre régional de conduite d’Adrar.

L’arrivée des centrales EnR’s, des types photovoltaïques et éoliens, dans le système électrique du pôle d’Adrar, totalisant une puissance de 63 MWc. Dont 53MWc représente la part des installations du type PV. Dans l’objectif d’assurer une gestion rigoureuse du système électrique du pôle d’Adrar que ça soit sur l’aspect sécurité d’alimentation et sur l’aspect économique afin de garantir une intégration efficace des centrale photovoltaïques au système électrique du pôle, une nouvelle approche a été introduite.

III.6.2.Constitution de Réseaux PIAT

Le réseau HT 220 kV du réseau PIAT c’est un réseau autonome par apport le réseau d’interconnexion national en Algérie, est constitué par les différentes unités des filiales groupe Sonelgaz est comme suite :

la production d’énergie électricité par la société SPE filial de groupe représenté par des centrales pour évacue cette énergie dans le réseau (Voir le Tableau). [15]

Tableau III-3: Production conventionnel PIAT

| Central | Constructeur | Puissance nominale (MW) | N groupe | Tension nominale (KV) | Date de mise en service |
|---------|------------------|-------------------------|----------|-----------------------|-------------------------|
| ADRAR | Nouvo pignone GE | 25 | 1 | 11 | 13/08/1995 |
| | Nouvo pignone GE | 25 | 2 | 11 | 05/09/1995 |
| | Nouvo pignone GE | 25 | 3 | 11 | 13/11/1995 |

| | | | | | |
|---------------|------------------|--------|----|------|------------------|
| | Nouvo pignone GE | 25 | 4 | 11 | 24/03/1995 |
| | Asea stal | 15 | 5 | 11 | 15/04/1987 |
| | Asea stal | 15 | 6 | 11 | 16/04/1987 |
| | Asea stal | 15 | 7 | 11 | |
| | John Brown | 20 | 8 | 10.5 | 19/09/1972 |
| | John Brown | 20 | 9 | 10.5 | 16/08/1972 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 10 | 11 | 11/07/2013 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 11 | 11 | 21/07/2013 |
| Timimoune | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 1 | 11 | 07/07/2012 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 2 | 11 | 21/07/2012 |
| | TG mobile (GE) | 25 | 3 | 11 | 19/04/2016 |
| | TG mobile (GE) | 25 | 4 | 11 | 21/04/2016 |
| Zaouit Kounta | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 1 | 11 | 07/08/2014 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 2 | 11 | 01/06/2014 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 3 | 11 | 29/05/2014 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 4 | 11 | 28/06/2014 |
| | TG mobile (GE) | 25 | 5 | 11 | 04/03/2015 |
| | TG mobile (GE) | 25 | 6 | 11 | 05/03/2015 |
| | TG mobile (GE) | 25 | 7 | 11 | 07/02/2015 |
| | TG mobile (GE) | 25 | 8 | 11 | 03/02/2015 |
| In Salah | Thomassen (GE) | 24.75 | 1 | 11 | 09/02/1983 |
| | Thomassen (GE) | 24.75 | 2 | 11 | 12/02/1983 |
| | Thomassen (GE) | 24.75 | 3 | 11 | 14/03/1983 |
| | Thomassen (GE) | 24.75 | 4 | 11 | 29/03/1983 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 5 | 11 | 24/01/2019 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 6 | 11 | 31/01/2019 |
| Kaberten | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 1 | 11 | 10/07/2011 |
| | TG mobile (PWPS) | 22.891 | 2 | 11 | 24/07/2011 |
| TOTAL | | | | | 693.692MW |

Le transport d'énergie électrique est représenté par La société GRTE filiale du Groupe Sonelgaz, pour assure la gestion du réseau (la conduite et l'exploitation et la maintenance) du PIAT, est constitué par des lignes 220kV, et Postes de transformation (Voire Le Tableau). [16]

Tableau III-4: Transport conventionnel PIAT

| Ouvrage (poste) | Nombre de TR | Tension Nominal En (kV) | Puissance Installe En (MVA) | Date de mise En service |
|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Adrar | 02 | 30/220 | 2 * 80 | 27/06/2002 10/12/2003 |
| CM 1 ADR | 01 | 220/30 | 40 | 11/06/2009 |
| CM 2 ADR | 01 | 220/30 | 40 | 06/05/2011 |
| Ould Ahmed Timi | 02 | 220/30 | 2*40 | 22/10/2014 |
| Timimoune | 02 | 220/30 | 2*40 | 15/01/2004 15/07/2018 |

| | | | | |
|---------------|----|--------|------|-------------------------------------|
| Kaberténe | 01 | 220/30 | 40 | 15/01/2004 |
| Zaouit Kounta | 02 | 220/30 | 2*40 | 23/07/2002 |
| CM Sali | 01 | 220/30 | 40 | 22/07/2017 |
| CM Règne | 01 | 220/30 | 40 | 17/06/2011 |
| Aoulef | 02 | 220/30 | 2*40 | 20/11/2003 |
| In Salah | 02 | 220/30 | 2*40 | 26/05/2007CM 06/05/2010Post e |
| Totale | 17 | 220/30 | 760 | |



Figure III-8: carte réseau de Transport de PIAT

La distribution d'énergie électrique est représenté par la société SDO filiale Groupe Sonelgaz, est pour assure la distribution électrique dans les régions du PIAT, est constitué par des postes et réseaux HT/MT 220/30kV.

La relation entre les trois entreprises production, transport, la distribution est cordonne avec sa responsabilité de l'organisme Operateur Système OS C'est un filiale groupe Sonelgaz, est représenté par le CRC/ADRAR pour gérer le réseau du PIAT et en voyer les paramètres du réseau ver Le dispatching National DN.

III.6.3 Ferme éolienne Kaberténe

III.6.3.1. Le principe de fonctionnement d'une éolienne

La fabrication d'électricité par une éolienne est réalisée par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique, selon plusieurs étapes :

- transformation de l'énergie par les pales : les pales fonctionnent sur le principe d'une aile d'avion. La différence de pression entre les deux faces de la pale crée une force aérodynamique, mettant en mouvement le rotor par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique.
- accélération du mouvement de rotation grâce au multiplicateur : les pales tournent à une vitesse relativement lente, de l'ordre de 5 à 15 tours par minute, d'autant plus lente que l'éolienne est grande. La plupart des générateurs ont besoin de tourner à très grande vitesse (de 1 000 à 2 000 tours par minute) pour produire de l'électricité. C'est pourquoi le mouvement lent du rotor est accéléré par un multiplicateur.
- production d'électricité par le générateur : l'énergie mécanique transmise par le multiplicateur est transformée en énergie électrique par le générateur. En tournant à grande vitesse, le générateur produit de l'électricité à une tension d'environ 690 volts
- traitement de l'électricité par le convertisseur et le transformateur :

L'électricité produite ne peut pas être utilisée directement. Elle est traitée grâce à un convertisseur, puis sa tension est élevée à 20 000 volts par un transformateur. L'électricité est alors acheminée à travers un câble enterré jusqu'à un poste de transformation pour être injectée sur le réseau électrique». [17].

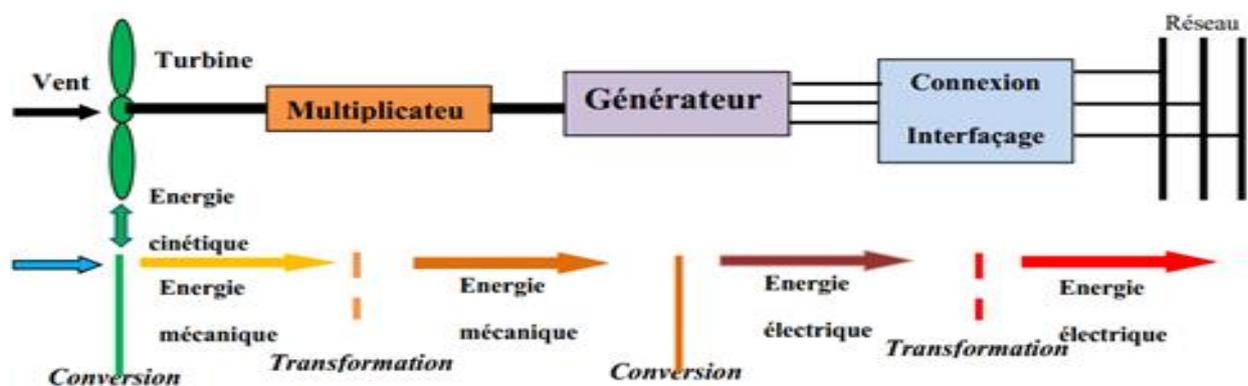


Figure III-9: Production d'énergie par éolienne

III.6.3.2. la Centrale Eolienne Kaberten

Le choix du site de la Centrale KABERTENE dans la wilaya d'Adrar a été fait suite à une étude cartographique sur les grandes régions de vent en Algérie et à l'issue de laquelle la région d'Adrar a été définie", l'énergie produite par cette ferme est injectée au poste HTA 30 kV KABERTENE. Le choix du site de la ferme KABERTENE dans la wilaya d'Adrar a été fait suite

à une étude cartographique sur les grandes régions de vent en Algérie et à l'issue de laquelle la région d'Adrar a été définie", l'énergie produite par cette ferme est injectée au poste HTA

30 kV KABERTENE.

La ferme éolienne de KABERTENE. est composée de 12 aérogénérateurs de 850 kW de puissance chacune soit une puissance Totale de la Ferme de 10,2 MW .

Tableau III-5: Production éolienne PIAT

| Centrale | Technologie | N° Eolienne | Tension injection | Puissance installée |
|------------------|-----------------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|
| KABERTENE | Générateur Asynchrone à Double Alimentations (GADA) | 12 | 30 KV | 10.2 |



Figure III-10: Vu Générale de la ferme Eolienne de KABERTENE



Figure III-11: Implantation ferme éolienne de Kabertene [18]

III.6.4. Les Centrales PV Connecté au Réseaux PIAT

Le But principale de la création des centrales PV connecté au réseau PIAT, est pour :

- Réduction des consommations de combustibles
- Développement d'un mix énergétique
- Promotion de l'économie de l'énergie et de l'efficacité énergétique
- Éviter l'émission de CO₂.

Ces centrales connecté sur le jeu de barre des postes distribution 30kV pour l'évacuation d'énergie électrique produit par les centrales PV, et une puissance totale installée de 53MWc (Voir le Tableau).

Tableau III-6: Production Photovoltaïque PIAT

| Centrale | Puissance Installée En (MWc) | Date de mise En service |
|------------------|------------------------------|-------------------------|
| PV Adrar | 20 | 12/10/2015 |
| PV Kaberten | 03 | 12/10/2015 |
| PV Reggan | 05 | 06/01/2016 |
| PV IN Salah | 05 | 11/02/2016 |
| PV Timimoune | 09 | 09/02/2016 |
| PV Zaouit Kounta | 06 | 01/01/2016 |
| PV Aoulef | 05 | 05/03/2016 |

Après la proposition qui nous a été confiée pour cette étude de ce projet d'évaluation des centrales produisant de l'énergie électrique au moyen de l'énergie solaire, et après avoir examiné les informations sur ces stations, nous retrouvons les mêmes caractéristiques ainsi que le système

d'exploitation assigné à cet effet, mais la différence réside uniquement dans la capacité de puissance produit et la superficie, c'est pourquoi nous nous sommes contentés de lister les informations, les données et les représentations, la centrale d'Adrar, qui a la plus grande capacité de production pour ce projet.

III.7. La Centrale PV Adrar 20MWc

III.7.1. Introduction

En raison de l'importance de la zone géographique, l'Algérie dispose de l'un des gisements solaires parmi les plus élevés au monde (05 milliards de GWH/an), avec une durée d'ensoleillement sur le Sahara et les Hauts plateaux pouvant atteindre les 3.900 heures/ an, selon les spécialistes. Dans le cas d'Adrar 3000 heures/an.

La centrale photovoltaïque d'Adrar s'inscrit dans le cadre du programme nationale de développement des énergies renouvelables mis en place par le ministère de tutelle.

La centrale photovoltaïque d'Adrar est une centrale relevant de l'unité de production sud, entité de la filiale de SKTM La mise en service Le 12/10/2015

Les attentes de la réalisation de cette centrale sont : Diversification des sources de production de l'électricité et développement de moyens de production à base d'énergie solaire.

III.7.2. Présentation Générale De La Centrale

III.6 7-2-1 Caractéristiques générales :

- **La superficie de la centrale Photovoltaïque** : est de quarante (40) hectares, elle se situe géographiquement à 580 km au sud de l'Unité de Production Sud-ouest et à 06 km environ du centre de la wilaya d'Adrar
- **Cordonnées géométriques** : X : 763 626 M ; Y : 3088 805 M
- **Situation géographique** : la centrale photovoltaïque est située à :
 - 10 kms du centre-ville d'Adrar
 - 04 Kms de la route national N°06
 - 08 Kms de la brigade de gendarmerie
 - 08 Kms de la protection civile
 - 08 Kms de l'hôpital

- **Délimitation**

- Est : Route
- Ouest : Terrain agriculture
- Nord : Terrain vague
- Sud : Terrain vag

III-7.2.2 Donnés Techniques de la centrale :

La centrale photovoltaïque d'Adrar contient 20 Sous-champs (chaque sous-champs 1MWc : 93 Matrices, chaque matrice 44 panneaux) nombre des panneaux totale 81840.

Les cellules poly-cristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples.

Tableau III-7: Techniques de la centrale

| | |
|------------------------------------------|-----------------|
| Puissance Totale Centrale | 20 MWc |
| Puissave d'un sous champ | 1MWc |
| Nmombre de sous-champ | 20 |
| Nombre Totale des modules de la centrale | 81840(panneaux) |
| Nombre des modules d'un Sous champs | 4092(panneaux) |
| Surfaces Totales des Modules | 40 hectares |

III.7.3. Types de Panneaux Photovoltaïques

Le Panneaux Photovoltaïques utilisés dans centrale sont de type polycrisline de fabrication chinois de marqué YINGLI SOLAR

Les caraterstiques des panneaux au STC(Standrs Test Condition):

Les cellules poly-cristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. L' avantage de ce type de cellule est leur coût de fabrication moins chère par rapport au Monocristallin. Son Inconvénient reside dans le rendement variable.

Tableau III-8: plaque signalitique d'un panneaux [19]

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Type de Module | Y L245-29b |
| Puissance Mesuré | 245 W(0/+5W) |
| Couran Mesurée | 8.28 A |
| Tension àCircuit ouvert | 37.7 V |
| Couraant de CC | 8.83A |
| Tension système Max | 1000 V |
| Classe de Resistance au feu | C |
| Classe d'Aplication | A |

**Figure III-12 :** String des panneaux

III-7.4. Les boîtes de raccordement

Les boîtes de raccordement sont disposées dans les sous-chanp leur fonction est rassembler l'électricité des câbles DC des panneaux et raccorder avec les onduleurs.

Les boîts de raccordement satisfaire les fonctions et les exigence qui suivant :

1-le niveau de protection est IP65 : contre l'eau ,la poussière,la rouille, le soleil , et contre le sel du brouillard.

2-Raccordement avec plusieurs circuits de panneaux en série,et capables de supporter la tension de circuit ouvert.

3-les câbles DC d'export sont équipés des parafoudres entre le positif à la terre ,négatif à laterre et le positif au négatif.

4-ill y a un système de surveillance à l'import du cournt de la tension de la température.



Figure III-13: Boite de raccordement

III.7.5. L'Onduleur :

Il y a au total 40 onduleurs au niveau de la centrale , Deux onduleurs par sous champs . de marque SUNGROW fabriqué en chine, pour convertur les courants courants countinue des panneaux PV en courant Alternatif, chaque onduleur possede deux entrées et deux sorties.

-Les caraterstiques des onduleurs :

Tableau III-9: Caractrstique de l'onduleur

| | | | |
|-------------------------------|---------------|------------------|--------|
| Marque | SANGROW Chine | | |
| Type | SG1000TS | | |
| Classe de protection | I | | |
| Protection IP | IP54 | | |
| Temperature de fonctionnement | -35° à + 60° | | |
| Entrée DC | Sortie AC | | |
| Puissance Max | 560kW | Puissance sortie | 500 kW |

| | | | |
|--------------------|-------|----------------------------|------------|
| Tension Max | 1000V | Tension nominale de sortie | 315 V |
| Tension min Vmpp | 480V | Fréquence | 50 Hz |
| Tension Max Vmpp | 850V | Courant de sortie Max | 1008 A |
| Courant entrée Max | 1220A | Facteur de Puissance | -0.9 : 0.9 |



Figure III-14: Onduleur SANGROW

III.7.6. Les Transformateurs

Il y a aussi Trois Transformateurs elevateurs dont le rapport de Transformation de tension est $2 \times 315V/30kV$ à Trois enroulements (2 enroulements coté BT et 1 enroulement cité HT) un pour chaque sous champ.

Il y a aussi un Transformateur des services auxillaires(TSA) abaisseur $30kV/400$, pour les besoins de sous champs.

- **Les caraterstiques des Transformateurs [19] :**

Tableau III-10: caractéristique du transformateur

| | Transformateur de Puissance | TSA |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|
| Marque | SUNTEN Chine | |
| Refroidissement | ONAN | |
| Isolement | Huile | |
| Enroulements | Cuivre | |
| Puissance nominale | 1250 kVA | 160 kVA |
| Tension Primaire | 2x315 V | 30 kV +/- 5% |
| Tension Secondaire | 30 kV +/- 5% | 400 V |
| Niveau Isolement | 36 kV | |
| Couplage | Dy11 | Dyn11 |
| Tension de court-circuit | 6% | |

III-7.7. Poste d'évacuation :

Le post d'évacuation 30kV et reliér avec le poste de distribution 30kV d'adrar est composé de:

- Deux (02) cellules arrivées Transformateur de Puissance;
- Une (01) cellule Départ TSA ;
- Deux (02) cellules départs réseaux;
- Transformateur des services auxillaires (TSA).

Ces équipements jouent un role très important dans l'évcauation de l'énergie de la centrale :

- Par le raccordement et de séparation avec le réseau par des disjoncteurs;
- La protection en cas de défaillance des équipements électriques (court-circuit, mis à la terre);
- couper le raccordement à temps avec le réseau et assurer la sécurité de la centrale et du réseau;
- Mesure, contrôle et comptage de l'électricité par les dispositifs des transformateurs de tension et de courant;
- L'alimentation interne en électricité du transformateur auxiliaire et cellule de secteur en charge (système de surveillance, électricité dynamique, éclairage).

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude technique sur tout ce qui touche au projet national (SKTM) d'énergies renouvelables en général, ainsi que l'étude de la partie spécialisée du programme national dans le cadre de développements des réseaux isolés pôle sud, est pour améliorer et faciliter la fourniture d'énergie électrique par énergie solaire pour les réseaux de pôles d'in Salah Adrar Timimoune, ainsi que faire une étude approfondie de la centrale PV 20 MWc d'Adrar connecté au réseau PIAT.

Suite à la base de l'étude précédente du réseau PIAT, dans le chapitre suivant, nous effectuerons une évaluation et une étude analytique, remonterons des conclusions et les comparerons aux valeurs actuelles.

CHAPITRE IV : Analyse des données et interprétation des résultats

IV.1. Introduction

L'électricité est indispensable pour le bien-être des populations et pour leur développement démographique. Vu son importance, il est vital pour l'Algérie d'assurer l'accès à ce bien et de garantir la continuité de sa fourniture dans les meilleures conditions de coût, de sécurité et de qualité.

Du fait de son caractère non stockable, l'offre doit pouvoir satisfaire la demande à tout moment, le système électrique est alors piloté par la consommation pour une bonne gestion de la production.

Ces dernières années, la demande en électricité a connu une évolution importante en particulier en périodes estivale en atteignant des pics de consommation importants, cette forte augmentation de la demande est une conséquence directe du changement des habitudes des consommateurs et l'amélioration de leur niveau de vie, ainsi que le développement important qu'a connu le secteur économique et industriel. Conscient de cet enjeu et de l'importance de l'accès à l'électricité pour les citoyens, le secteur s'est fixé comme priorité de développer tous les axes permettant de garantir la couverture à long terme des besoins en électricité du pays, notamment par la disponibilité des moyens de production et la diversification des sources d'énergie ainsi que le développement des infrastructures de transport et de distribution de l'électricité.

IV.2. Identification du réseau isolé d'ADRAR (PIAT)

- Longueurs très importantes des lignes électriques.
- Faibles charges transportées sur des lignes THT très longues.
- Présence des phénomènes inductive et capacitive détecté sur la ligne THT/MT.
- Réseaux radial et arborescent.
- Faibles puissances installées dans quelques sites de la région.
- Pas de redondance de transformateurs dans la plus part des postes.
- Manque de moyen de production au niveau de quelques régions du réseaux PIAT.
- Pas de réseaux intermédiaires Ou de repartition.

IV.3. Analyse des données

La réalisation de l'étude de ce projet est basé sur les relevés des paramètres, des puissances, températures et le clairement fourni par la source de production, ainsi que les paramètres de consommation spécifique en combustible gaz.

Ces paramètres relevés pour faire les statistiques, et évaluation de cette étude.

IV.3.1 Contribution énergétique des installations EnR pour la couverture de la demande annuel du réseau PIAT

Tableau IV- 1: Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016

| Unité | TG | PV | EOL | TOTALE |
|----------------|-----------|----------|----------|------------|
| Puissance (MW) | 988752,28 | 86214,37 | 23081,72 | 1098048,37 |

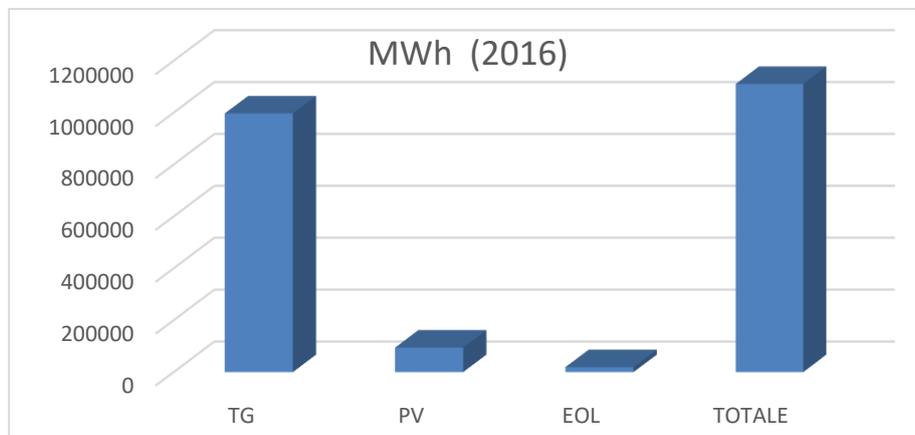


Figure IV- 1: Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016

Tableau IV- 2 : Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017

| Unité | TG | PV | EOL | TOTALE |
|---------------|----------|----------|----------|------------|
| Energie (MWh) | 996827,4 | 94470,91 | 19195,03 | 1110493,34 |

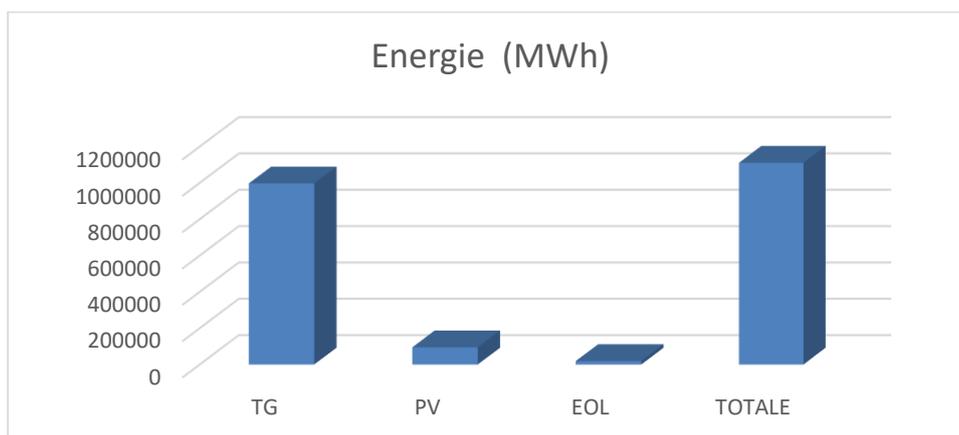


Figure IV- 2: Contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017

IV.3.2 Taux de la contribution énergétique des installations EnR pour la couverture de la demande annuel du réseau PIAT

Tableau IV- 3: Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016

| Unité | TG | PV | EOL | TOTALE |
|------------|------------|-------------|------------|------------|
| MWh (2016) | 988752,28 | 86214,37 | 23081,72 | 1098048,37 |
| Taux % | 90,0463319 | 7,851600381 | 2,10206769 | 100 |

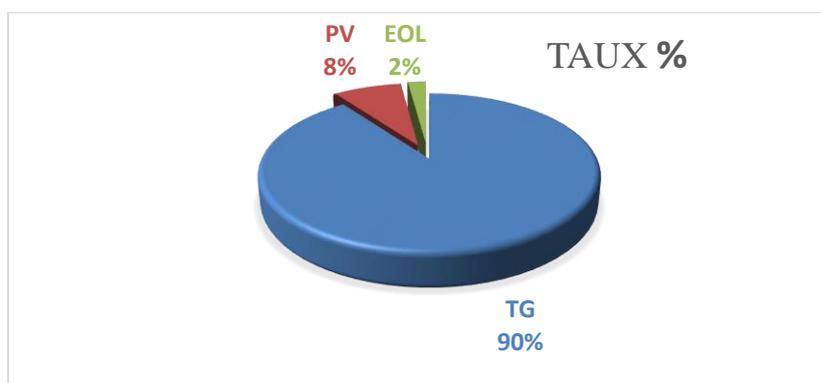


Figure IV- 3: Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2016

Tableau IV- 4 : Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017

| Unité | TG | PV | EOL | TOTALE |
|------------|------------|-----------|------------|------------|
| MWh (2017) | 996827,4 | 94470,91 | 19195,03 | 1110493,34 |
| Taux % | 89,7643745 | 8,5071118 | 1,72851374 | 100 |

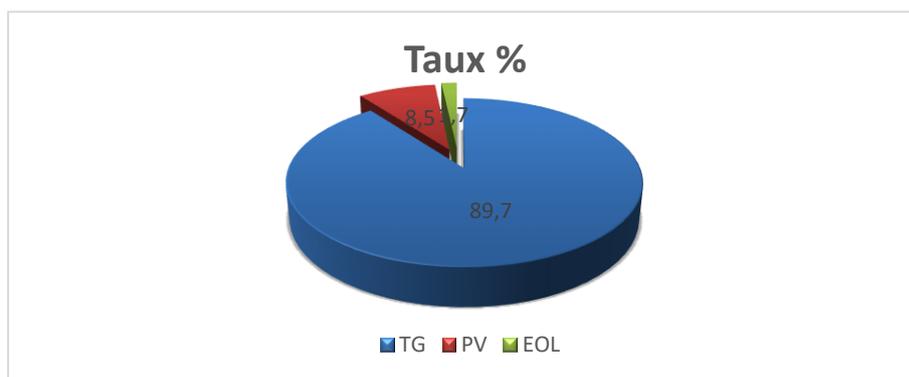


Figure IV- 4: Taux de la contribution énergétique des installations EnR du réseau PIAT 2017

IV.3.3 Contribution énergétique des installations EnR pour la couverture de la demande annuelle du réseau Pôle d'Adrar

Tableau IV- 5 : Demande énergétique annuel

| | Demande énergétique annuel | Taux de croissance énergétique |
|------|----------------------------|--------------------------------|
| 2016 | 109 GWh | +1.5% |
| 2017 | 111 GWh | |

Tableau IV- 6 : Contribution des centrales EnR pour la couverture de la demande énergétique

| | Contribution des centrales EnR pour la couverture de la demande énergétique | Taux de croissance énergétique |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 2016 | 9.98% | +2.5% |
| 2017 | 10.24% | |

IV.4. Gain en heures de marche des groupes conventionnels

IV.4.1. Gain en heures de marche Anu 2016

Tableau IV- 7 : Gain en heures de marche 2016

| Mois | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|--------|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| Heures | 336 | 411 | 603 | 582 | 706 | 531 | 573 | 616 | 508 | 440 | 521 | 602 |

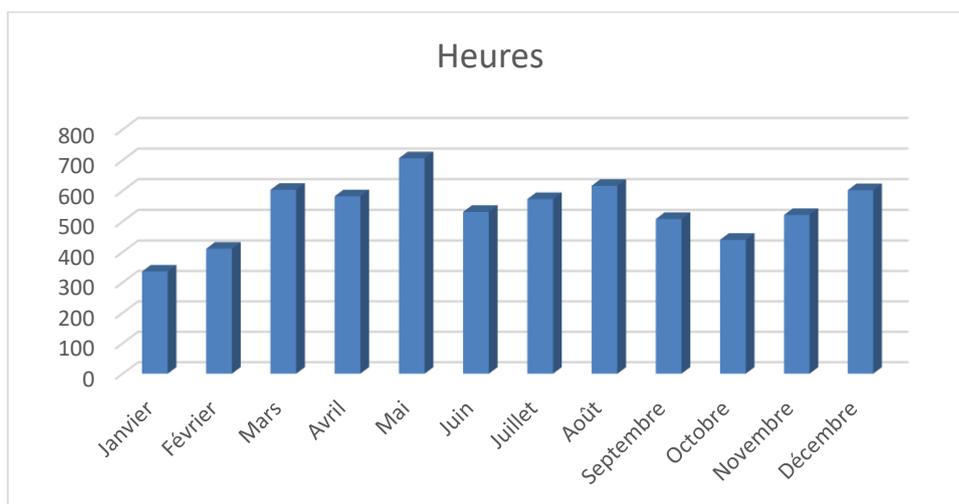


Figure IV- 5: Gain en heures de marche 2016

IV.4.2. Gain en heures de marche Année 2017

Tableau IV- 8 : Gain en heures de marche 2017

| Mois | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|--------|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| Heures | 580 | 526 | 619 | 625 | 526 | 558 | 537 | 576 | 520 | 565 | 457 | 598 |

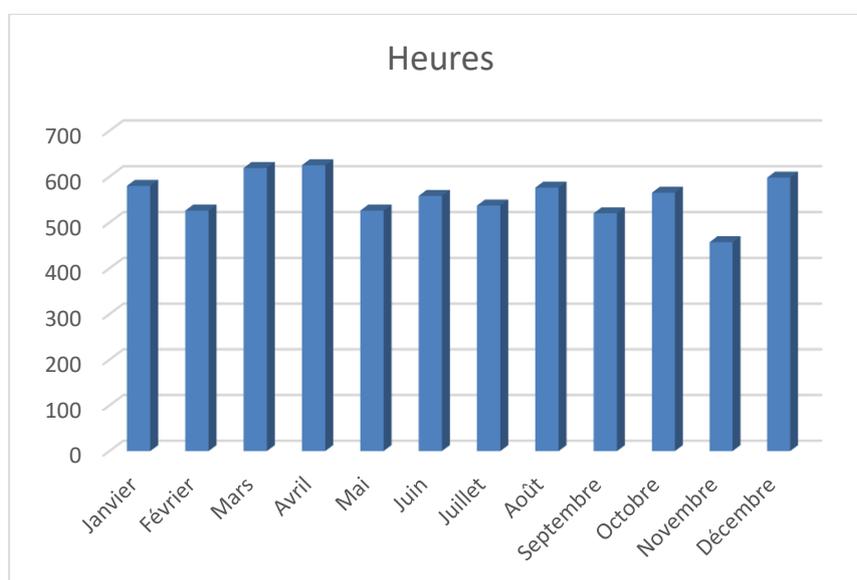


Figure IV- 6: Gain en heures de marche 2017

IV.4.3. Taux Annuel Gain en heures de marche des groupes conventionnels

Tableau IV- 9 : Gain en heures de marche

| | Gain en heures de marche (h) | Taux d'évolution |
|--|------------------------------|------------------|
|--|------------------------------|------------------|

| | | |
|------|------|-------|
| 2016 | 6429 | +0,4% |
| 2017 | 6686 | |

IV.5. Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel)

IV.5.1. Gain en combustible Année 2016

Tableau IV- 10 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) 2016

| Mois | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin |
|--------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| Heures | 1868354,4 | 2286961,6 | 3355267,06 | 3240904,28 | 2640137 | 2957634,6 |
| | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
| | 3191824,722 | 3323365,389 | 2828151,8 | 2343980,3 | 2899400,61 | 3350038,249 |

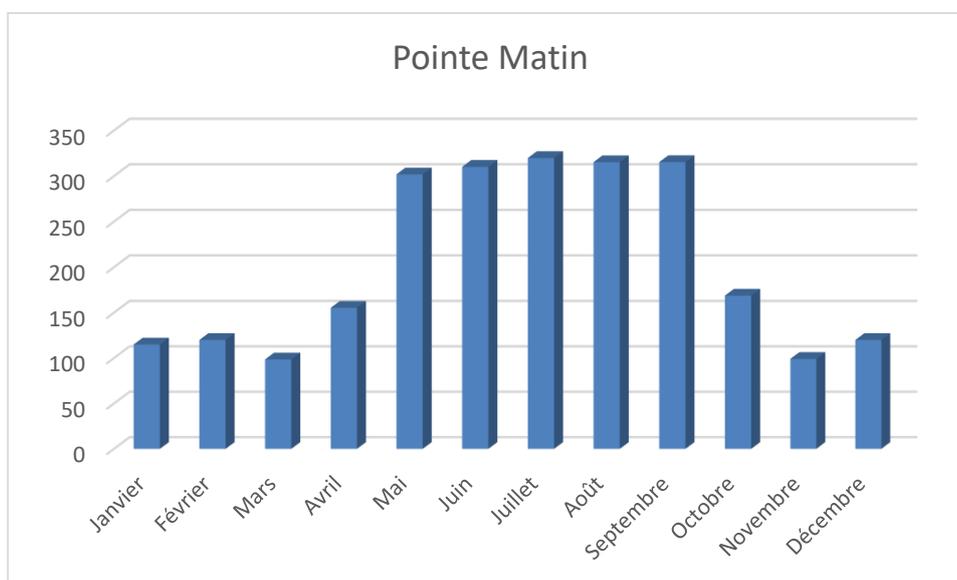


Figure IV- 7 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) 2016

IV.5.2. Gain en combustible Année 2017

Tableau IV- 11 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel) 2017

| Mois | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin |
|--------|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|
| Heures | 3227663,6 | 2927911,9 | 3445473,8 | 3477792,3 | 2927911,9 | 3105616 |
| | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
| | 2986853,16 | 3204129,02 | 2895465,08 | 3145265,05 | 2541221,7 | 3330629 |

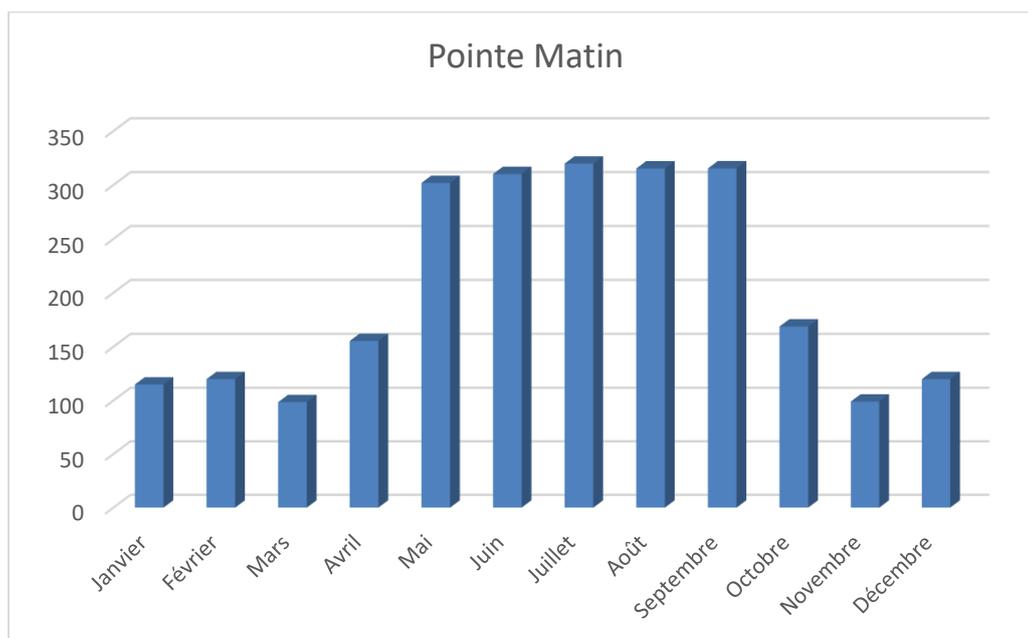


Figure IV- 8 : Gain en combustible principal des TG (Gaz naturel)

IV.5.3 Avantage Ecologique

Tableau IV- 12: Gain de gaz nature et Emissions de CO2 évitées 2016

| Production EnR's | Gain global en gaz nature | Emissions de CO2 évitées par an |
|------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 109 GWh | 29 Million m ³ | 91 350 tonnes |

Tableau IV- 13 : Gain de gaz nature et Emissions de CO2 évitées 2017

| Production EnR's | Gain global en gaz nature | Emissions de CO2 évitées par an |
|------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 111 GWh | 37 Million m ³ | 166 550 tonnes |

IV.6. Evolution de la demande (Puissance maximale appelée en MW) de l'année 2017

Tableau IV- 14: Puissance maximale appelée en MW

| Mois | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin |
|--------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Pointe Matin | 115 | 120 | 98,5 | 155,4 | 301,9 | 310,2 |
| Pointe Soir | 130 | 113 | 106,5 | 140,6 | 290,1 | 294,2 |

| | | | | | | |
|------------------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|
| Creux de Nuit | 62,4 | 53,6 | 48 | 61,6 | 53,6 | 123,5 |
| | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
| | 319,8 | 315,3 | 315,4 | 168,8 | 99,1 | 120 |
| | 269,6 | 264,3 | 288 | 152 | 113,5 | 134,1 |
| | 137,3 | 142,9 | 79,5 | 62,2 | 59 | 51 |

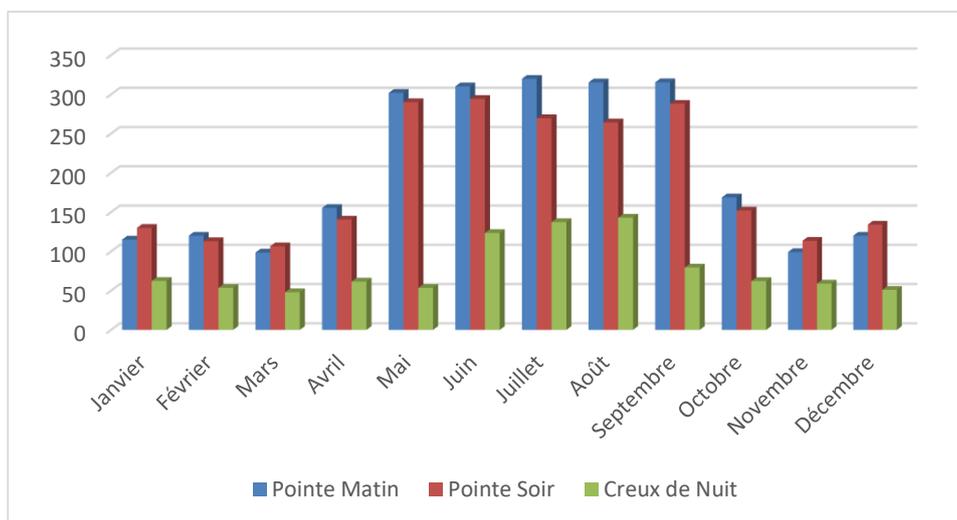


Figure IV- 9: Puissance maximale appelée en MW

IV.6. 1. Evaluation du PMA de La Journée du 09 Mars 2017

Tableau IV- 15 : Puissance PMA par journée

| Heur | Production EnR(MW) | Demande du PIAT (MW) | Production conventionnel (MW) | Taux % |
|-------|--------------------|----------------------|-------------------------------|--------|
| 00:00 | 5,8 | 73 | 67,2 | 7,95 |
| 01:00 | 5,7 | 71 | 65,3 | 8,03 |
| 02:00 | 5,6 | 69 | 63,4 | 8,12 |
| 03:00 | 5,6 | 66 | 60,4 | 8,48 |
| 04:00 | 4,3 | 66 | 61,7 | 6,52 |
| 05:00 | 4 | 66 | 62 | 6,06 |
| 06:00 | 3,3 | 69 | 65,7 | 4,78 |
| 07:00 | 4,1 | 83 | 78,9 | 4,94 |
| 08:00 | 4,3 | 77 | 72,7 | 5,58 |
| 09:00 | 14 | 81 | 67 | 17,28 |
| 10:00 | 24 | 81 | 57 | 29,63 |
| 11:00 | 40 | 80 | 40 | 50,00 |
| 12:00 | 45 | 84 | 34 | 59,52 |
| 13:00 | 47 | 76 | 28 | 63,16 |
| 14:00 | 48 | 71 | 25 | 64,79 |
| 15:00 | 41 | 68 | 27 | 60,29 |
| 16:00 | 36 | 72 | 36 | 50,00 |
| 17:00 | 22 | 80 | 58 | 27,50 |

| | | | | |
|-------|-----|-----|------|-------|
| 18:00 | 10 | 79 | 69 | 12,66 |
| 19:00 | 5 | 88 | 83 | 5,68 |
| 20:00 | 4 | 103 | 99 | 3,88 |
| 21:00 | 4 | 101 | 97 | 3,96 |
| 22:00 | 4,3 | 97 | 92,7 | 4,43 |
| 23:00 | 5 | 91 | 86 | 5,49 |

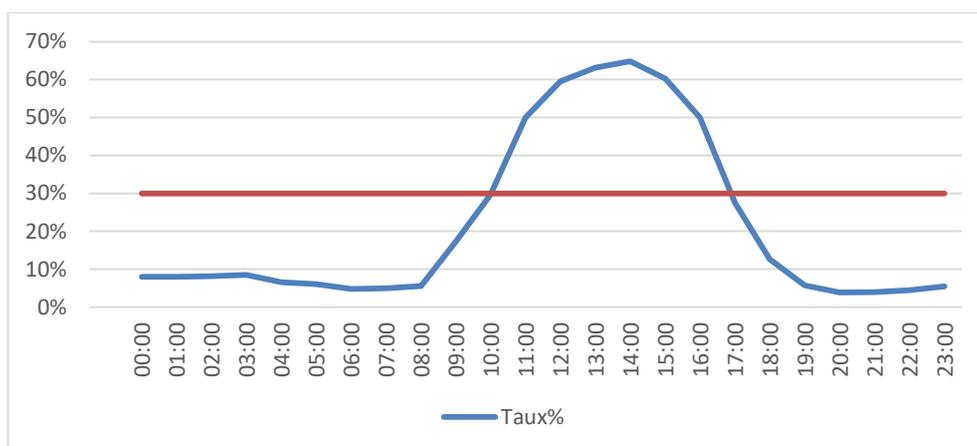
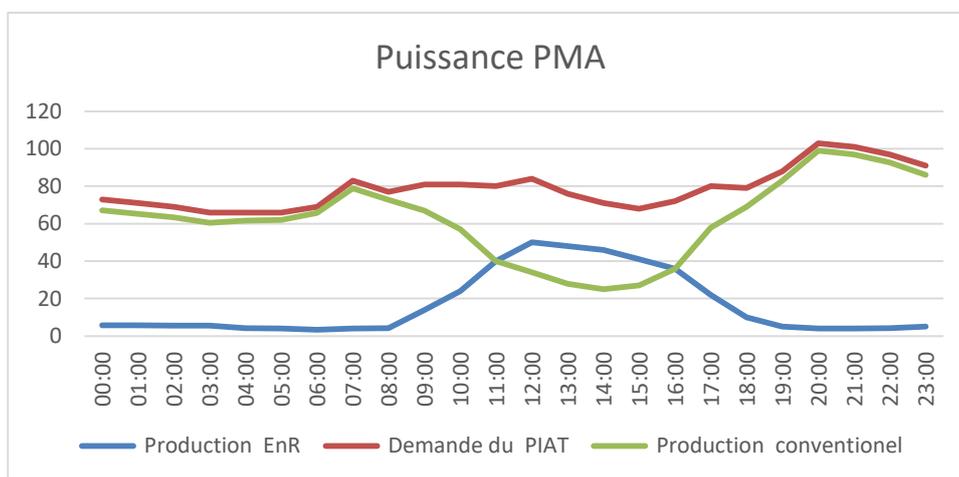


Figure IV- 11 : Taux de contribution en puissance

Un maximum de 48MW de puissance de production EnR (PV et Eolien) injecté sur le réseau du PIAT a été enregistrée le 09 Mars 2017 à 14h, représentant une participation de 64% Par rapport à la puissance crête totale des installations EnR, ce niveau de production représente 81% de la puissance crête EnR du

IV.6. 2. Evaluation du PMA de la Journée du 09 Janvier 2021

Tableau IV- 16 : Puissance PMA par journée

| Heures | (MW) | (MW) | (MW) | Taux |
|--------|------|------|------|------|
|--------|------|------|------|------|

Figure IV- 10 : Puissance PMA par journée

| | P.active EnR | Demande PIAT | P.active Conventiennelle | |
|-------|--------------|--------------|--------------------------|-----|
| 00:00 | 5,8 | 90,8 | 85,0 | 6% |
| 01:00 | 5,8 | 90,8 | 85,0 | 6% |
| 02:00 | 5,7 | 82,7 | 77,0 | 7% |
| 03:00 | 5,6 | 79,6 | 74,0 | 7% |
| 04:00 | 5,0 | 79,0 | 74,0 | 6% |
| 05:00 | 4,0 | 78,0 | 74,0 | 5% |
| 06:00 | 3,8 | 77,8 | 74,0 | 5% |
| 07:00 | 3,2 | 83,2 | 80,0 | 4% |
| 08:00 | 4,1 | 97,1 | 93,0 | 4% |
| 09:00 | 5,2 | 98,2 | 93,0 | 5% |
| 10:00 | 17,4 | 104,4 | 87,0 | 17% |
| 11:00 | 25,6 | 104,6 | 79,0 | 24% |
| 12:00 | 32,6 | 106,6 | 74,0 | 31% |
| 13:00 | 36,5 | 104,5 | 68,0 | 35% |
| 14:00 | 37,4 | 102,4 | 65,0 | 37% |
| 15:00 | 36,0 | 97,0 | 61,0 | 37% |
| 16:00 | 31,7 | 95,7 | 64,0 | 33% |
| 17:00 | 23,1 | 97,1 | 74,0 | 24% |
| 18:00 | 9,8 | 91,8 | 82,0 | 11% |
| 19:00 | 1,5 | 97,5 | 96,0 | 2% |
| 20:00 | 1,1 | 114,1 | 113,0 | 1% |
| 21:00 | 2,0 | 112,0 | 110,0 | 2% |
| 22:00 | 2,5 | 111,5 | 109,0 | 2% |
| 23:00 | 1,9 | 104,9 | 103,0 | 2% |

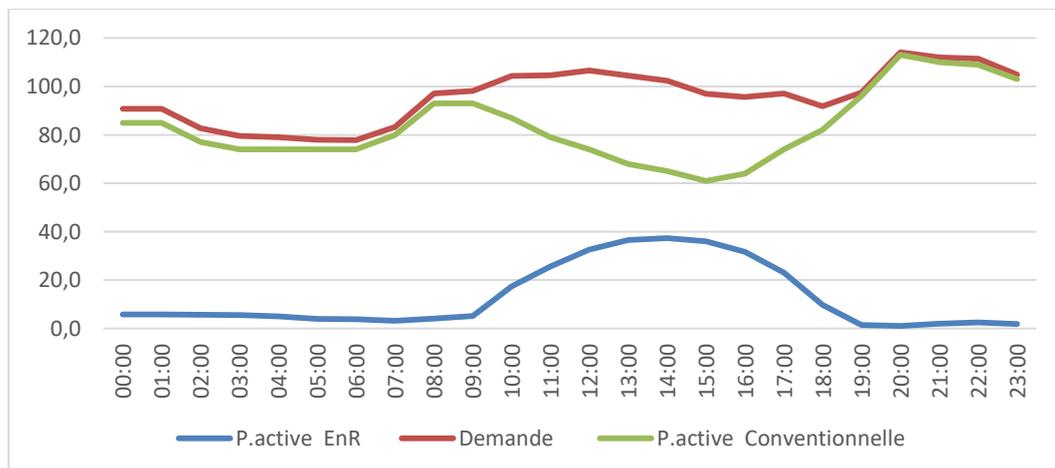


Figure IV- 12 : Puissance PMA par journée

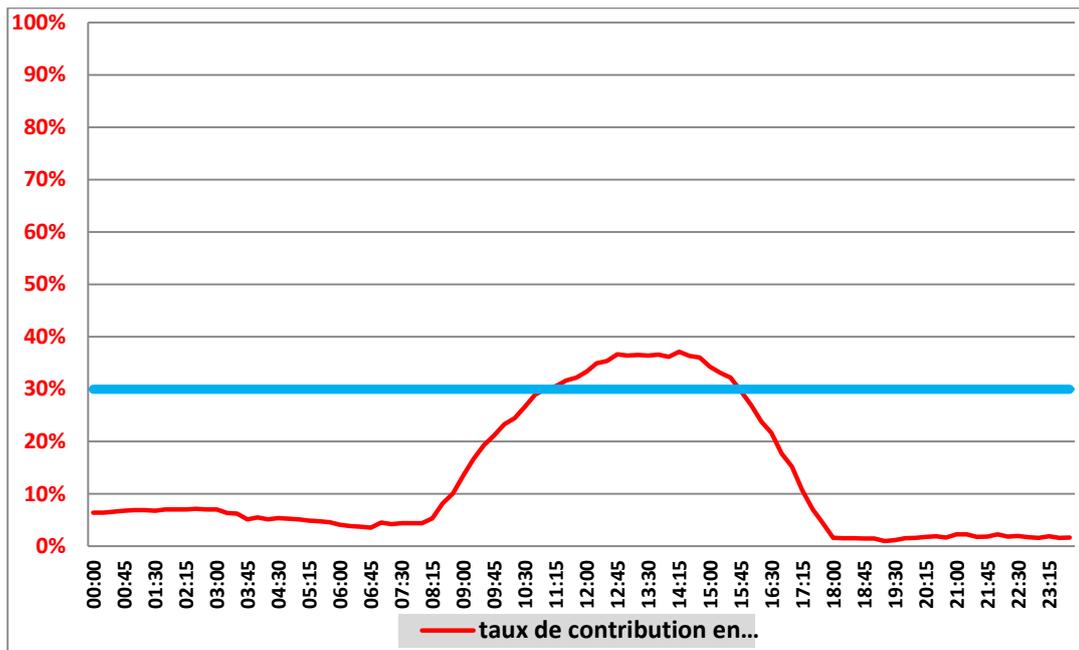


Figure IV- 13 : Taux de contribution en puissance

IV.7. Contribution énergétique de la centrale PV Adrar suite l'influence de la température ambiante et le de clairement au réseau PIAT

Tableau IV- 17: Exemple de la journée 09-01-2021

| | (MW) | (W/M ²) | (C°) |
|--------|-----------|---------------------|-------------|
| heures | P. Active | Eclaircement | Température |
| 08:30 | 1,1 | 138 | 18 |
| 08:45 | 1,9 | 219 | 18 |
| 09:00 | 3,5 | 286 | 18 |
| 09:15 | 5,2 | 361 | 19 |
| 09:30 | 6,2 | 429 | 20 |
| 09:45 | 7,2 | 496 | 20 |
| 10:00 | 8,1 | 565 | 20 |
| 10:15 | 8,8 | 605 | 20 |
| 10:30 | 9,6 | 671 | 21 |
| 10:45 | 10,3 | 726 | 21 |

| | | | |
|-------|------|-----|----|
| 11:00 | 11 | 772 | 22 |
| 11:15 | 11,4 | 806 | 23 |
| 11:30 | 11,8 | 841 | 23 |
| 11:45 | 12,2 | 869 | 24 |
| 12:00 | 12,5 | 895 | 24 |
| 12:15 | 12,7 | 914 | 24 |
| 12:30 | 12,9 | 917 | 25 |
| 12:45 | 12,9 | 926 | 25 |
| 13:00 | 12,8 | 919 | 25 |
| 13:15 | 12,8 | 906 | 26 |
| 13:30 | 12,9 | 921 | 26 |
| 13:45 | 12,9 | 924 | 26 |
| 14:00 | 12,2 | 895 | 26 |
| 14:15 | 12,3 | 892 | 26 |
| 14:30 | 11,5 | 845 | 26 |
| 14:45 | 11,9 | 850 | 26 |
| 15:00 | 11,2 | 798 | 26 |
| 15:15 | 10,7 | 768 | 26 |
| 15:30 | 10,3 | 734 | 26 |
| 15:45 | 9,6 | 680 | 26 |
| 16:00 | 8,9 | 627 | 26 |
| 16:15 | 8,2 | 582 | 26 |
| 16:30 | 7 | 505 | 26 |
| 16:45 | 6 | 436 | 25 |
| 17:00 | 5 | 374 | 25 |
| 17:15 | 3,1 | 290 | 25 |
| 17:30 | 1,9 | 210 | 25 |
| 17:45 | 1 | 124 | 25 |

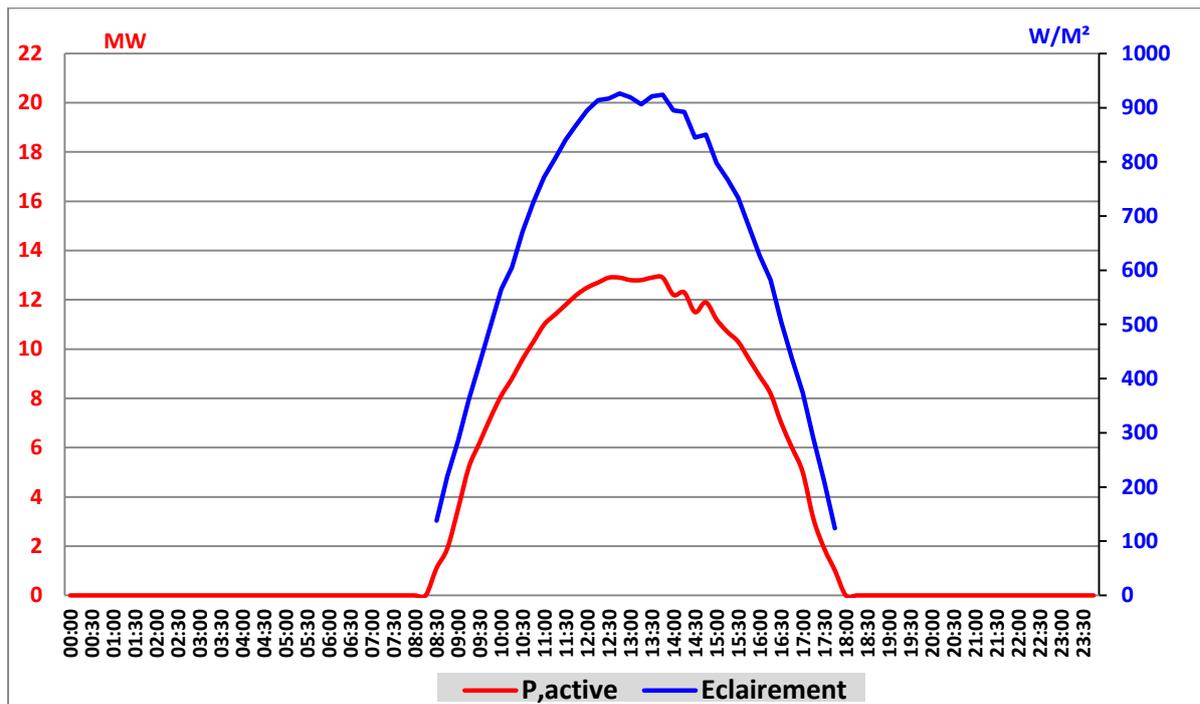


Figure IV- 14: la journée 09-01-2021

Tableau IV- 18: Exemple de la journée 14-06-2021

| | (MW) | (W/M ²) | (C°) |
|--------|----------|---------------------|-------------|
| heures | P,active | Eclairage | Température |
| 07:00 | 0,6 | 110 | 33 |
| 07:15 | 1 | 168 | 34 |
| 07:30 | 1,4 | 230 | 34 |
| 07:45 | 2,1 | 291 | 35 |
| 08:00 | 2,7 | 342 | 35 |
| 08:15 | 3,5 | 398 | 36 |
| 08:30 | 4,3 | 444 | 36 |
| 08:45 | 5,1 | 491 | 37 |
| 09:00 | 6 | 540 | 38 |
| 09:15 | 6,6 | 587 | 38 |
| 09:30 | 7,4 | 622 | 39 |
| 09:45 | 8,1 | 696 | 40 |
| 10:00 | 8,7 | 741 | 41 |
| 10:15 | 9,4 | 829 | 41 |
| 10:30 | 9,9 | 870 | 41 |
| 10:45 | 10,4 | 914 | 42 |
| 11:00 | 10,8 | 922 | 43 |
| 11:15 | 11,1 | 953 | 43 |
| 11:30 | 11,3 | 959 | 43 |
| 11:45 | 11,6 | 983 | 43 |
| 12:00 | 11,8 | 959 | 44 |
| 12:15 | 11,8 | 932 | 44 |

| | | | |
|-------|------|------|----|
| 12:30 | 12 | 966 | 44 |
| 12:45 | 11,9 | 993 | 44 |
| 13:00 | 11,9 | 995 | 45 |
| 13:15 | 11,9 | 1010 | 45 |
| 13:30 | 11,4 | 1003 | 45 |
| 13:45 | 11,6 | 998 | 45 |
| 14:00 | 11,5 | 959 | 46 |
| 14:15 | 11,5 | 983 | 46 |
| 14:30 | 11,4 | 983 | 46 |
| 14:45 | 10,4 | 938 | 46 |
| 15:00 | 9,8 | 916 | 47 |
| 15:15 | 9,5 | 881 | 46 |
| 15:30 | 9,1 | 815 | 46 |
| 15:45 | 8,6 | 804 | 46 |
| 16:00 | 8,1 | 757 | 47 |
| 16:15 | 8 | 701 | 47 |
| 16:30 | 7,3 | 656 | 47 |
| 16:45 | 6,7 | 662 | 46 |
| 17:00 | 5,6 | 618 | 46 |
| 17:15 | 4,8 | 547 | 46 |
| 17:30 | 4,3 | 508 | 46 |
| 17:45 | 2 | 241 | 45 |
| 18:00 | 2,1 | 316 | 45 |
| 18:15 | 1,7 | 211 | 45 |
| 18:30 | 1,6 | 232 | 45 |
| 18:45 | 1,2 | 199 | 43 |



Figure IV- 15: La journée 14-06-2021

IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait l'étude des Analyse, des données et interprétation des résultats obtenir, suite des paramètres évaluer et influant aux réseaux PIAT, on à concluant :

- L'influence de temperature ambiante et le clairement sur le rendement d'un cellule PV
- Un demande Energitique du réseaux PIAT est de 111GWh en 2017 par contre de109 GWh En 2016 avec un Taux de croissant +1.5%
- Contribution des centrales EnR pour la couverture de la demande énergétique de 9.98 % En 2016 Par contre de 10.24 % en 2017 avec un Taux de croissant +2.5%
- Gain global en gaz naturel de 29 Million m³ avec une emissions de CO2 est de 91 350 tonnes (109 GWh EnR) En 2016,par contre de Gain global en gaz naturel de 37 Million m³ avec une emissions de CO2 est de 166550 tonnes (111 GWh EnR) En 2017.

Conclusion Générale

Conclusion Général

Conclusion Générale

Ce mémoire de fin d'étude a eu pour objectif d'évaluation du projet national des centrales PV connecté au réseau (PIAT) Adrar. Grâce à notre étude de ce sujet, nous avons obtenu les résultats suivants :

- 1/ Ramener les paramètres de pointe du réseau PIAT de l'année 2016 et 2017 pour évaluer les calculs, les taux de la consommation énergétique de réseau PIAT.
- 2/ L'effet du taux de contribution varie entre 9 % et 10 % par rapport la demande énergétique annuel de réseaux PIAT.
- 3/ L'effet des valeurs température et clairement sur le rendement annuel.
- 4/ Le Taux de contribution annuelle de production énergie électrique En PV qui exiger la réduction de Taux de la consommation combustible gaz des centrales TG et la réduction des émissions de CO₂.

Exemple pour l'année 2016 la Production EnR's (109 GWh), la Gain global en gaz nature (29 Million m³), l'émissions de CO₂ évitées par an est de 91350 tonnes.

Malgré les avantages qui indiquent par la production EnR PV, elle présente des inconvénients qui doivent être pris en compte afin d'éviter ce problème et de trouver des solutions au futures.

- 1/ une réduction annuel du taux de contribution suite la demande de la consommation énergétique annuel, ce qui oblige à installe les groupes turbine à gaz par la société de production SPE.
- 2/ La réalisation des centrales de production solaires PV nécessite une grande surface, ce qui entraîne un impact sur le plan financier du fait de la possession du bien immobilier et de le considérer comme un problème sur le plan social.
- 3/ Manque de stockage d'énergie PV, qui conduit à ne pas contribuer au temps d'absence du soleil et à recourir à la consommation par le gaz.
- 4/ l'absence du réseau électrique 30kV peut conduire à un manque de contribution à la production PV sur le réseau.

Durant la période de prendre et collecter des informations auprès de localité des unités pour ce mémoire, Nous regrettons de ne pas nous avoir donné les informations nécessaires pour étudier complètement la recherche pour trouver des solutions et des résultats importants, et cela est dû à des circonstances internes affectant l'état de l'entreprise. Au vu de ces circonstances, nous sommes satisfaits de certaines des informations fournies. Nous demandons également aux dépositaires de prendre en considération la coordination avec le partenaire social et de trouver des solutions satisfaisantes à l'avenir

Bibliographie

Bibliographies

Bibliographie

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Global Warming Report. 2018, pp. 10–30. Available online: <http://www.ipcc.ch/>(accessed on 20 May 2020)..
- [2] A. E. W. Maranda, «Optimisation of the Master –Slave inverter System for Grid-Connected Photovoltaic Plants,» chez *Energy convers*, vol. 39, 1998, pp. 1239-1246.
- [3] B. Culver, «Grid-connected photovoltaic plants in Vienna,» chez *Renewable Energy*, vol. 7, 1996, pp. 153-163.
- [4] B. S. J. Royer et T. Djiako et E. Schiler, «Le pompage photovoltaïque,,» Université d'Ottawa, 1998.
- [5] Julien LABBÉ, «l'hydrogène électrolytique comme moyen de stockage d'électricité pour systèmes photovoltaïques isolés,» 2006.
- [6] F. DJALOU, «Etude et optimisation du fonctionnement d'un système optimisation,» université KASDI MERBAH-OUARGLA, 2011/2012.
- [7] «MODULE ELECTRICITE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE M 41.1,» Edition 2009.
- [8] C. Chien, «Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic Controller, part I,» chez *IEEE Transactions on System Mann. And cyri Rsetrs*, vol. 20, 1990, pp. 405-417. .
- [9] Xuan Linh Dang, «Contribution à l'étude des systèmes Photovoltaïque (PV)/Stockagedistribués. Impact de leur intégration à un réseau fragile,» NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN, 1 Octobre 2015.
- [10] M. Laroui Rachid " Modélisation et simulation d'un système multi-sources Photovoltaïque-éolien-diesel dans la région d'Adrar" Mémoire magister 05/03/2015..
- [11] S.ABADA, «Etude et optimisation d'un générateur photovoltaïque pour la recharge d'une batterie avec un convertisseur sepic,» Université laval, Canada, 2011.
- [12] S. Brigand, «Dimensionnement installation et mise en œuvre maintenance,» chez *Installations solaires photovoltaïques*, 2011 FRANÇAISE, p. 284.
- [13] M. V. Anne Labouret, «Conception et dimensionnement d'installations raccordées au réseau,» chez *Installations photovoltaïques - 5e éd*, DUNOD, 2012, p. 218.
- [14] Mr. ZELLAGUI Mohamed « étude des protections des réseaux électrique MT (30 &10 kV) » mémoire magistère Université Mentouri Constantine..
- [15] Fichier de l'Unité de production d'électricité (SPE), dernier mise à jour janvier 2020..
- [16] Fichier de l'Unité de transport d'électricité (GRTE), dernier mise à 2019..

Bibliographies

- [17] tahar, latreche mohammed. commande floue de la machine synchrone à aimant permanent (MASP) utilisée dans un système. Sétif : Université ferhat abbas, 2012..
- [18] Mohammed, KEBIR. Mémoire master "Etude et analyse des données météorologiques en particulier le Vent dans la région d'Adrar". TLEMCCEN : Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen, 2011..
- [19] Ali Bouaziz ; Performance Panneaux solaires documents Techniques centrales PV ADRAR.
- [20] Cherfa, F., Arab, A. H., Oussaid, R., Abdeladim, K., & Bouchakour, S. (2015). Performance analysis of the mini-grid connected photovoltaic system at Algiers. *Energy Procedia*, 83, 226-236..
- [21] M. N. E. H. B. BAHRIYA, «Etude d'injection de l'énergie photovoltaïque dans un réseau électrique à travers une ligne 30kv,» UNIVERSITE BADJI MOKHTAR- ANNABA, ANNABA, 2018.
- [22] M. B.-H. Omar., «Conception et réalisation d'un générateur photovoltaïque muni d'un convertisseur MPPT pour une meilleure gestion énergétique,» Université ABOU BAKR BELKAID , Tlemcen, 2011.
- [23] d. m. à. j. j. 2. Fichier de l'Unité de production d'électricité (SPE).
- [24] « <http://www.cder.dz/>».
- [25] « <http://www.sktm.dz/>».
- [26] «<http://www.sonelgaz.dz/>».
- [27] Malvoni, M., Leggieri, A., Maggiotto, G., Congedo, P. M., & De Giorgi, M. G. (2017). Long term performance, losses and efficiency analysis of a 960 kWp photovoltaic system in the Mediterranean climate. *Energy conversion and*.
- [28] Dahbi, H., Aoun, N., & Sellam, M. (2021). Performance analysis and investigation of a 6 MW grid-connected ground-based PV plant installed in hot desert climate conditions. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 1-11, 145.
- [29] Daher, D. H., Gaillard, L., Amara, M., & Ménézo, C. (2018). Impact of tropical desert maritime climate on the performance of a PV grid-connected power plant. *Renewable energy*, 125, 729-737..
- [30] Malvoni, M., Kumar, N. M., Chopra, S. S., & Hatziaergyriou, N. (2020). Performance and degradation assessment of large-scale grid-connected solar photovoltaic power plant in tropical semi-arid environment of India. *Solar Energy*, 203, 101-111[26].
- [31] Aoun, N., & Bouchouicha, K. (2017). Simple correlation models for estimation of horizontal global solar radiation for Oran, northwest Algeria. In *International Journal of Engineering Research in Africa* (Vol. 32, pp. 124-132). Trans Tech Publications Ltd..

Bibliographies
