

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE SUPERIEURE EN SCIENCES APPLIQUEES

--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
تلمسان

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de master

Filière : Electrotechnique

Spécialité : énergie et environnement

Présenté par : BENAZA Zohir

AHMED BENCHAID Abdel sámi

Thème

**Etude de fonctionnement d'un réseau électrique hybride
Dans un réseau avec un réseau local**

Soutenu publiquement, le 11/07/2021, devant le jury composé de :

Dr. BENDIMRAD Nawal	MAA	ESSA. Tlemcen	Président
Dr. BENNEKROUF Mohammed	MCB	ESSA. Tlemcen	Directeur de mémoire
Dr. KHERBOUCHE Ep FARADJI Djamilia	MCA	ESSA. Tlemcen	Examineur 1
Dr. CHIALI Anisse	MCB	ESSA. Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire : 2020 /2021

Remerciements

En tout premier lieu, on remercie le Dieu, tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr Mohammed**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant toutes les phases de la préparation de ce mémoire.*

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenu de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

Dédicace

*J*e dédie ce travail :

- *à ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont faits pour moi, pour leur soutien continu durant mon travail, que Dieu les protège ;*
- *à mes frères Abdellah, Ismail et Mehdi, que Dieu les garde, je leurs souhaite une vie plein de succès et de réussite ;*
- *à tous ma famille, petite et grande ;*
- *à tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à maintenant ;*
- *enfin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans ce travail.*

BENZAZA Zohir

Tlemcen, le 24 juin 2021

Dédicace

Je dédie ce travail :

- à ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont faits pour moi, pour leur soutien continu durant mon travail, que Dieu les protège ;
- à mes frères, je leurs souhaite une vie plein de succès et de réussite ;
- à tous ma famille, petite et grande ;
- à tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à maintenant ;
- enfin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans ce travail.

AHMED BENCHAIIB Abdel sámi
Tlemcen, le 24 juin 2021

Résumer

Notre étude a fait le point sur le fonctionnement d'un réseau électrique et l'installation d'un système solaire photovoltaïque connecté au réseau électrique locale.

L'objectif de notre travail consiste à étudier une installation photovoltaïque connectée au réseau, et pour cela un cas pratique a été faite sur l'école supérieure en science appliquées de Tlemcen. Pour fournir l'éclairage de l'école.

Une simulation des performances de notre installation photovoltaïque avec le logiciel HOMER.

Abstract

Our study focused on the functioning of an electrical network and the installation of a solar photovoltaic system connected to the local electrical network.

The objective of our work is to study a photovoltaic installation connected to the grid, and for that a practical case was made on the Higher School of Applied Sciences of Tlemcen. To provide lighting for the school.

A simulation of the performance of our photovoltaic installation with the HOMER software.

ملخص

قيمت دراستنا تشغيل شبكة الكهرباء وتركيب نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتصل بشبكة الكهرباء المحلية. الهدف من عملنا هو دراسة التركيب الكهروضوئي المتصل بالشبكة، ولهذا تم عمل حالة عملية على المدرسة العليا للعلوم التطبيقية في تلمسان. لتوفير الإضاءة المدرسية. محاكاة لأداء تركيبنا الكهروضوئية مع برنامج HOMER.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	i
<i>Dédicace</i>	ii
<i>Dédicace</i>	iii
<i>Résumer</i>	iv
Table des matières.....	v
Liste des figures	viii
Liste des tableaux.....	x
Liste des abréviations.....	xi
Introduction	1
Chapitre 1 : Réseau électrique	1
1.1 Introduction.....	3
1.2 Le réseau électrique	3
1.3 Architecture du réseau électrique [1].....	3
1.3.1 Réseaux de transport et d'interconnexion	3
1.3.2 Réseaux de répartition	4
1.3.3 Réseaux de distribution	5
1.4 Organisation d'un réseau de transport d'énergie	6
1.5 Constitution d'un réseau électrique	6
1.5.1 Centrales électriques.....	6
1.5.2 Les lignes électriques	6
1.5.3 Les postes électriques	9
1.6 Appareillage utilisé contre les surtensions.....	13
1.7 Appareillage utilisé contre les surintensités.....	13
1.8 Influence des systèmes photovoltaïques sur le réseau de distribution.....	14

1.9	Conclusion :	17
Chapitre 2 : Système photovoltaïque connecté au réseau..... 1		
2.1	Introduction.....	19
2.2	Classification des systèmes solaires photovoltaïques.....	19
2.2.1	Installations photovoltaïques autonomes.....	19
2.2.2	Installations photovoltaïques raccordées au réseau.....	20
2.2.3	Installations photovoltaïques hybride.....	21
2.3	Système connectée au réseau.....	21
2.3.1	Structure générale d'un système photovoltaïque connecté au réseau.....	21
2.3.2	Les systèmes PV connectés au réseau sans batterie de stockage.....	23
2.3.3	Les systèmes PV connectés au réseau avec batterie.....	24
2.4	Technologies des onduleurs couplés au réseau.....	24
2.4.1	Onduleurs modulaires (module inverter).....	25
2.4.2	Onduleurs centralisés (central inverter).....	25
2.4.3	Onduleurs "de Rangée".....	25
2.5	Système de régulation.....	26
2.5.1	Régulateur de décharge.....	26
2.5.2	Régulateur de charge.....	27
2.6	Influence sur la qualité de l'énergie.....	27
2.6.1	Injection d'harmoniques de courant :.....	27
2.6.2	Injection de courant continu au réseau :.....	27
2.7	L'entretien d'un système raccordé au réseau.....	27
2.7.1	Aspects économiques.....	28
2.8	Compteur photovoltaïque.....	28
2.8.1	Injection totale.....	28
2.8.2	Injection de surplus.....	29
2.9	Conclusion :	30
Chapitre 3 : Simulation de l'installation photovoltaïque connecte au réseau..... 1		
3.1	Introduction.....	31
3.2	Optimisation du système avec le logiciel HOMER.....	31

3.2.1	Présentation du logiciel HOMER	31
3.2.2	Interface du logiciel HOMER :	32
3.2.3	Description des paramètres d'entrée Homer :	32
3.3	Caractéristiques du site étudié	33
3.3.1	Situation géographique :	33
3.3.2	Le potentiel solaire :	33
3.3.3	Température ambiante du site :	33
3.3.4	La charge	34
3.3.5	Architecture du système	35
3.3.6	Les équipements de l'installation choisie.....	36
3.3.7	Interprétation et discussion des résultats :	36
3.3.8	Comparaison économique entre les systèmes	37
3.3.9	Détails techniques.....	38
3.3.10	Détails écologiques.....	39
3.4	Conclusion	39
Conclusion.....		40
Bibliographie.....		42

Liste des figures

Figure 1.1.: schéma générale de production, transport et distribution de l'énergie électrique.	5
Figure 1.2: Isolateur verre	7
Figure 1.3: Image représente des pylônes	8
Figure 1.4: Constitution d'un câble de liaison souterrain.....	8
Figure 1.5: câble souterrain tripolaire	9
Figure 1.6: Architecture d'un réseau électrique	9
Figure 1.7: Jeu de barre et transformateur électrique haute tension.....	10
Figure 1.8: d'interconnexion des réseaux électriques	10
Figure 1.9: transformateur de puissance.....	11
Figure 1.10: type de poste distribution.....	11
Figure 2.1: schéma typique d'une installation photovoltaïque autonome.	20
Figure 2.2: installation photovoltaïque hybride.....	21
Figure 2.3: système photovoltaïque connecté directement au réseau.....	22
Figure 2.4: système photovoltaïque connecté via un bus continu-continu.....	22
Figure 2.5: Système PV connecté au réseau sans batterie de stockage.	23
Figure 2.6: Les systèmes PV connectés au réseau avec batterie.	24
Figure 2.7: Classification des onduleurs PV connectés au réseau.....	26
Figure 2.8: installation avec injection totale de la production photovoltaïque.....	29
Figure 2.9: installation avec injection du surplus de la production photovoltaïque.	29
Figure 3.1: l'interface du logiciel HOMER.....	32
Figure 3.2: Le profil de l'éclairement moyen mensuel	33
Figure 3.3: la variation de la température journalière moyenne de chaque mois.	34
Figure 3.4: répartition journalière de la charge électrique.....	34
Figure 3.5: Charge moyenne mensuelle.	34
Figure 3.6: répartition annuelle de la charge.	35
Figure 3.7: Configuration physique du système sur HOMER.	35
Figure 3.8: Résultats d'optimisation et classement des systèmes.	36
Figure 3.9: représentation des couts en fonction de la production en (KW).	37

Figure 3.10:representation des couts.	37
Figure 3.11:comparaison économique entre les deux systèmes optimaux.....	37
Figure 3.12:Energie électrique produite par le système	38
Figure 3.13:Energie annuelle consommée	38
Figure 3.14:La production électrique mensuelle moyenne	38
Figure 3.15:les émissions engendrées par le système	39

Liste des tableaux

Tableau 1:tableau l'équipement de l'installation.....	36
---	----

Liste des abréviations

HT : haute tension

MT : moyenne tension

BT : base tension

AC : courant alternative

DC : courant continu

PV : panneau photovoltaïque

THD : Taux de distorsion harmonique

NPC : Coût actuel net

Introduction

Alors que l'on est confronté à une réduction des ressources primaires fossiles, la consommation énergétique mondiale augmente d'environ 2% par an, c'est ainsi que la production d'énergie reste un élément stratégique à long terme. Par ailleurs, la consommation de ces énergies fossiles produit des déchets solides et des émissions de gaz qui contribuent fortement à des effets admis comme étant à risques majeurs concernant l'avenir de notre planète.

Par énergie renouvelable, on entend des énergies issues du soleil, du vent, de la chaleur de la terre, de l'eau ou encore de la biomasse et tout autre type d'énergie propre et inépuisable. Dans ce travail nous nous sommes intéressés à l'énergie solaire photovoltaïque (PV). Cette énergie qui nous provient du soleil est transformée en électricité par la conversion directe de l'énergie des photons, par le biais de capteurs fabriqués avec des matériaux sensibles aux longueurs d'ondes du visible (nommés cellules PV).

Dans une installation photovoltaïque raccordée au réseau, l'appareil de conditionnement de la puissance est un onduleur qui représente l'élément clé le plus délicat de l'installation.

Nous avons alors présenté dans le premier chapitre le réseau électrique et son architecture, et précisément la structure du réseau électrique Algérien, de ce travail un aperçu général sur l'installation de photovoltaïque à l'école (system hybride). Le deuxième chapitre, est consacré à la définition des différents types de systèmes photovoltaïques et principalement les composantes des systèmes connectés au réseau. Nous avons ensuite présenté, au troisième chapitre, et simulation de système photovoltaïque connectée au réseau.

Chapitre 1 : Réseau électrique

1.1 Introduction

1.2 Le réseau électrique

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de 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.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production, transport et consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

Le réseau électrique peut être facilement comparé à un réseau routier, il a ses autoroutes, ses voies nationales et départementales. Une fois produites, l'électricité doit être transportée et distribuée jusqu'au consommateur. Pour cela, on distingue le réseau de transport et le réseau de distribution. [2]

1.3 Architecture du réseau électrique [1]

Les réseaux électriques sont partagés en trois types :

1.3.1 Réseaux de transport et d'interconnexion

Les réseaux de transport à très haute tension. C'est à ce niveau de tension que sont assurées les interconnexions entre régions au niveau national et les échanges (importation/exportation) d'énergie électrique au niveau international. Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission : [1]

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,
- Réseau maillé

1.3.2 Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions. Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation. En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres. 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. [1]

- 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.

1.3.3 Réseaux de distribution

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/BTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique. [1]

➤ **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 1000 A pour les réseaux souterrains ;
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.

➤ **Réseaux de distribution à basse tension :**

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

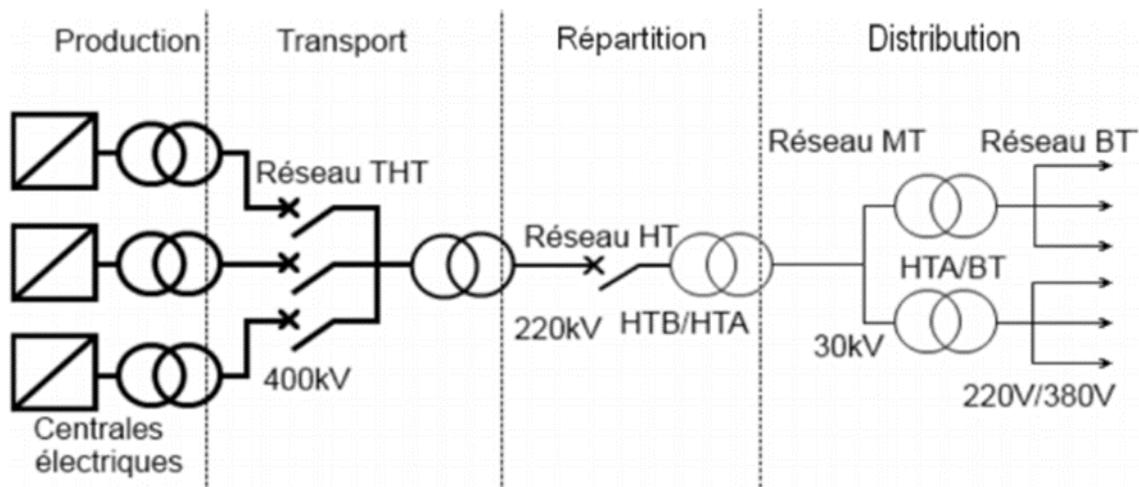


Figure 1.1.: schéma générale de production, transport et distribution de l'énergie électrique.

1.4 Organisation d'un réseau de transport d'énergie

Pour que l'énergie électrique soit utilisable, le réseau de transport et de distribution doit satisfaire les exigences suivantes [2] :

- 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.

1.5 Constitution d'un réseau électrique

Le réseau est constitué des centrales électriques, ligne électrique, les transformateurs et les postes électrique à divers niveaux de tension [2].

1.5.1 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 éoliennes.
- Les centrales photovoltaïques.

1.5.2 Les lignes électriques

Les lignes électriques assurent la fonction de transport d'énergie sur les longues distances. On distingue deux types de lignes de transport [2] :

1.5.2.1 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 câbles conducteurs

Pour transporter le courant, on utilise des câbles conducteurs portés par les pylônes. Le courant utilisé est triphasé. Chacune peut utiliser d'un à quatre câbles. Les câbles conducteurs sont nus (l'isolation électrique est assurée par l'air et non par une gaine isolante). La distance des conducteurs entre eux et avec le sol garanti la bonne tenue de l'isolement. Cette distance augmente avec le niveau de tension [3].

➤ Les isolateurs

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 [2].

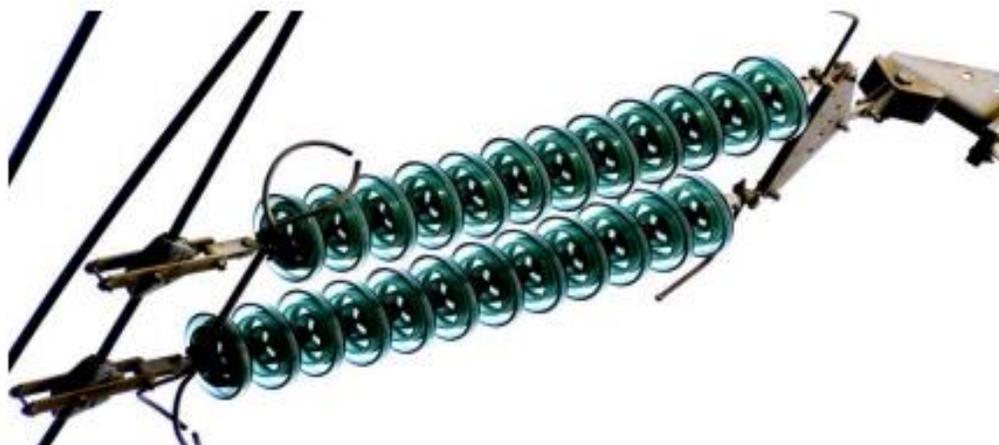


Figure 1.2: Isolateur verre

➤ Les pylônes (support)

Leur rôle est de maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité du sol et des obstacles environnants, afin d'assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes [2].



Figure 1.3:Image représente des pylônes

➤ Les 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 [2].

1.5.2.2 Les lignes souterraines

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

➤ 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 [2].

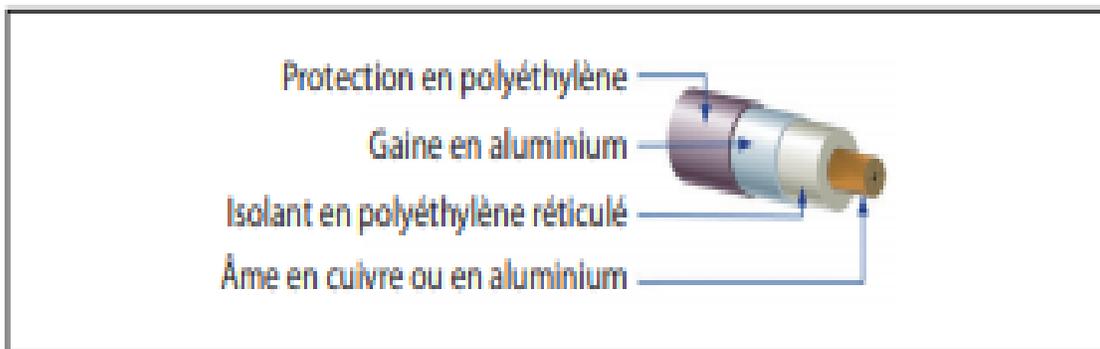


Figure 1.4:Constitution d'un câble de liaison souterrain.

➤ Un câble tripolaire

Il est composé de trois conducteurs de phase isolés et groupés sous une armure métallique commune [2].



Figure 1.5:câble souterrain tripolaire.

1.5.3 Les postes électriques

Un poste électrique est la partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et, éventuellement, des transformateurs. Un poste électrique est donc un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Les postes électriques se trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. On parle généralement de sous-station.

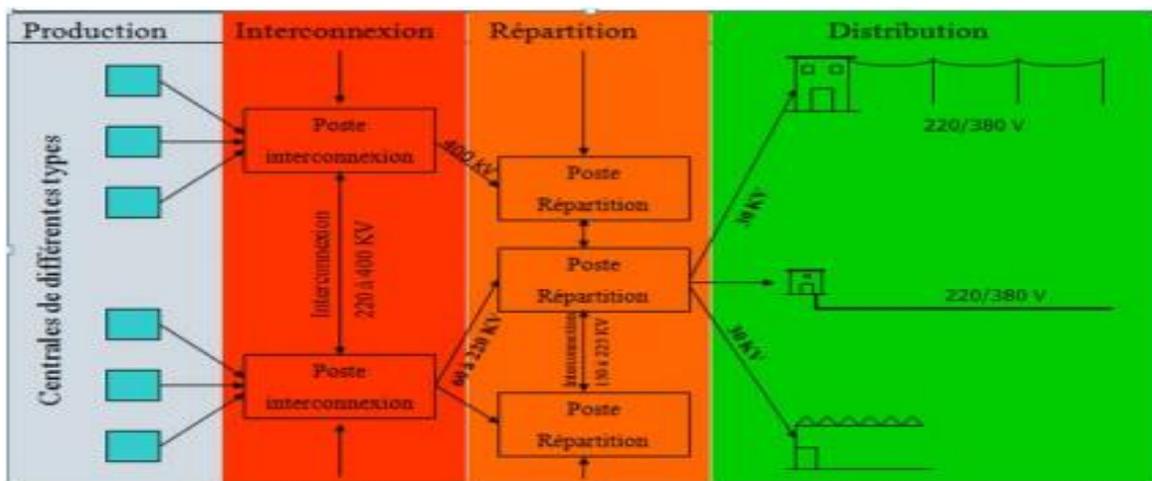


Figure 1.6:Architecture d'un réseau électrique

1.5.3.1 Type de poste électrique

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- **Postes de sortie de centrale** : Le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau.



Figure 1.7: Jeu de barre et transformateur électrique haute tension

- **Postes d'interconnexion** : Le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HT.



Figure 1.8: d'interconnexion des réseaux électriques

- **Postes éleveurs** : Le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur.



Figure 1.9:transformateur de puissance

- **Postes de distribution**

Le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.



Figure 1.10:type de poste distribution

1.5.3.2 Composants des postes électriques

➤ Le transformateur

Un transformateur est une machine statique destinée à transformer un courant alternatif donné en un autre courant alternatif de même fréquence, mais de tension en général différente. Ces appareils sont très utilisés sur le réseau de transport où ils servent à convertir à des tensions différentes l'énergie électrique transitée. [1]

Le transformateur est l'équipement le plus important dans un poste de transport. Son coût est extrêmement élevé et son immobilisation en cas d'incident est toujours très longue. Pour cette raison, il doit être envisagé de sorte à réduire au maximum l'effet des éventuels incidents. Ceci peut s'effectuer via un système de protection très sophistiqué.

➤ Le disjoncteur

Situé à l'intérieur d'un poste électrique, le disjoncteur est un appareil destiné à protéger les circuits et les installations contre une éventuelle surcharge de courant due à un court-circuit (provoqué par la foudre ou par un contact entre le conducteur et la terre). Il permet aussi l'exploitation du réseau en interrompant ou en rétablissant le passage du courant dans une portion du circuit. [1]

➤ Le sectionneur

Situé dans un poste électrique, le sectionneur assure une coupure visible du circuit électrique. Cette coupure certaine est primordiale car elle permet d'intervenir pour l'entretien ou la réparation des appareils en toute sécurité. En mettant hors tension ou sous tension certains circuits du poste. Il assure la fonction d'aiguillage en répartissant les transits d'énergie entre les lignes électriques raccordées au poste. La commande du sectionneur peut être électrique ou manuelle. [1]

➤ Surveillance et contrôle

Les postes hébergent des systèmes de surveillance et de contrôle du réseau dans des bâtiments de relaying. Ils permettent d'envoyer des informations vers des centres distants qui les analysent et détectent les éventuelles anomalies.

Ces centres envoient en retour des ordres télécommandés (ouverture ou fermeture des disjoncteurs et sectionneurs) permettant de répartir le courant sur les différentes lignes ou corriger une anomalie sur le réseau. [1]

1.6 Appareillage utilisé contre les surtensions

Les appareillages utilisés contre les surtensions sont [2] :

➤ Les parafoudres

Les parafoudres sont des appareils de protection contre les surtensions. Ils sont destinés à protéger les installations, et les appareils contre les coups de foudre directe ou indirecte. Ils sont caractérisés par le pouvoir de :

- Limiter les défauts des contacts directs et indirects dans les installations.
- Réduire les valeurs de résistance de prise de terre.
- Réduire l'élévation du potentiel des masses.

➤ Les éclateurs

Ce sont des dispositifs de limitation de surtension.

Ils sont constitués par deux électrodes situées à l'air libre, l'une des électrodes est reliée directement à la ligne et l'autre à la terre.

1.7 Appareillage utilisé contre les surintensités

La protection contre les surintensités est assurée par des relais, des disjoncteurs et de coupe-circuit à fusible placée en tête du circuit à protéger. [2]

➤ Les relais

Ce sont des appareils de surveillance des courants, destinés à déclencher une alarme ou provoquer l'interruption en cas de défaut.

➤ Disjoncteur

Un disjoncteur est un interrupteur très perfectionné, capable de déclencher automatiquement en cas de défaut et de couper les courants de court-circuit. Il consiste l'appareil de sécurité par excellence, permettant la protection des machines et des réseaux contre les défauts. Il comporte toujours [2] :

- Des contacts fixes et des contacts mobiles
- Un dispositif de coupure de l'arc
- Un mécanisme de fermeture et le verrouillage des contacts mobiles

- Un mécanisme d'ouverture automatique de ces contacts (max de I)
- Des pôles auxiliaires de contrôle, de commande, d'asservissement
- Un châssis

➤ **Sectionneur**

Les sectionneurs sont des appareils destinés à ouvrir ou fermer un circuit électrique à vide, ils ne possèdent aucun dispositif de coupure de l'arc. Le sectionneur contient un ou trois pôles principaux portés par des isolateurs, un mécanisme de commande, un châssis et des contacts auxiliaires. Ils servent à réparer et isoler par exemple, les lignes et les disjoncteurs des autres parties du réseau. La manœuvre d'un sectionneur est toujours provoquée par l'opérateur, elle peut être [2] :

- Manuelle et directe (BT)
- Manuelle par perche (HTA) mécanique par tringleriez et poignée de manœuvre électrique, hydraulique ou pneumatique

➤ **Fusible**

Un fusible est un appareil qui, par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments, conçue et calibrés à cet effet, ouvre le circuit dans lequel il est installé en interrompant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée.

1.8 Influence des systèmes photovoltaïques sur le réseau de distribution

Le raccordement des installations photovoltaïques au réseau peut avoir des impacts importants sur son fonctionnement. Les influences les plus significatives des systèmes PV sur le réseau de distribution sont les suivants [2] :

➤ **Influence sur le plan de tension**

La présence de générateur PV a une influence sur le plan de tension et sur les dispositifs de réglage du réseau. La tension varie en fonction des injections de puissance active et réactive sur le réseau [2].

En particulier pendant une période de fort ensoleillement et de faible consommation, la tension de certains nœuds du réseau peut dépasser le seuil admissible. L'injection d'énergie sur le réseau fait croître la tension jusqu'à un seuil provoquant le découplage de certains dispositifs.

➤ **Influence sur le plan de protection**

La contribution des systèmes photovoltaïque au courant de défaut dans le réseau de distribution a des conséquences faibles sur le plan de protection du départ en défaut. Mais la sensibilité et la sélectivité des protections du réseau peuvent être affectées et provoquer le déclenchement de la protection du départ en défaut.

➤ **Influence sur la qualité de l'énergie**

Déséquilibre entre phases : L'insertion des systèmes PV engendre un déséquilibre entre phases en cas d'utilisation d'onduleurs monophasés. Si la puissance produite n'est pas correctement répartie entre trois phases d'un même système PV triphasé, alors ce système va contribuer à déséquilibrer le réseau BT. Ce phénomène a été mis en évidence dans plusieurs études. [2]

➤ **Injection d'harmoniques de courant :**

La présence d'interfaces électronique de puissance peut injecter des harmoniques de découpage au réseau si les onduleurs ne sont pas munis de filtres efficaces. Les onduleurs actuels contribuent tout de même à l'augmentation des harmoniques de courant car ils fonctionnent le plus souvent à puissance réduite (un appareil fonctionnant à puissance réduite ne peut fournir la même qualité de courant qu'à puissance nominale) [2]. Les conséquences de ces harmoniques peuvent être instantanées sur certain appareil électronique : trouble fonctionnels (synchronisation, commutation) disjonctions intempestives, ...)

➤ **Influence sur les pertes dans les réseaux de distribution**

Généralement les installations PV de plusieurs MW, raccordées sur de départs HTA dédiés, conduiraient à une augmentation des pertes et que les installations PV de type résidentiel, plus proche des lieux de consommation, permettraient de réduire des pertes.

Influence du réseau de distribution sur le fonctionnement des installations photovoltaïques

Le fonctionnement et les perturbations de réseaux de distribution peuvent influencer le fonctionnement normal des systèmes PV. Ceci provient généralement, soit des caractéristiques intrinsèques des réseaux de distribution, soit de la qualité de tension dégradée par d'autres utilisateurs du réseau, soit d'une association de ces deux causes [2]. Ces effets entraînent généralement des découplages injustifiés des onduleurs. Les influences du réseau de distribution sur le fonctionnement des installations photovoltaïque peuvent se résumer comme suit [2] :

➤ **Régime de neutre et courants de fuite**

En Algérie, le régime de neutre utilisé en basse tension est de type TT. Avec ce régime, la protection des personnes s'effectue à l'aide de disjoncteurs ou d'interrupteurs différents qui ont pour fonction de s'ouvrir en cas de fuite de courant. Ces courants de fuite peuvent être d'amplitude importante et devenir potentiellement dangereux pour les personnes en cas de contact direct avec le fil de terre.

➤ **Niveau de tension du réseau**

Le niveau initial (hors PV) de tension du réseau est un paramètre clé-à-vis du dimensionnement et du fonctionnement des installations PV et les types de protection de découplage.

➤ **Creux de tension et tenue des systèmes PV**

Les creux de tension sont considérés comme les plus graves perturbations de la qualité de service en raison de leurs effets sur les processus sensibles. Leur profondeur et leur durée varient en fonction des caractéristiques du réseau et des groupes de production qui y sont raccordés.

➤ **Présence de composante continue et d'harmoniques de tension**

Les onduleurs pour systèmes photovoltaïques hachent de courant continu issu des modules PV en modulation à largeur d'impulsion (MLI ou PWM) pour le convertir en courant alternatif sinusoïdal.

➤ Inters harmoniques

Les inter-harmoniques (fréquences qui ne sont pas un multiple entier de la fréquence de réseau) sont produits par des variations rapides des charges, ou la saturation des transformateurs. Les inter-harmoniques créent des perturbations sévères sur les dispositifs de mesures de la fréquence et de l'impédance du réseau.

1.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons énuméré un aperçu sur les réseaux électriques en générale à savoir les réseaux haute tension, moyenne tension et basse tension. Ces réseaux sont très importants et très sensibles, ce qui nécessite une protection contre les différents types d'anomalies telles que les court-circuits, les surtensions, les surintensités, ...etc. Les équipements de protection des réseaux moyenne et haute tension assurent une fonction de sûreté primordiale. Ils doivent garantir la protection des matériels et des personnes tout en assurant la disponibilité de l'énergie. Leurs dysfonctionnements peuvent infliger aux exploitants des pertes financières élevées. Il est donc essentiel qu'ils répondent à de hautes exigences de fiabilité, sécurité et disponibilité.

Chapitre 2 : Système photovoltaïque connecté au réseau

2.1 Introduction

Les problèmes d'approvisionnement en énergie rencontrés à l'échelle mondiale ne sont pas uniquement dus à la destruction de l'environnement et aux changements climatiques qui en découlent, mais bien aussi à une croissance de la consommation et à la tarification des ressources fossiles. Une consommation mondiale en hausse, en particulier en ce qui concerne l'énergie électrique et une tendance à la libéralisation sont à l'origine de changements considérables, tant dans le domaine des réseaux d'alimentation que pour le remplacement du parc des centrales électriques. Les conséquences, pour le moins préoccupantes, se répercutent sur la disponibilité et la qualité de l'énergie [10]. C'est pourquoi les solutions recherchées doivent être réalisables techniquement parlant tout en répondant aux exigences en matière de durabilité. Dans ce chapitre, une étude descriptive générale des systèmes photovoltaïques reliés au réseau électrique est présentée. Cette étude comprend : la conception des systèmes photovoltaïques, leurs types, les problèmes produits, les techniques et les conditions des normes d'interconnexions. [10]

2.2 Classification des systèmes solaires photovoltaïques

Un système photovoltaïque se compose d'un champ de modules et d'un ensemble de composants qui adapte l'électricité produite par les modules aux spécifications des récepteurs. Les systèmes PV sont composés selon les exigences en trois types :

- Autonome
- Hybride
- Raccordée au réseau

2.2.1 Installations photovoltaïques autonomes

Le rôle des systèmes autonomes est d'alimenter un ou plusieurs consommateurs situés dans une zone isolée du réseau électrique. Le champ photovoltaïque voir figure (2.1) peut fournir directement l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les récepteurs (éclairage et équipement domestique). Un système de régulation et une batterie d'accumulateurs permettent

de stocker l'énergie électrique qui sera ensuite utilisée en l'absence du Soleil. Les batteries sont utilisées pour stocker l'énergie électrique sous forme chimique. Elles restituent l'énergie électrique au besoin selon ses caractéristiques. Le régulateur de charge a pour fonction principale de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes. Il est un élément essentiel pour la durée de vie de la batterie. En site isolé, on peut aussi utiliser des récepteurs fonctionnant en courant alternatif. Dans ce cas, l'installation comprendra un onduleur. [1]

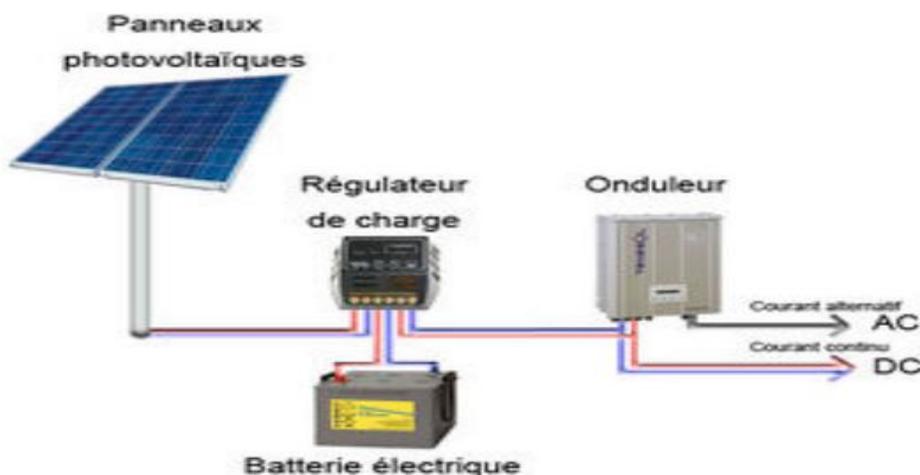


Figure 2.1:schéma typique d'une installation photovoltaïque autonome.

2.2.2 Installations photovoltaïques raccordées au réseau

Les systèmes PV raccordés au réseau sont avant tout des équipements de production destinés à produire de l'énergie électrique d'origine photovoltaïque qui va être injectée sur un réseau électrique alimenté par d'autres sources de production, à partir de machines tournantes de puissance beaucoup plus importante. On peut considérer deux architectures électriques de raccordement, selon que l'énergie produite est consommée sur le site de production (autoconsommation) ou non (injection totale) [7]. Ils peuvent être conçus sans ou avec stockage.

2.2.3 Installations photovoltaïques hybride

De façon générale, un système hybride d'énergie est un système qui combine différents systèmes de production. Par exemple, la combinaison éolien-diesel est un système hybride d'énergie. [6]

Les systèmes hybrides d'énergie associent au moins deux technologies complémentaires : une ou plusieurs sources d'énergie classiques, généralement des générateurs au diesel, et au moins une source d'énergie renouvelable. [6]

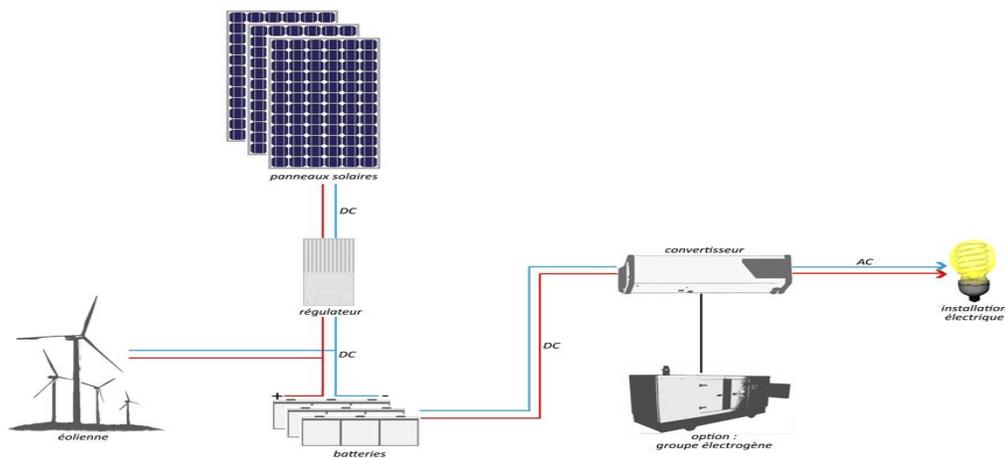


Figure 2.2: installation photovoltaïque hybride.

2.3 Système connectée au réseau

2.3.1 Structure générale d'un système photovoltaïque connecté au réseau

Il existe deux types de structures de système photovoltaïque :

2.3.1.1 Système PV connecté directement au réseau

Cette installation est constituée d'un générateur photovoltaïque connecté directement, à l'aide d'un onduleur au réseau électrique.

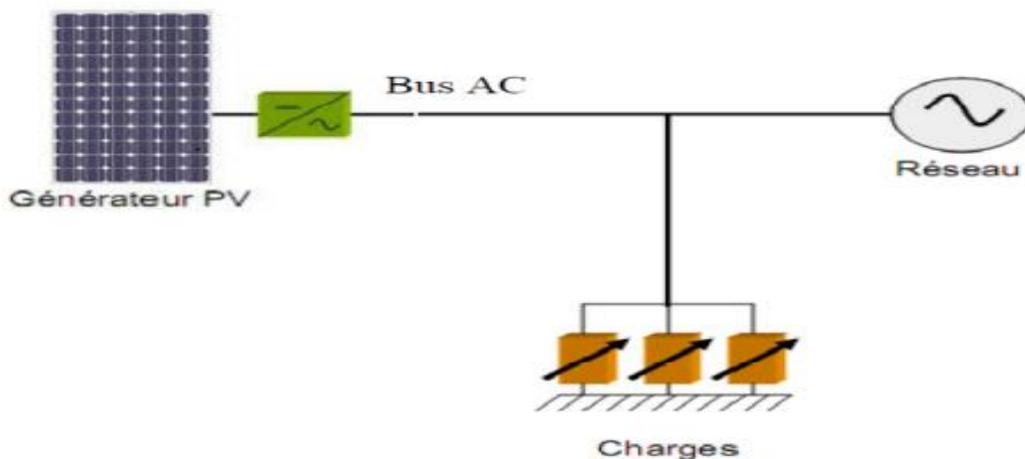


Figure 2.3:système photovoltaïque connecté directement au réseau.

2.3.1.2 Systèmes à bus continu intermédiaire

Le générateur photovoltaïque est connecté par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu. Un onduleur délivre une tension modulée, celle-ci est filtrée pour réduire le taux d'harmonique, on obtient alors en sortie de ce dispositif une tension pouvant être injectée dans le réseau.

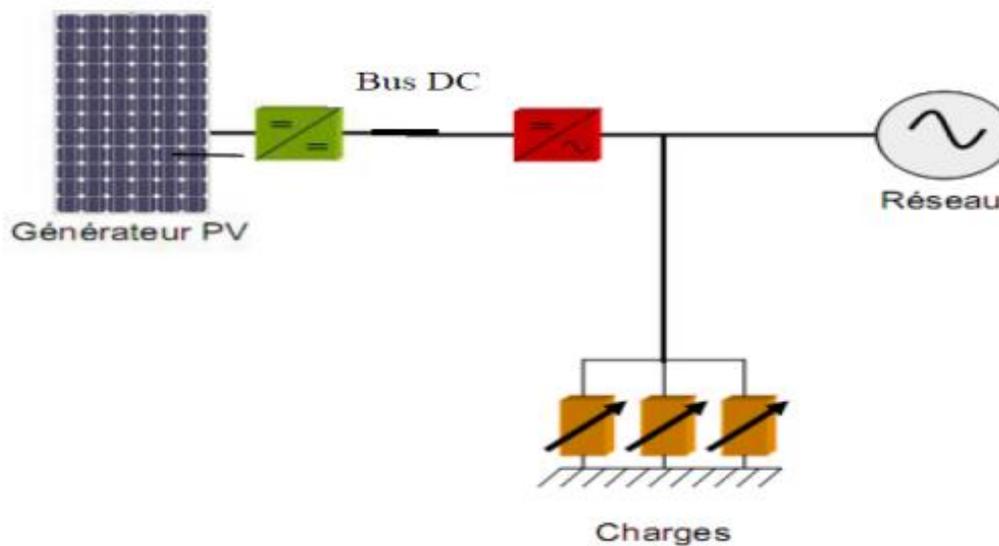


Figure 2.4:système photovoltaïque connecté via un bus continu-continu.

2.3.2 Les systèmes PV connectés au réseau sans batterie de stockage

Ces systèmes sont ainsi conçus pour fonctionner en parallèle et en interconnexion avec le réseau public d'électricité (figure 5.2). Le principal composant de ce type de système est l'onduleur. Il convertit la puissance continue (DC) obtenue à partir des modules PV en puissance alternative en respectant les conditions de qualité de la tension et de la puissance exigées par le réseau, avec une possibilité d'arrêt automatique quand le réseau n'est pas en fonctionnement. Une interface bidirectionnelle est placée entre la sortie alternative du système PV et le réseau constitué par un panneau de distribution.

Cela permet de produire une puissance alternative à partir du système PV soit en alimentant directement toutes les charges électriques, soit en injectant le surplus d'électricité (PV) dans le réseau lorsque les besoins sont plus importants. La nuit ou par faible ensoleillement durant les périodes où les besoins des consommateurs sont supérieurs à la production (PV), le réseau fournit l'appoint nécessaire, l'équilibre énergétique peut être ainsi obtenue. Lorsque le réseau est à l'arrêt, le système (PV) est automatiquement coupé et déconnecté du réseau à partir du panneau de distribution.

Ce facteur de sécurité supplémentaire est exigé pour s'assurer que la centrale (PV) est coupée du réseau lorsque celui-ci est hors service pour raison de maintenance ou autre [20]. La maintenance des (CPCR) fonctionnant sans batterie, est particulièrement facile : Elle se résume à la vérification de l'état de propreté des modules (PV).

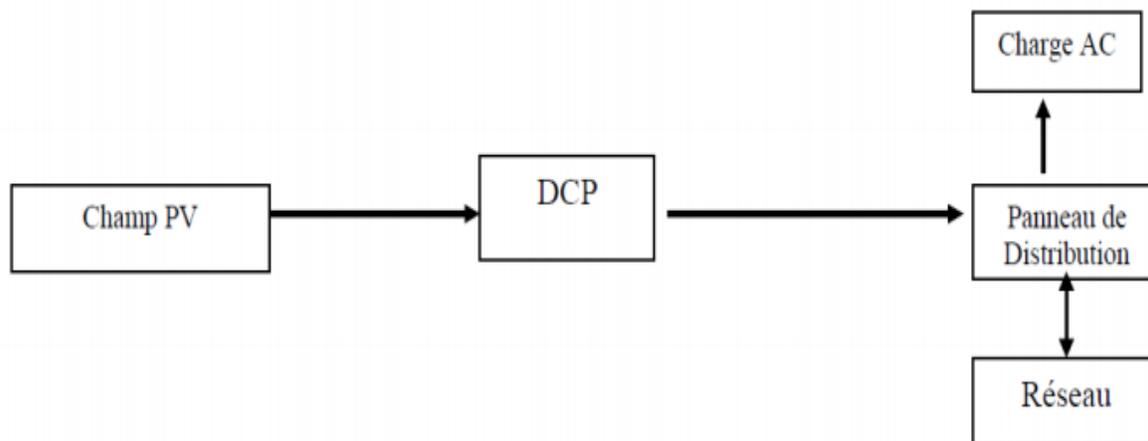


Figure 2.5: Système PV connecté au réseau sans batterie de stockage.

2.3.3 Les systèmes PV connectés au réseau avec batterie

Ce type de système est utilisé généralement lorsqu'une puissance supplémentaire est nécessaire pour alimenter des charges critiques telles que la réfrigération, les pompes à eau, l'éclairage ou autres (Figure 6.2) [20]. Dans des circonstances normales, le système fonctionne en mode relié au réseau en alimentant toutes les charges ou en renvoyant la puissance en surplus sur le réseau tout en maintenant la batterie en pleine charge. [10]

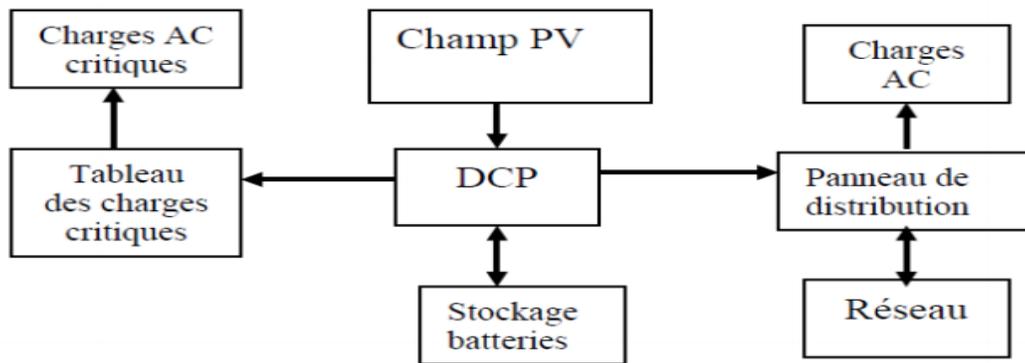


Figure 2.6: Les systèmes PV connectés au réseau avec batterie.

2.4 Technologies des onduleurs couplés au réseau

L'onduleur couplé au réseau est utilisé pour les installations photovoltaïques. Il permet de transformer le courant continu, produit par les modules solaires, en un courant ondulé conforme à celui du réseau. Il adapte également le courant produit à la fréquence et à la tension du réseau. Dans les installations d'habitation, le courant solaire produit est d'abord utilisé par l'habitation elle-même, si le courant produit pour l'habitation est excédentaire, l'excédent est injecté dans le réseau.

L'installation d'un onduleur couplé au réseau électrique se fait avec l'accord de l'organisme de distributeur de l'énergie électrique. Pour des raisons de sécurité, un onduleur couplé au réseau doit constamment surveiller ces perturbations et interrompre immédiatement l'injection en cas de défaillance ou de coupure. Ceci est absolument nécessaire pour permettre une intervention sans danger sur le réseau [18].

2.4.1 Onduleurs modulaires (module inverter)

Suivant ce concept, chaque module solaire dispose d'un onduleur individuel. Pour les installations plus importantes, tous les onduleurs sont connectés en parallèle côté courant alternatif. Les onduleurs modulaires sont montés à proximité immédiate du module solaire correspondant [19].

2.4.2 Onduleurs centralisés (central inverter)

Un onduleur centralisé de forte puissance transforme l'ensemble du courant continu produit par un champ de cellules solaires en courant alternatif. Le champ de cellules solaires est en règle générale constitué de plusieurs rangées connectées en parallèle. Chaque rangée est elle-même constituée de plusieurs modules solaires connectés en série. Pour éviter les pertes dans les câbles et obtenir un rendement élevé, on connecte le plus possible de modules en série [19].

2.4.3 Onduleurs "de Rangée"

L'onduleur de rangée est le plus utilisé. Le plus souvent, huit (ou plus) de modules solaires sont connectés en série. Comme une seule connexion série est nécessaire, les coûts d'installation sont réduits. Il est important de noter qu'en cas d'ombrage partiel des modules solaires, il n'y a pas de perte, l'emploi de diodes de by-pass est fortement recommandé [19]. Les installations jusqu'à 3 Kilowatt de puissance sont fréquemment réalisées avec un onduleur String. Pour une puissance plus élevée, il est possible de connecter plusieurs onduleurs String en parallèle, côté courant alternatif. L'intérêt dans ce concept est d'utiliser un plus grand nombre d'onduleurs du même type. Cela réduit les coûts de production et apporte un intérêt supplémentaire : si un onduleur tombe en panne, seule la production de la rangée concernée est défaillante.

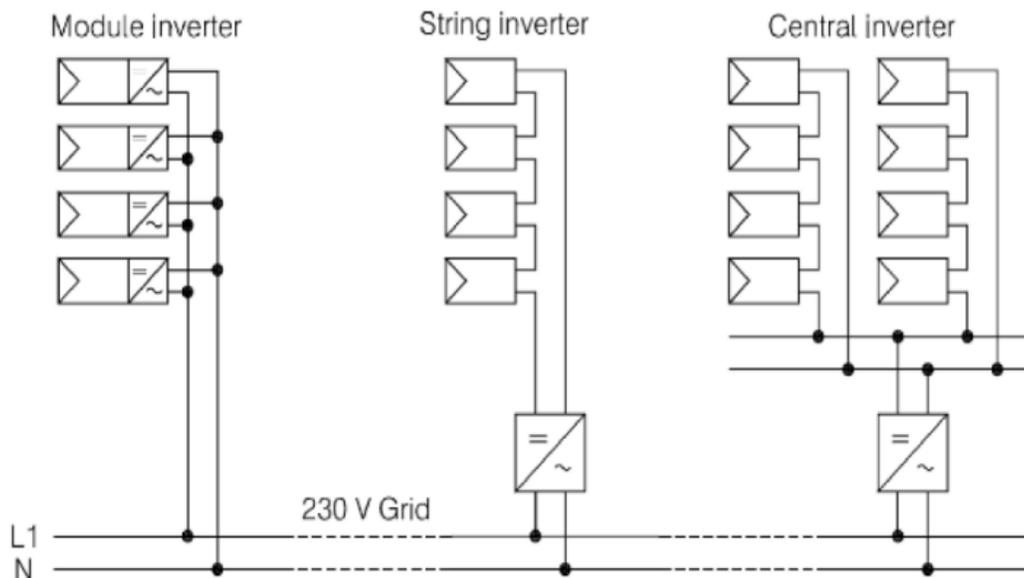


Figure 2.7: Classification des onduleurs PV connectés au réseau.

Ils sont toujours conçus en triphasé. La plupart du temps, les systèmes (*PV*) sont installés dans les réseaux de distribution basse tension avec une puissance allant jusqu'à 30 kVa. Le type du réseau choisi au raccordement détermine la possibilité du choix des systèmes de surveillance.

2.5 Système de régulation

Dans tout système photovoltaïque autonome, on intercale un système dit de régulation, qui sert à contrôler l'intensité de courant qui passe par les accumulateurs, illes protégeant ainsi contre les surcharges et les décharges, afin de maximiser sa durée de vie. Le régulateur permet aussi d'effectuer un transfert optimal d'énergie du champ photovoltaïque à l'utilisation. Il existe plusieurs types de régulateur : régulateur de charge et régulateur de décharge.

2.5.1 Régulateur de décharge

La régulation de décharge s'effectue par un comparateur qui compare la tension de la batterie à un seuil de tension pré réglé bas et transmet l'information à un circuit de commande. Ce dernier arrête de décharger lorsque la tension par élément dépasse la tension de seuil. [2]

2.5.2 Régulateur de charge

La régulation de charge s'effectue par une réduction de courant lorsque la batterie est chargée, on évite la charge lorsque la tension par élément dépasse la tension de surcharge. Il existe plusieurs types de montage de régulation de charge pour les batteries en plomb. [2]

2.6 Influence sur la qualité de l'énergie

2.6.1 Injection d'harmoniques de courant :

La présence d'interfaces électronique de puissance peut injecter des harmoniques de découpage au réseau si les onduleurs ne sont pas munis de filtres efficaces. Les onduleurs actuels contribuent tout de même à l'augmentation des harmoniques de courant car ils fonctionnent le plus souvent à puissance réduite (un appareil fonctionnant à puissance réduite ne peut fournir la même qualité de courant qu'à puissance nominale), ainsi les THD sont plus importants. Les conséquences de ces harmoniques peuvent être instantanées sur certains appareils électroniques : troubles fonctionnels (synchronisation, commutation), disjonctions intempestives, erreurs de mesure sur des compteurs d'énergie. [5]

2.6.2 Injection de courant continu au réseau :

Une étude réalisée en Espagne montre que les onduleurs actuels (avec transformateur haute fréquence et avec ou sans transformateur basse fréquence) de la marche européenne injectent une composante continue dans le réseau. La présence de courants DC dans les réseaux de distribution peut affecter le bon fonctionnement des dispositifs de coupure différentiels, créer des erreurs sur les compteurs d'énergie, affecter la durée de vie des composants du réseau, notamment à travers une augmentation de leur corrosion et enfin contribuer à une saturation des transformateurs. [5]

2.7 L'entretien d'un système raccordé au réseau

Le système photovoltaïque raccordé au réseau est le système d'énergie renouvelable dont l'exploitation technique est la plus simple car aucune maintenance préventive n'est nécessaire. L'injection de l'électricité produite sur le réseau ainsi que l'alimentation des consommations

du site se font automatiquement. Sauf exception (site industriel enfumé ou empoussiéré), le nettoyage des capteurs est réalisé naturellement par le vent et la pluie. Une simple surveillance permet de détecter d'éventuelles pannes du système. Il faut néanmoins prévoir le remplacement de l'onduleur qui a, en moyenne.

2.7.1 Aspects économiques

- Coût des systèmes
- Rémunération de la production d'électricité injectée dans les réseaux
- Rentabilité économique des systèmes
- Les marchés nationaux les plus importants

2.8 Compteur photovoltaïque

2.8.1 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 : [1]

L'un pour la production ;

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

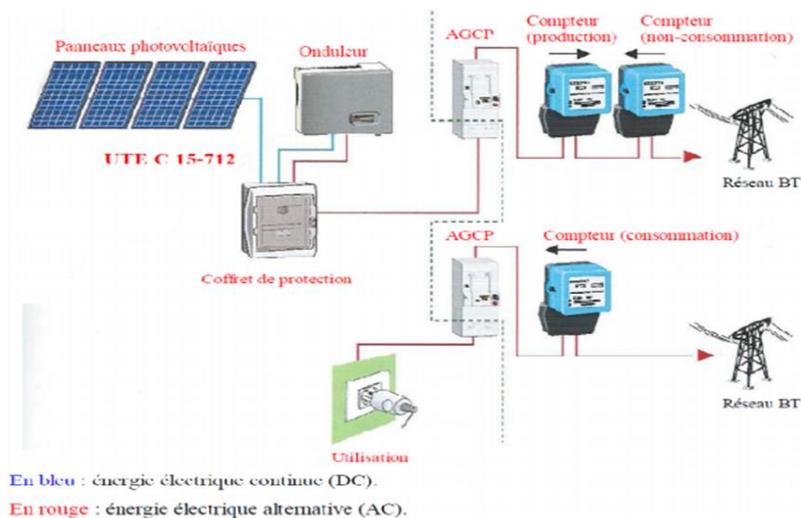


Figure 2.8: installation avec injection totale de la production photovoltaïque.

2.8.2 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. [1]



Figure 2.9: installation avec injection du surplus de la production photovoltaïque.

2.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu faire la description des différentes installations photovoltaïques ou nous nous sommes intéressés à un système photovoltaïque raccordé au réseau ainsi qu'à la mise en évidence des principales composantes de cette installation, notamment l'étude des onduleurs et des convertisseurs qui ont des rôles majeurs dans ce système.

Nous avons pu aussi investir un domaine qui reste nouveau pour nous et qui promet un avenir sûr ainsi qu'une assurance dans le domaine de l'énergie aux générations futur.

Chapitre 3 : Simulation de l'installation photovoltaïque connecte au réseau

3.1 Introduction

Un système photovoltaïque raccorder au réseau électrique est proposée dans ce chapitre. Une application est simulée sur le logiciel HOMER afin d'alimenter l'école supérieur en science appliqué de Tlemcen, pour une optimisation qui permet de déterminer le type du système a installé. Afin d'optimiser l'installation est d'évaluer son cout.

3.2 Optimisation du système avec le logiciel HOMER

3.2.1 Présentation du logiciel HOMER

HOMER (Hybride Optimisation of Multiple Energy Ressources) est un logiciel de simulation et d'optimisation destiné à l'étude d'installations de production d'énergie multi-sources (PV, éolien, réseau, stockage, diesel...). Il est principalement destiné à la simulation de mini-réseaux connectés ou non-connectés (off-Grid). Les fonctionnalités principales de cet outil sont les suivantes [12] :

- Prise en compte de profil de charge horaire ainsi que de charges pilotables (ballon d'eau chaude...).
- Simulation horaire d'un système de production multi-sources. Homer est capable de simuler le comportement de nombreux équipements de production (PV, éolien, hydroélectrique, générateur biomasse, diesel, huilevégétale) ou de stockage (électrochimique, volant d'inertie, pile à combustible).
- Optimisation économique du système de production par comparaison de plusieurs configurations et architectures.
- Analyse de sensibilité par rapport à certains paramètres d'entrée (prix des hydrocarbures, durée de vie des modules, gisement solaire, charge).

L'utilisateur obtient l'architecture et la configuration la plus économique selon la modélisation d'Homer. C'est donc un outil d'aide à la décision pour le dimensionnement d'un mini-réseau.

3.2.2 Interface du logiciel HOMER :

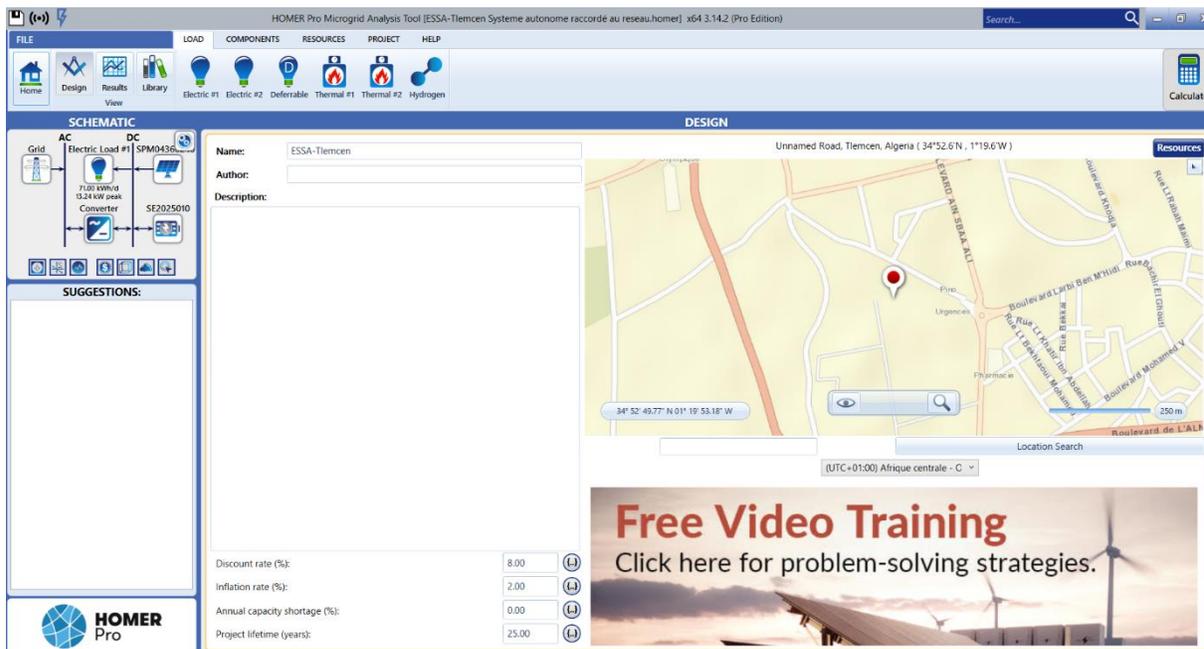


Figure 3.1: l'interface du logiciel HOMER.

3.2.3 Description des paramètres d'entrée Homer :

La configuration optimale du système déterminée par Homer satisfait les contraintes spécifiées par l'utilisateur au coût actuel net le plus bas. L'optimisation peut aider le modélisateur à trouver la configuration optimale du système parmi de nombreuses possibilités. [11]

Le but du processus d'optimisation est de déterminer la valeur optimale de chaque variable de décision qui intéresse le modélisateur. Les variables de décision possibles dans HOMER comprennent [11] :

- La taille du réseau PV.
- Le nombre de batteries.
- La taille du convertisseur AC-DC.
- La stratégie d'expédition (ensemble de règles régissant le fonctionnement du système)

3.3 Caractéristiques du site étudié

3.3.1 Situation géographique :

L'école est implantée dans la wilaya de Tlemcen. Les Coordonnées géographique de L'ESSA-Tlemcen se présentent comme suit : 34.877793 degrés de latitude Nord, longitude -1.326542 ouest, altitude 813 m et un temps légal Horaire TU+1Fus.

3.3.2 Le potentiel solaire :

L'éclairement global moyen journalier reçu par une surface horizontale est égale à 4.92 Kwh/ m^2/j . Comme présenté sur la figure suivante :

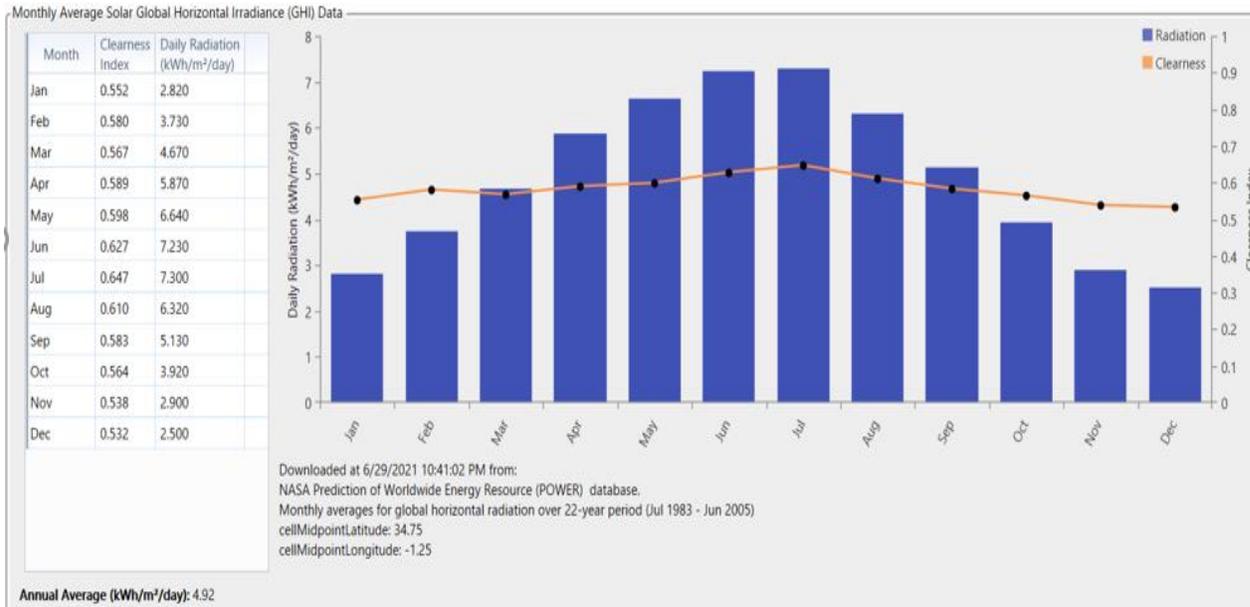


Figure 3.2:Le profil de l'éclairement moyen mensuel

3.3.3 Température ambiante du site :

L'effet de la température est non négligé sur le rendement d'un système de conversion photovoltaïque, la variation de la température journalière moyenne est égale à 16 C de chaque mois de l'année est représenté sur la figure (3.3).

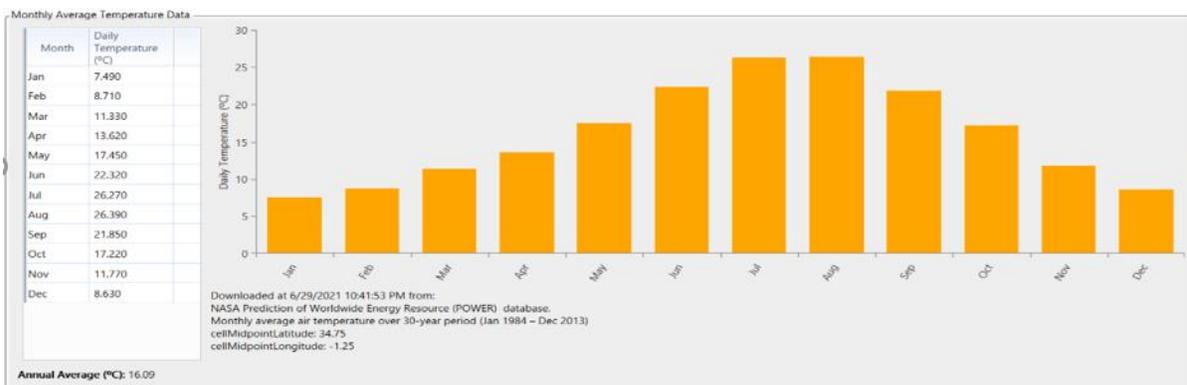


Figure 3.3: la variation de la température journalière moyenne de chaque mois.

3.3.4 La charge

Le dimensionnement d'un tel système de production de l'énergie dépend essentiellement du profil de la consommation à satisfaire. La figure ci-dessous représente un profil de l'évolution journalière de la charge, qui est égale à une moyenne de 71kwh/j, Ce profil est considéré le même durant tous les jours de l'année.

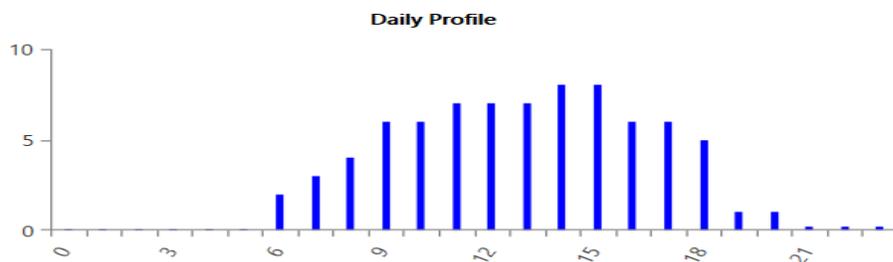


Figure 3.4: répartition journalière de la charge électrique.

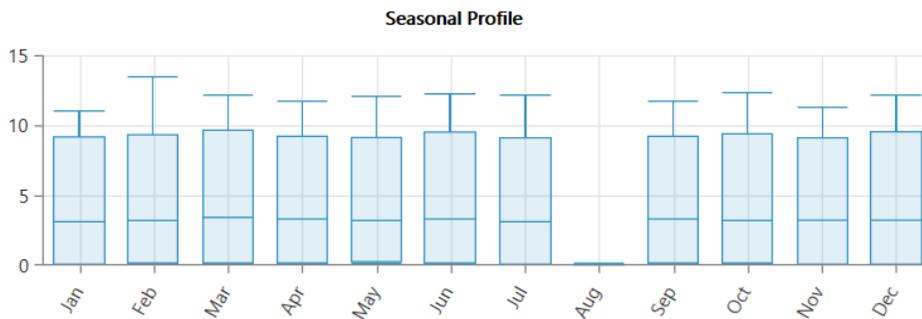


Figure 3.5: Charge moyenne mensuelle.

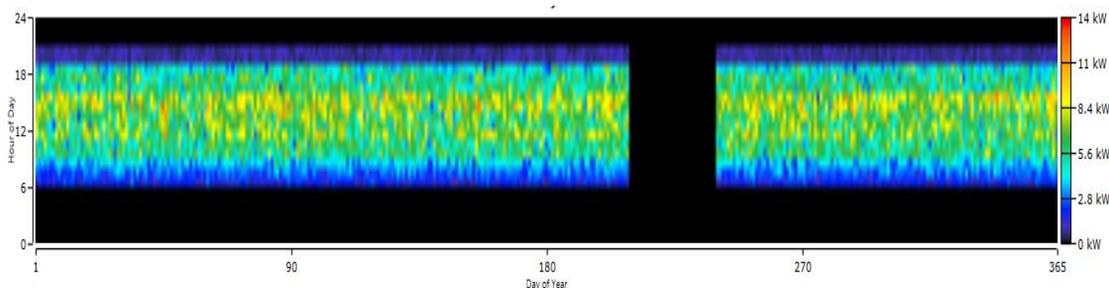


Figure 3.6:répartition annuelle de la charge.

3.3.5 Architecture du système

Sur l'environnement HOMER, nous avons défini chaque élément de notre installation en se basant sur toutes les caractéristiques et les données fournies dans le paragraphe précédent. Le schéma du système qu'on va simuler par HOMER est présenté par la figure (7.3) :

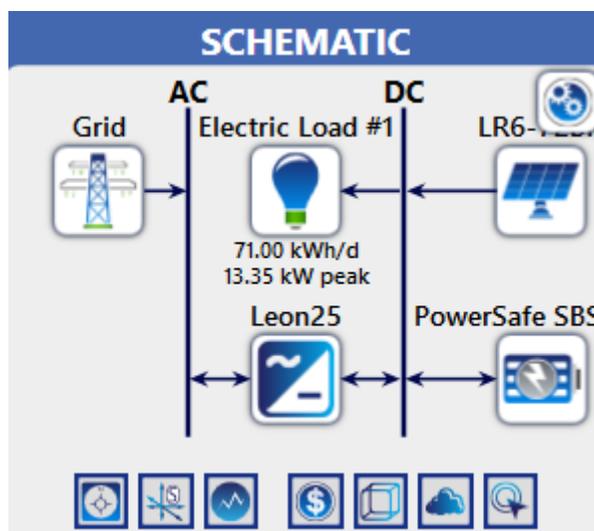


Figure 3.7:Configuration physique du système sur HOMER.

L'architecture adoptée du système étudié est présentée sur la figure (7.3). Cette architecture se compose de deux bus, un bus CA au quel est connecté le réseau électrique, par contre le Bus CC est constitué du champ PV et le système de stockage Ces deux Bus sont reliés entre eux via un onduleur bidirectionnel.

3.3.6 Les équipements de l'installation choisie

Dimensionnement	model	prix
Panneau photovoltaïque	VICTRON monocristallin 360Wc - 24V	282.54€
Onduleur	SMA triphasé Tripower STP15000TL-30 (15000W / 230V)	2778.65€
Batterie	Batterie plomb-carbone de 12V/106Ah	326.4€
Régulateur	Homer floating	

Tableau 1: tableau l'équipement de l'installation

3.3.7 Interprétation et discussion des résultats :

En effet HOMER simule toutes les configurations faisables du système étudié capables de fonctionner parfaitement dans le site choisi avec la fourniture de l'énergie électrique suffisante au profil de charge et présente la configuration optimale comme suit :

Architecture						Cost				System	
LR6-72BK (kW)	PowerSafe SBS 100F	Grid (kW)	Leon25 (kW)	Dispatch	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren. Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	
5.46		999,999	14.5	LF	€17,114	€0.0497	€784.63	€6,970	27.0	0	
		999,999	15.2	LF	€17,149	€0.0512	€1,109	€2,816	0	0	
4.79	1	999,999	13.9	LF	€17,350	€0.0505	€826.39	€6,666	23.0	0	
	1	999,999	14.9	CC	€17,448	€0.0521	€1,111	€3,082	0	0	

Figure 3.8: Résultats d'optimisation et classement des systèmes.

➤ Récapitulatif des coûts

Dans cette partie on trouve les coûts totaux de chaque système, comme représenté sur le tableau (2.3) :

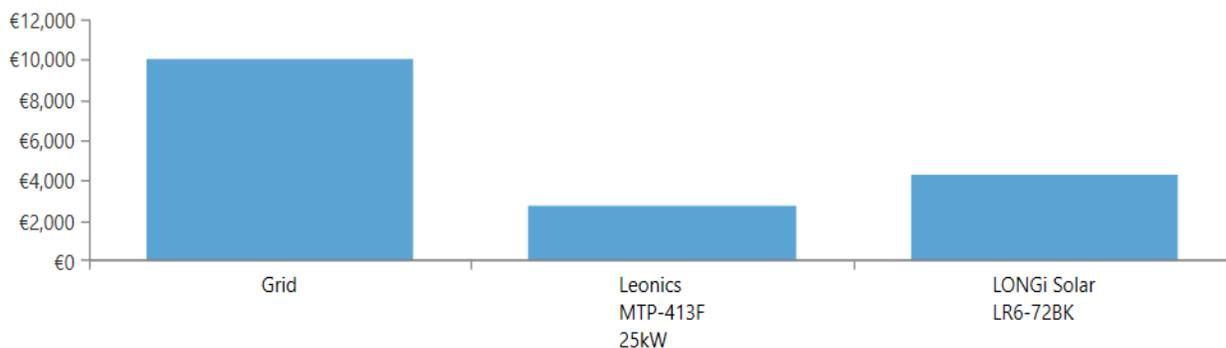


Figure 3.9:représentation des couts en fonction de la production en (KW).

Component	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€)	Fuel (€)	Salvage (€)	Total (€)
Grid	€0.00	€0.00	€10,069.41	€0.00	€0.00	€10,069.41
Leonics MTP-413F 25kW	€2,688.22	€85.47	€0.00	€0.00	-€11.59	€2,762.11
LONGi Solar LR6-72BK	€4,282.12	€0.00	€0.00	€0.00	€0.00	€4,282.12
System	€6,970.35	€85.47	€10,069.41	€0.00	-€11.59	€17,113.64

Figure 3.10:representation des couts.

3.3.8 Comparaison économique entre les systèmes

Nous trouvons le coût annuel ou coût de la durée de vie (NPC) en €, catégorisé par type de composants ou par type de coûts. La figure ci-dessus montre NPC détaillé de chaque composant du système optimal et la figure (9.3) montre le coût annuel détaillé de chaque composant du système.

Architecture						Cost			
				LR6-72BK (kW)	PowerSafe SBS 100F	Grid (kW)	Leon25 (kW)	NPC (€)	Initial capital (€)
						999,999	15.2	€17,149	€2,816
				5.46		999,999	14.5	€17,114	€6,970

Figure 3.11:comparaison économique entre les deux systèmes optimaux.

3.3.9 Détails techniques

Nous allons commencer par la production électrique par chaque composant, la figure ci-après montre l'énergie produite et la consommation de notre système.

Production	kWh/yr	%
LONGi Solar LR6-72BK	8,388	30.1
Grid Purchases	19,473	69.9
Total	27,861	100

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	0	0
Unmet Electric Load	0	0
Capacity Shortage	25.4	0.0978

Figure 3.12:Énergie électrique produite par le système

Quantity	Value	Units
Renewable Fraction	27.0	%
Max. Renew. Penetration	104	%

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	0	0
DC Primary Load	25,915	97.2
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	746	2.80
Total	26,661	100

Figure 3.13:Énergie annuelle consommée

D'après les résultats obtenus, La production du réseau électrique représente 69.9% de la production totale du système. Le réseau électrique permet de couvrir la majeure partie des besoins en électricité parce qu'il est la source la plus optimale donné par Homer, tandis que la source PV occupe 30.1%. La figure ci-dessus illustre la production électrique totale mensuelle moyenne sur toute l'année :

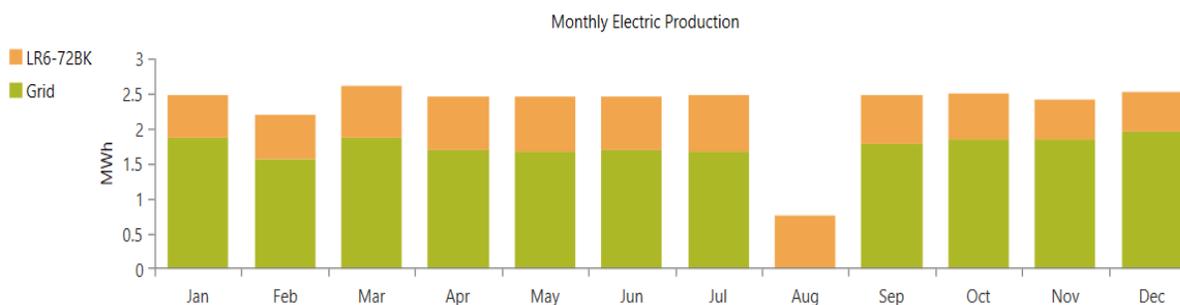


Figure 3.14:La production électrique mensuelle moyenne

Nous remarquons qu'il y a une différence dans la production de l'énergie électrique entre certain mois de l'année, due à la variation du rayonnement solaire. Et aussi que le système ne présente aucune coupure de courant (l'une des contraintes déjà vérifiée) et que toute la charge a été alimentée en énergie électrique.

3.3.10 Détails écologiques

Nous allons maintenant nous intéresser à l'écologie, école se situe dans une région sous-peuplée, mais nous devons protéger l'environnement, dans ce qui suit nous allons comparer les quatre systèmes optimaux qui ont été choisis par le logiciel Homer à base du NPC. Le tableau ci-dessus résume les émissions engendrées par le système :

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	12,307	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	53.4	kg/yr
Nitrogen Oxides	26.1	kg/yr

Figure 3.15: les émissions engendrées par le système

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre une brève description d'un système hybride de génération de l'énergie électrique est réalisée, les principales notions liées au type d'architecture de système ont est aussi présentés. Une application d'un système hybride a été élaborés sur l'environnement HOMER pour une optimisation d'un système hybride à un site, où les données métrologiques comme la vitesse du vent sont disponibles, on a obtenu des résultats, sur la combinaison des sources d'énergie renouvelables, en plus la diversité des ressources énergétiques que présente un système hybride, la continuité et la disponibilité de la production d'énergie électrique est assurée.

Conclusion

Dans le nouveau contexte de changement majeur provoqué par les énergies renouvelables et l'évolution de la distribution électrique et pour mieux comprendre le comportement des systèmes photovoltaïque, il est nécessaire en particulier de mettre en évidence, des notions sur cette énergie. L'objectif de notre mémoire consistait à étudier une installation photovoltaïque connectée au réseau. Dans le cadre de ce travail, nous avons présenté :

- Quelques notions sur l'énergie solaire ainsi que le potentiel solaire en Algérie.
- Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque en expliquant brièvement le phénomène photovoltaïque.
- L'influence des différents paramètres extérieurs sur cette caractéristique. Le courant de court-circuit évolue principalement avec l'éclairement, et la tension à vide avec la température.
- La description des différentes installations photovoltaïques ou nous nous sommes intéressés à un système photovoltaïque raccordé au réseau ainsi qu'à la mise en évidence des principales composantes de cette installation, notamment l'étude des onduleurs et des convertisseurs qui ont des rôles majeurs dans ce système.

Bibliographie

- [1] : Sofiane FELLOUAH et Siham MESBAHI, « étude d'un système photovoltaïque connecté au réseau », Mémoire de master en Génie Electrique 2015.
- [2] : Célia DJILI et Karima FAREB, « Etude d'impact d'une centrale photovoltaïque sur un réseau électrique », mémoire de master en Génie Electrique 2017.
- [3] : FERRAH BILLEL, « Etude d'un système Hybride (photovoltaïque –éolien)», mémoire de master génie mécanique 2015.
- [4] : MARTIN TAÏKI VAÏTCHEMÉ, « Modélisation et simulation d'un système de stockage intégré dans un micro réseau autonome solaire-éolien », Juin 2019
- [5] : MEDDOUR Youcef et YAZI Zoubir, « Etude de raccordement d'un système photovoltaïque au réseau électrique », mémoire de master 2015.
- [6] :ABDOUL KARIM TRAORÉ, « GESTION D'UN SYSTÈME AUTONOME HYBRIDE PHOTOVOLTAÏQUE ÉOLIEN POUR APPLICATIONS AGRICOLES », JUILLET 2016
- [7] : MOINE Gérard, « L'énergie solaire photovoltaïque (PV) : une filière compétitive en site isolé », avril 2018
- [8] : production, transport et distribution de l'énergie électrique
- [9] : MADANI NORA et MENAI DAHBIA « Etude des protections de réseau électrique THT à SONELGAZ », mémoire de master 2012.
- [10] : Zidane Achref Eddine et Sahtout Mehdi, les systèmes photovoltaïques connecté au réseau », mémoire master 2017.
- [11] : SOUFI Aïcha, « COUVERTURE OPTIMISEE DES BESOINS ELECTRIQUES D'ORIGINE RENOUVELABLE D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE SITUEE EN ZONE MONTAGNEUSE », mémoire de doctorat 2019