

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
N° : Ph/ENR/06/2023



DOMAINE : Sciences de la matière
FILIERE : Physique
OPTION : Physique Energétique
et Energies Renouvelables

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par :

LAKEHAL Rahima

BOURAS Soumia

Intitulé

Calcul de l'énergie solaire incidente et produite

Par le PVsyst dans quelques zones Algérienne

Soutenu le 21/06/2023 devant le jury composé de :

Dr. MAHDI Khaled	Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Président
Dr. SALMI Mohmed	Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Rapporteur
Dr. KHERIFI Djelel	Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Co-rapporteur
Dr. HADDAD Zakaria	Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Examineur
Mr. KHOUNI Idris	Hodna Solar (Socio-économiques)	Examineur
	Incubateur de l'Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2022/ 2023

Remerciement

Avant tout nous remercions « ALLAH » tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite, atteindre notre but et réaliser ainsi un rêve.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de Dr. SALMI Mohamed, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Aussi remerciements adressés au Dr. KHERIFI Djelal pour son aide pratique et ses encouragements.

Nous tenons également à remercier les membres de jury : Dr. MAHDI Khaled et Dr. HADDAD Zakaria, pour avoir accepté d'être examinateurs de ce travail.

Ce travail a été effectué au sein du laboratoire de physique et chimie des matériaux (LPCM) à l'Université de M'sila, Mes remerciements s'adressent à le Professeur CHARIFI Zoulikha, directrice du laboratoire et le docteur BOURSAS Abdelhakim chef d'équipe des systèmes photovoltaïques et paramètres climatologiques influents, qui m'a accueilli au sein de leurs laboratoire.

Nous saisissons cette occasion pour remercier tous les enseignants de l'université de Mohamed Boudiaf - M'sila durant les années des études.

Enfin nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.

Dédicaces

Je dédie ce travail

À mon grand-père, bien-aimé qui a été ma force et mon espoir pour ma joie dans cette réalisation manque votre présence et votre fierté

À ma mère, ma chérie, qui m'accompagnait toujours par sa prière, qui me soutenait tout au long de mes études et des temps difficiles. Ce qui est grâce à quoi je suis encouragé et arrivé où je suis aujourd'hui.

À mon papa, Ramadan qui a contribué à être qui je suis aujourd'hui Merci pour tout

À ma chère grand-mère Aicha

À mes chers frères et mes sœurs et leur famille de Toufik jusqu'à Mohamed el Hadi (hod hod)

À mes chères tantes Dalila, Hayet et surtout Noudjoud

À mon cher fiancé Rabeih

À mes amies bien-aimées, surtout Bisma, Douaa

À mon binôme BOURAS Soumia.

À tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à maintenant.

À tous mes collègues je vous souhaite le courage et le succès dans votre vie.

Ainsi qu'à toutes les personnes que je connais de près ou de loin.

Rahima

Dédicaces

A ma chère mère maternelle MASOUDA : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon Père AMAR : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes sœurs et frères : SABAH, HANAN, SAMRA ET FARID MORAD, MOUNIR ET ADEL

À tous mes amis et surtout « BOUCHRA ET DJABER », et mon binôme LAKEHAL Rahima

À tous mes amis « MANAL, SAIDA, BOUTHAINA, KHADIJA, HAYAT ET HOUDA »

A Toute ma merveilleuse famille

Je vous remercie pour votre aide sans égal et votre affection si sincère. A tous mes amis et à tous ceux qui me sont chers

BOURAS SOUMIA



Tables des matières

Tableaux**Dédicace****Remerciement****Tables des matières**

<i>Introduction générale</i>	1
Chapitre 1 « Le gisement Solaire »	2
<i>1-1. RAPPEL HISTORIQUE</i>	1
<i>1-2. Énergie solaire</i>	1
<i>1.2.1- Le soleil</i>	1
<i>1-2-2. Structure du soleil</i>	2
<i>1-3. Origine de l'énergie solaire</i>	3
<i>1-3.1 Le cycle Proton –Proton</i>	3
<i>1-4. Potentiel de l'énergie solaire</i>	3
<i>1-4.1 Potentiel de l'énergie solaire au monde</i>	3
<i>1.4.2- Potentiel solaire en Algérie</i>	3
<i>1.5. Rayonnement solaire</i>	5
<i>1.5.1. Le rayonnement direct</i>	5
<i>1.5.2. Le rayonnement diffuse</i>	5
<i>1.5.3. Le rayonnement réfléchi</i>	5
<i>1-6. Influence des couches atmosphériques</i>	6
<i>1.6.1 Diffusion</i>	6
<i>1.6.2 Absorption</i>	6
<i>1.7-Effet photovoltaïque</i>	6
Chapitre 2 « Fabrication des Cellules Photovoltaïques »	9
<i>2.1- Cellules photovoltaïque</i>	9
<i>2.1.1- Définition</i>	9
<i>2.1.2-Historique des cellules photovoltaïques</i>	9
<i>2.2- Fabrication des cellules photovoltaïques</i>	10
<i>2.2.1-La silice (matière première d'une cellule photovoltaïque)</i>	10
<i>2.2.2 Extraction et purification du silicium</i>	11
<i>a) Extraction du silicium à partir de la silice</i>	11
<i>b) Purification du silicium</i>	11
<i>2.2.3 Obtention des lingots de silicium</i>	12
<i>2.2.4. Obtention des wafers photovoltaïques</i>	12

Tableaux

2.2.5.1 Dopage de type N.....	13
2.2.5.2 Dopage de type P.....	13
2.2.6-Les différents types de cellules solaires.....	14
a) Les cellules monocristallines	14
b) Les cellules polycristallines	14
c) Les cellules amorphes	14
Chapitre 3 « Système photovoltaïque ».....	15
3.1. Définition.....	16
3.2. Composants d'un système photovoltaïque	16
3.2.1 Modules photovoltaïques	16
3.2.2 Stockage	17
3.2.3 Batterie.....	18
3.2.4 Régulateur.....	19
3.2.5. Principe de son fonctionnement.....	19
3.3. Différentes systèmes photovoltaïques	19
3.3.1. Systèmes photovoltaïques autonomes	19
3.3.2. Systèmes autonomes avec stockage	19
3.3.3. Systèmes photovoltaïques hybrides.....	21
3.3.4. Systèmes photovoltaïques connectés au réseau.....	22
Chapitre 4 « Etude d'un projet Photovoltaïque par
le logiciel PVsyst6 dans quelques.....	23
zones Algérienne ».....	23
4.1- Outil de calcul (logiciel PVsyst6)	24
4.1.2. Désignation du projet dans PVsyst	25
4.2. Étapes de calcul.....	25
4.2.1. Détermination des coordonnées géographiques	25
4.2.2. Trajectoire du soleil.....	Erreur ! Signet non défini.
CONCLUSION.....	33
Références	33
Résumé.....	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Coupe schématique du soleil .	2
Figure 2 : Carte de l'irradiation solaire en Algérie (mois de juillet)	4
Figure 3 : Le rayonnement solaire.	5
Figure 4 : Représentation schématique d'une cellule solaire .	7
Figure 5 : principe de fonctionnement	8
Figure 6: Structure de cellule solaire.	9
Figure 7: Les trois chercheurs américains	10
Figure 8: Extraction du silicium à partir de la silice	11
Figure 9: Lingot de silicium	12
Figure 10: Obtention des wafers photovoltaïques	12
Figure 11 Dopage de type N.	13
Figure 12 : Dopage de type P	13
Figure 13: Schéma fonctionnelle d'un système photovoltaïque	16
Figure 14: Structure d'un module photovoltaïque.	17
Figure 15: Batterie de 150 Ah/12V	18
Figure 16: Régulateur de charge	19
Figure 17: Système photovoltaïque avec stockage (avec ou sans conversion d'énergie).	20
Figure 18: Schéma principale un système hybride avec éolien.	21
Figure 19: Schéma principale un système hybride avec groupe électrogène.	22
Figure 20: Schéma principale un Systèmes photovoltaïques connectés au réseau.	23
Figure 21: Interface de logiciel PVsyst	24
Figure 22: Localisation des régions	26
Figure 23 : Trajectoire du soleil	26
Figure 24: Orientation et inclinaison du système PV	28
Figure 25: Schéma simplifié d'une installation PV autonome.	29
Figure 26: Besoins d'utilisateur de maison par le PVsyst.	29
Figure 27: Dimensionnement du module PV et l'onduleur	30
Figure 28: Dimensionnement des batteries	31
Figure 29: Energie incidente de référence sur le plan des panneaux	32

LISTE DESTABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques principales du soleil.	2
Tableau 2 : Potentiel solaire en Algérie.....	4

*Introduction
Générale*



Introduction générale

Introduction générale

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable qui utilise la lumière et la chaleur du soleil pour produire de l'électricité. Cette forme d'énergie propre et abondante est considérée comme l'une des solutions les plus prometteuses pour répondre aux besoins énergétiques mondiaux tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

L'utilisation de l'énergie solaire est devenue de plus en plus populaire ces dernières années, en particulier dans les pays en développement où l'accès à l'énergie est limité. Les panneaux solaires photovoltaïques, qui convertissent directement la lumière du soleil en électricité, sont largement utilisés pour générer de l'électricité à grande échelle, ainsi que pour les applications résidentielles et commerciales.

En plus d'être une source d'énergie propre et renouvelable, l'énergie solaire est également une source d'énergie décentralisée, ce qui signifie qu'elle peut être produite localement et utilisée directement sur place. Cela peut être particulièrement bénéfique dans les zones éloignées où l'accès au réseau électrique est limité.

Cependant, la production d'énergie solaire dépend de nombreux facteurs tels que la position géographique, l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires, ainsi que les conditions météorologiques locales.

Dans ce travail on a utilisé le logiciel PVsyst pour estimer la production d'énergie solaire dans quelques zones Algérienne pour déterminer les configurations de systèmes photovoltaïques les plus appropriées de notre étude.

Ce travail est traité dans quatre chapitres : Le premier chapitre commence par une définition de l'énergie solaire et une explication de principe de l'effet photovoltaïque ainsi que les différentes technologies des cellules photovoltaïques et par suite nous présentons le potentiel solaire en Algérie.

Le deuxième chapitre, une étude descriptive générale des cellules photovoltaïques est présentée, leurs types, leurs compositions.

Dans le troisième chapitre, nous présentons les systèmes photovoltaïques et leurs types. Dans le quatrième chapitre nous allons procéder au dimensionnement du système photovoltaïque par une simulation suivi par la consommation de logements type F3 à quelques zones.

Chapitre 1 « Le gisement Solaire »

Chapitre



1-1. RAPPEL HISTORIQUE

Depuis la préhistoire, le soleil a joué un rôle important dans le séchage des aliments et dans la récupération du sel par évaporation de l'eau des océans. Cela a conduit de nombreuses tribus préhistoriques à considérer le soleil comme un dieu. L'idée d'utiliser des panneaux solaires remonte à l'époque d'Archimède, vers 212 av. J.-C., lorsqu'il a développé une méthode utilisant un miroir en métal pour incinérer la flotte romaine. Au XVIIIe siècle, des fours solaires ont été construits pour fondre des métaux tels que le fer et le cuivre. Un exemple notable est le four conçu par le scientifique français Antoine Lavoisier, qui atteignait une température impressionnante de 1750°C. Au XIXe siècle, des tentatives ont été faites pour convertir l'énergie solaire en d'autres formes et pour alimenter des moteurs à vapeur en produisant de la vapeur à basse pression. En 1875, Mouchot a réalisé une avancée significative en concevant un collecteur solaire conique court. En 1901, A.G. Engas a installé un collecteur convergent de 10 mètres de diamètre dans une ferme en Californie pour alimenter un système de pompe à eau. Ces dernières décennies, de nombreux bâtiments ont été conçus avec des panneaux solaires pour chauffer un fluide qui alimente des équipements mécaniques. La production de chauffe-eau solaires a débuté dans les années 1950 et cette industrie s'est rapidement développée dans de nombreux pays. Étant donné que la pénurie d'eau a toujours été un problème majeur pour l'humanité, l'utilisation de l'énergie solaire pour dessaler l'eau de mer a été l'une des premières applications explorées. La distillation solaire thermique est pratiquée depuis longtemps, et Louis Pasteur a décrit l'utilisation de concentrateurs solaires dans ce processus en 1928. Il a développé un concentrateur qui focalisait les rayons du soleil sur une bouilloire en cuivre remplie d'eau. [1].

1-2. Énergie solaire

1.2.1- Le soleil

Le soleil est une étoile formée par la condensation d'un nuage interstellaire sous l'effet de la gravité. Ce nuage est principalement composé d'hydrogène, d'hélium, ainsi que de petites quantités de carbone, d'azote et d'autres éléments. L'énergie du soleil est produite par des réactions de fusion thermonucléaire, où les noyaux d'hydrogène (protons) se combinent pour former des noyaux d'hélium (composés de deux neutrons et deux protons). Cette énergie est émise par la surface du soleil, principalement sous forme d'ondes électromagnétiques. [2].

Tableau 1.1 : Caractéristiques principales du soleil.

Caractéristique	Valeur
Masse	$1.989 \cdot 10^{30}$ Kg
Diamètre	$1.392 \cdot 10^9$ m
Masse volumique moyenne	1410 Kg/m ³
Puissance rayonnée	$3.83 \cdot 10^{26}$ W
Température superficielle	5770 °K
Vitesse de déplacement	216 Kms ⁻¹

1-2-2. Structure du soleil

La structure du Soleil peut être divisée en plusieurs couches concentriques, représentées schématiquement dans la figure 2.2. On identifie quatre zones principales : le noyau, la photosphère, la chromosphère et la couronne.

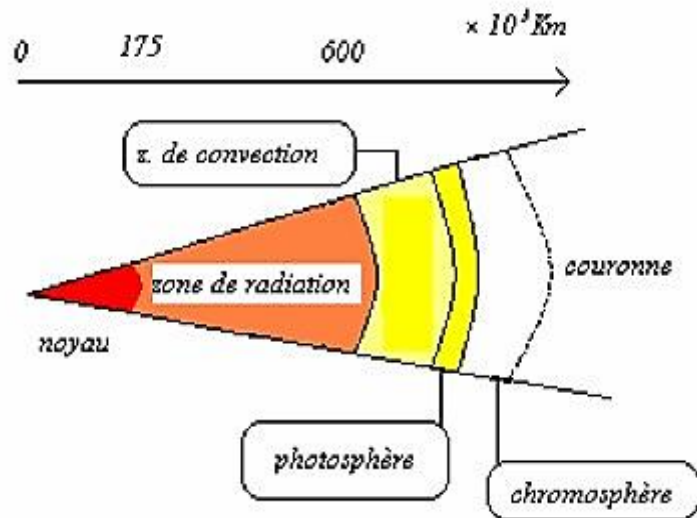


Figure 1: Coupe schématique du soleil [3].

Les réactions de fusion nucléaire ont lieu au centre du soleil libèrent de très grandes quantités d'énergie. Les propriétés clés du noyau assurent la réactivité.

Une densité très élevée (≈ 10 kg/m³), une température colossale de 15 millions de degrés Celsius et une pression de 2,1011bars. La densité diminue avec la distance jusqu'à un quart du rayon du soleil, soit environ 175,00km.

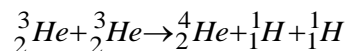
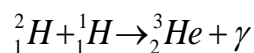
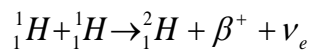
L'énergie générée se propage par diffusion radiative puis par convection turbulente jusqu'à la photosphère, d'où elle s'échappe dans l'espace sous forme de rayonnement électromagnétique.

1-3. Origine de l'énergie solaire

L'énergie solaire est générée par la fusion nucléaire de l'hydrogène en hélium dans le cœur de notre étoile. Les astrophysiciens ont proposé deux cycles pour décrire les étapes conduisant à cette fusion.

1-3.1 Le cycle Proton –Proton

Le cycle proton -proton fournit 90% de l'énergie solaire. Les réactions nucléaires régissant ce cycle sont données par les équations suivantes [4,5].



La notation (${}^1_1\text{H}$) représente le noyau de l'atome d'hydrogène 1, c'est-à-dire un proton.

Il y a émission de positrons β^+ (rayonnement bêta), de neutrinos ν_e et de photons γ (rayonnement électromagnétique).

1-4. Potentiel de l'énergie solaire

1-4.1 Potentiel de l'énergie solaire au monde

Irradiation solaire annuelle sur l'ensemble de la planète au niveau de la mer (754 millions de TWh) représente plus de 5 000 fois l'énergie que nous consommons en 2004 (environ 12 Gtep ou 139 000 TWh [4]). Sur le long terme - environ 50 ans - le potentiel extractible des différentes sources d'énergie renouvelable pourrait en pratique couvrir la consommation mondiale actuelle : la photosynthèse au premier chef avec 6 Gtep (70 000 TWh), puis le vent avec 1,7 Gtep (20 000 TWh), la grande hydraulique 14 à 20 000 TWh, dont le potentiel théorique mondial est d'environ 40 000 TWh, le solaire installé sur les toits des bâtiments industriels, commerciaux, tertiaires et domestique 0.25 Gtep (2 900 TWh), et la géothermie des couches profondes 0.2 Gtep (2 300 TWh) [6]

1.4.2- Potentiel solaire en Algérie

L'Algérie dispose de vastes gisements solaires. Les régions du pays bénéficient d'un ensoleillement important, avec plus de 2000 heures d'ensoleillement par an, atteignant même 3900 heures dans les hauts plateaux et le Sahara. L'énergie reçue quotidiennement sur un plan horizontal est d'environ 5 kWh/m² dans la majeure partie du territoire national. Cela

1.5. Rayonnement solaire

Le soleil obtient son énergie à partir de réactions thermonucléaires qui se produisent dans son noyau. L'énergie émise par le soleil se présente sous forme d'ondes électromagnétiques, qui ensemble constituent le rayonnement solaire.

Lorsque le rayonnement solaire traverse l'atmosphère, il subit des transformations résultant de l'absorption et de la diffusion. Ces processus comprennent notamment : [11].

1.5.1. Le rayonnement direct

Les rayons du soleil atteignent le sol sans subir de modification significative (c'est-à-dire sans diffusion par l'atmosphère). Les rayons solaires conservent leur direction initiale et se déplacent de manière parallèle entre eux.

1.5.2. Le rayonnement diffuse

En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire rencontre des obstacles tels que les nuages, la poussière, etc. Ces obstacles ont pour effet de repartir un faisceau parallèle en une multitude de faisceaux dans toutes les directions.

1.5.3. Le rayonnement réfléchi

C'est le résultat de la réflexion des rayons lumineux sur une surface réfléchissante par exemple : la neige ; cette réflexion dépend de l'albédo (pouvoir réfléchissant) de la surface concernée.

Le rayonnement global est tout simplement la somme de ces diverses contributions comme le montre la figure suivante : [11]

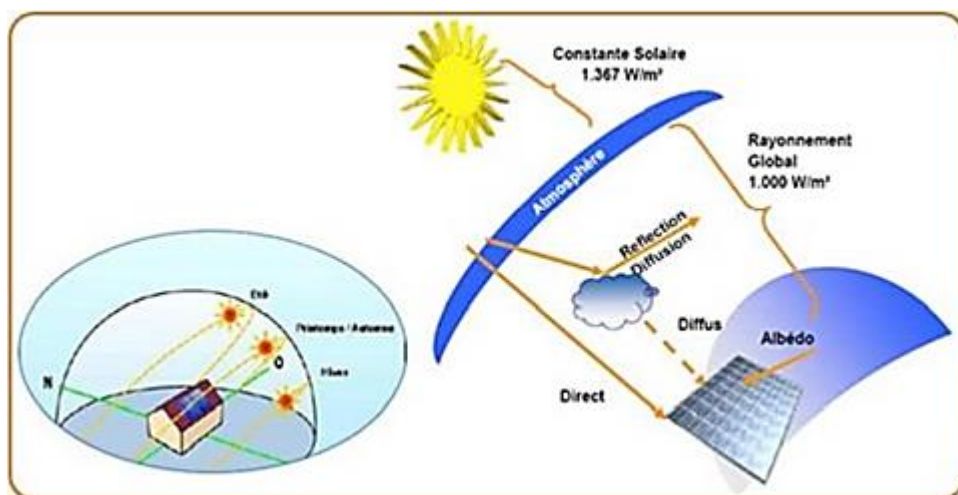


Figure 3 : Le rayonnement solaire.

1-6. Influence des couches atmosphériques

Lors de la traversée de l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé. Au sol, on distingue plusieurs composantes, il subit diverses influences.

1.6.1 Diffusion

Le phénomène de diffusion apparaît lorsque le rayonnement traverse des poussières de faible dimension, des molécules de diamètres inférieures à 0,1.103 nm ainsi que des particules de plus grandes dimensions telles que les gouttelettes de nuages. Diffusion par les molécules composant les gaz atmosphériques (diffusion de Rayleigh, Mie). Elle affecte les courtes longueurs d'onde du spectre solaire, ce qui explique la couleur bleue du ciel.

1.6.2 Absorption

Le phénomène de l'absorption intervient lorsque le rayonnement traverse une couche gazeuse, absorbé par les gaz atmosphériques (oxygène, O₃) dans le domaine des courtes longueurs d'ondes (vapeur d'eau...) et dans celui des grandes longueurs d'onde (gaz carbonique...).

L'absorption de l'énergie dépend de :

- L'épaisseur de la couche traversée.
- La composition de la masse gazeuse.

1.7-Effet photovoltaïque

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 arrachés. 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. [12].

1.7.1-Principe de fonctionnement

Le phénomène photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet une conversion directe de l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité.

Cela se réalise grâce à la production et au transport de charges électriques positives et négatives dans un matériau semi-conducteur, sous l'effet de la lumière. Ce matériau se compose de deux parties : l'une avec un excès d'électrons (dopée de type n) et l'autre avec un déficit en électrons (dopée de type p). Lorsque ces deux parties sont en contact, les électrons en excès dans le matériau de type n se diffusent vers le matériau de type p. Par conséquent, la zone dopée n devient chargée positivement, tandis que la zone dopée p devient chargée négativement. Ainsi, un champ électrique est créé entre les deux zones, qui a pour effet de repousser les électrons vers la zone n et les "trous" (absence d'électrons) vers la zone p. Cela

conduit à la formation d'une jonction PN, essentielle pour le fonctionnement de la cellule solaire.[12]

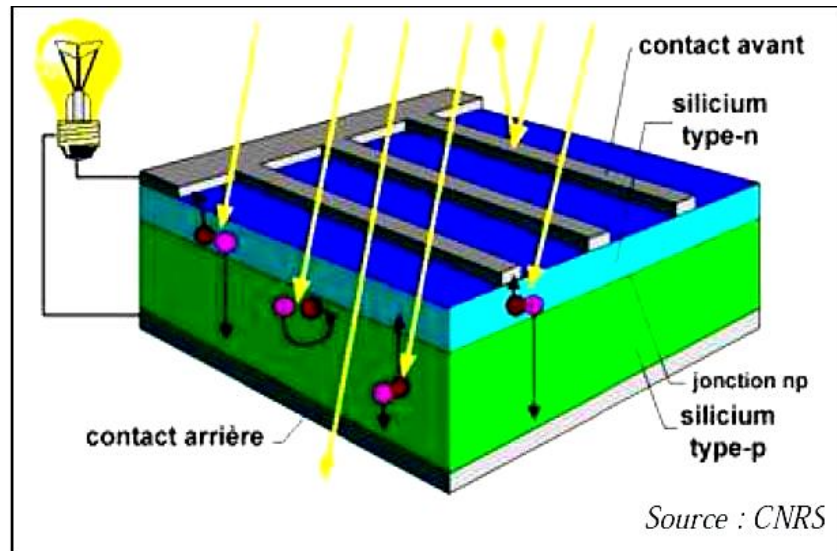


Figure 4 : Représentation schématique d'une cellule solaire [13].

Lorsqu'un matériau est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont " bombardés " par les photons constituant la lumière ; sous l'action de ce bombardement, les électrons des couches électroniques supérieures (appelés électrons des couches de valence) ont tendance à être " arrachés / décrochés " : si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau. L'énergie cinétique du photon est transformée en énergie thermique. Par contre, dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons " décrochés " créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique : c'est l'effet photovoltaïque [12].

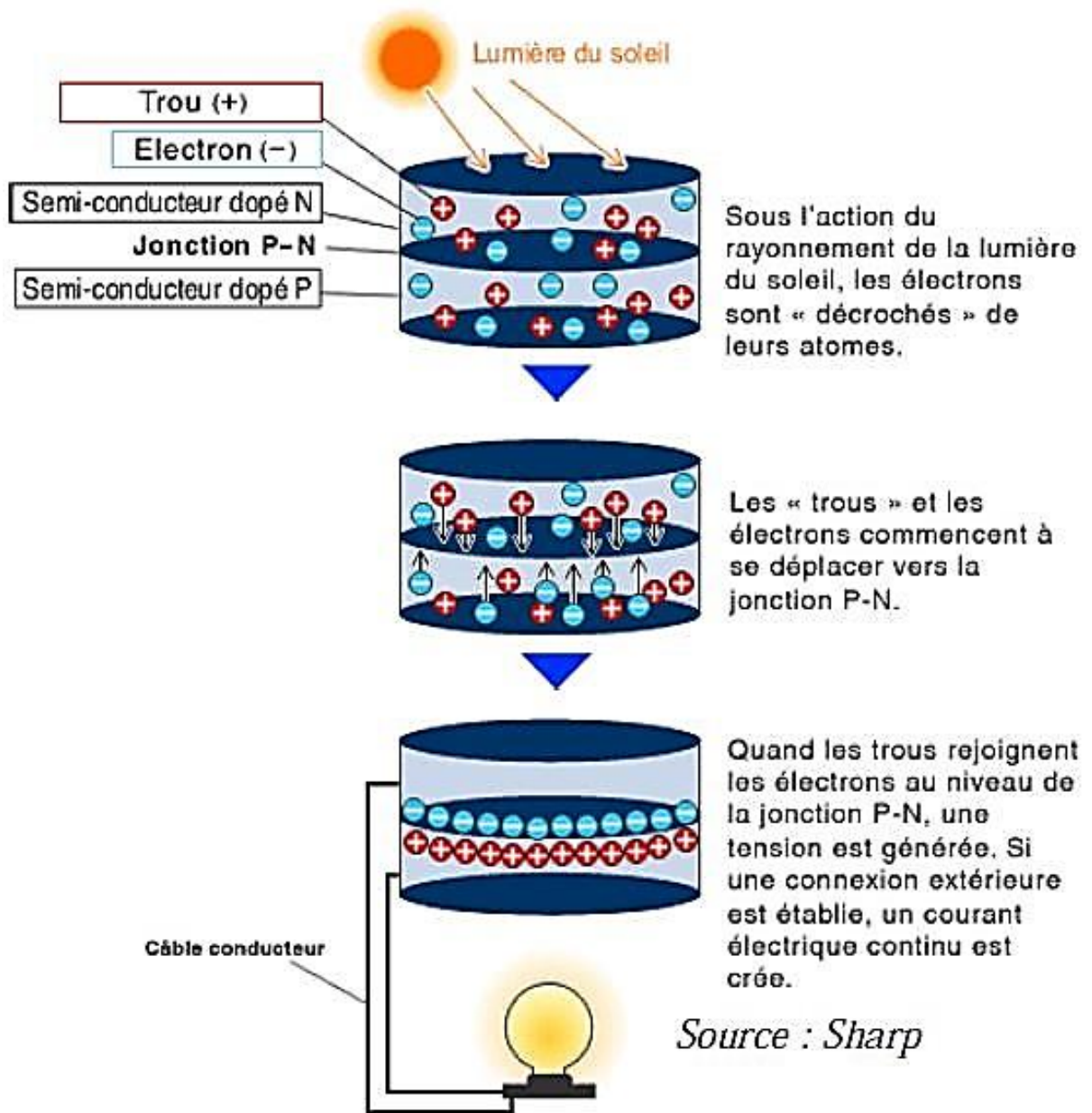
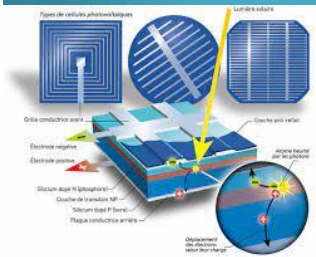
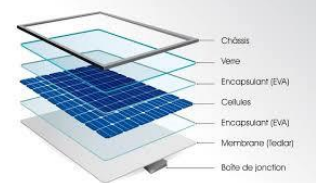


Figure 5 : Principe de fonctionnement [12].

Chapitre 2 « Fabrication des Cellules Photovoltaïques »

Chapitre II



2.1- Cellules photovoltaïques

2.1.1- Définition

La conception d'une cellule photovoltaïque repose sur l'utilisation de l'effet photovoltaïque, un phénomène physique qui génère une force électromotrice lorsqu'une surface de la cellule est exposée à la lumière. La tension produite par la cellule peut varier de 0,3 V à 0,7 V, selon divers facteurs tels que le matériau utilisé, sa configuration, la température de la cellule et son vieillissement. [14].

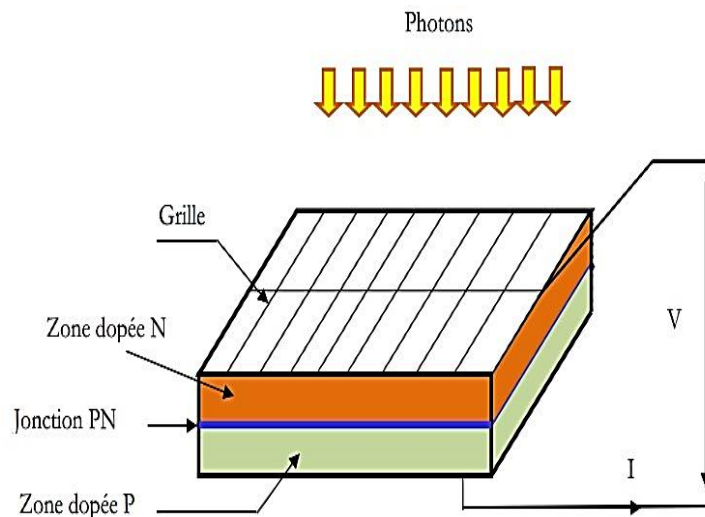


Figure 6: Structure de cellule solaire

2.1.2-Historique des cellules photovoltaïques

La conversion de la lumière en électricité, appelée effet photovoltaïque, a été découverte par E. Becquerel en 1839, mais il a fallu près d'un siècle aux scientifiques pour étudier et exploiter ce phénomène physique. L'utilisation de cellules solaires dans l'espace dans les années 1940. La recherche d'après-guerre a amélioré sa puissance et son ampleur, mais il a fallu attendre la crise énergétique des années 1970 pour que les gouvernements et l'industrie investissent dans la technologie photovoltaïque et ses applications au sol. Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque [15].

1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque.

1875 : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Mais jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène reste encore une curiosité de laboratoire.

1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.

1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.

1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.

1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie.

L'imageci-

dessousmontrelestroischercheursaméricainsquiontconstruitlepremier satelliteavec despanneaux solaires.



Figure 7: Les trois chercheurs américains

2.2- Fabrication des cellules photovoltaïques

2.2.1-La silice (matière première d'une cellule photovoltaïque)

Nous accordons une grande attention au processus de fabrication des polycristaux. L'acide silicique, également appelé dioxyde de silicium et représenté par la formule chimique SiO_2 , est un composé largement répandu dans la nature. Après l'oxygène, la silice est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre, constituant environ 25% de sa masse. L'acide silicique se présente sous forme de minéraux durs qui se trouvent en grande quantité à l'état naturel. [16]

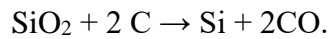
Les roches sédimentaires détritiques (sables, grès).

Les roches métamorphiques, (schistes, gneiss, quartzites), les roches métamorphiques sont formées par la recristallisation (et généralement la déformation) de roches sédimentaires ou de roches magmatiques sous l'action de la température et de la pression qui croissent avec la profondeur dans la croûte terrestre ou au contact d'autres roches.

2.2.2 Extraction et purification du silicium

a) Extraction du silicium à partir de la silice

Le silicium est un élément chimique de symbole Si. Il n'existe pas à l'état pur dans la nature. Le silicium est donc extrait de la silice (SiO_2) grâce à la réaction chimique simplifiée suivante :



Cette réaction se réalise dans un four à arc car elle nécessite de faire fondre la silice. La température du four peut atteindre $3\,000\text{ }^\circ\text{C}$ [16]. La puissance du four peut aller jusqu'à 30 MW, afin d'enclencher les réactions chimiques.

En réalité, la réaction de réduction de la silice en silicium résulte d'un grand nombre de réactions chimiques intermédiaires. La puissance du four peut aller jusqu'à 30 MW, afin d'enclencher les réactions chimiques.

Après cette opération, le silicium est obtenu sous forme liquide qui représente par la figure (2.4). Sa pureté est de 98 %. Il faut le purifier encore de plusieurs ordres de grandeur afin d'obtenir un matériau adéquat pour les applications photovoltaïques.

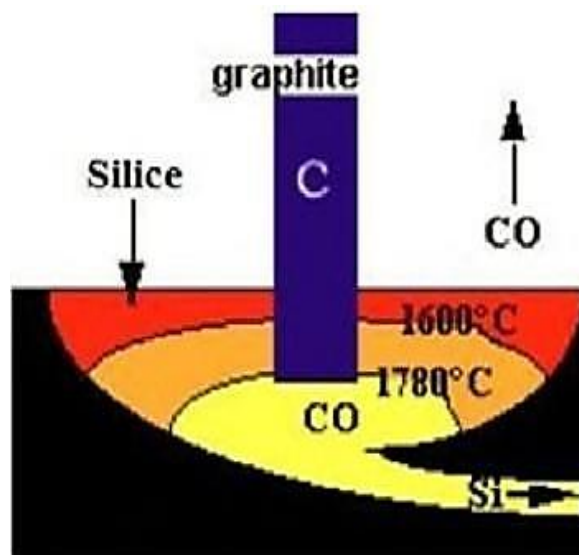


Figure 8: Extraction du silicium à partir de la silice

b) Purification du silicium

Il s'agit d'effectuer un nettoyage chimique en commençant par du silicium métallique. De nombreux procédés sont développés par divers fabricants mondiaux de silicium.

En fin de compte, le processus de nettoyage nettoie 99,99% du bloc de silicium.

2.2.3 Obtention des lingots de silicium

Une fois l'étape de purification terminée, une étape de cristallisation du silicium liquide suit. Le produit issu de cette étape est un lingot de silicium massif. Il existe deux principales méthodes de cristallisation. Le premier permet d'obtenir du silicium polycristallin (qui est constitué de plusieurs cristaux). La seconde permet d'obtenir du silicium monocristallin (composé d'un seul cristal) [16], comme montrée dans la figure (2.5).



Figure 9: Lingot de silicium

2.2.4. Obtention des wafers photovoltaïques

Le lingot de silicium cylindrique (silicium monocristallin) ou cubique (silicium polycristallin) obtenu à l'issue de l'étape de solidification est découpé en fines dalles de 200 microns d'épaisseur appelées « wafers » signifie « cake »). Les lingots sont découpés à l'aide d'une scie à fil. En raison de la faible épaisseur de tranche (300 μm), le principal problème lors de la coupe est la perte de coupe. Une solution technique pour minimiser ces pertes est une scie à fil. En fait, la perte de coupe typique (kerf) pour les scies à câble est de 200 μm à 240 μm , soit 55 % de perte en moins par rapport aux scies ID (perte de coupe de 310 μm à 350 μm) [15]. Par conséquent, en utilisant une scie à fil, 570 μm de silicium seraient nécessaires pour produire une tranche de 350 μm (voir Figure (2.6)). L'étape de sciage est un facteur clé dans la détermination du coût de production des cellules solaires.

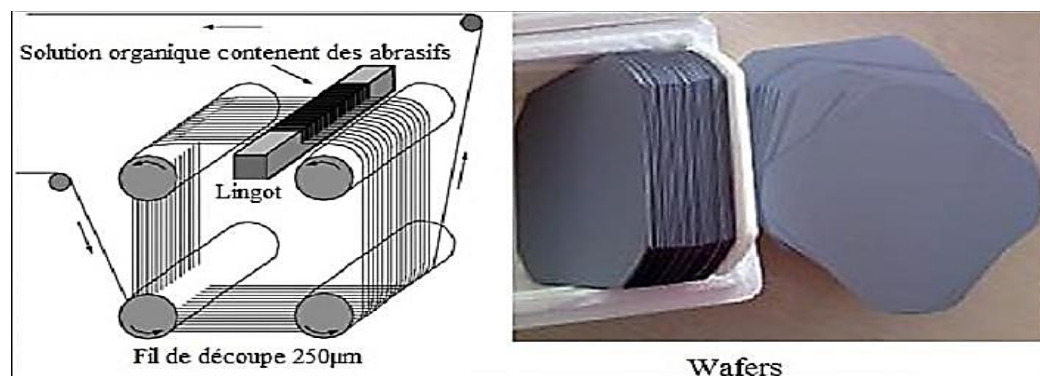


Figure 10: Obtention des wafers photovoltaïques

2.2.5 Dopage du silicium

Les tranches de silicium obtenues à l'issue de l'étape de sciage sont placées dans un four de croissance où se déroule l'étape de dopage, comme le montrent les deux figures (10) et (11).

Le dopage est un moyen d'obtenir une jonction PN. Elle consiste à introduire des impuretés dans le cristal intrinsèque pour modifier ses propriétés électriques. Un semi-conducteur dopé est appelé « semi-conducteur extrinsèque ».

Il existe deux types de dopage : le type N (Négatif) et le type P (Positif) [16].

2.2.5.1 Dopage de type N

Le dopage de type N consiste à ajouter des atomes de phosphore au sein de la structure cristalline du silicium. Le phosphore, qui a cinq électrons dans sa couche électronique externe, se lie à quatre atomes de silicium et libère un électron.

Cet ajout rend la structure cristalline globalement chargée négativement.

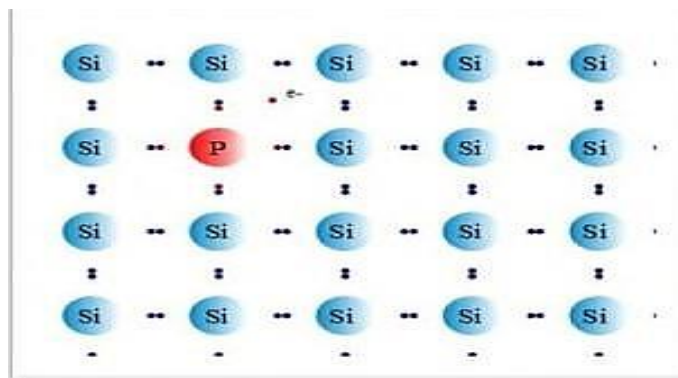


Figure 11 : Dopage de type N

2.2.5.2 Dopage de type P

Le dopage de type P consiste à ajouter des atomes de bore au sein de la structure cristalline du silicium. Le bore, qui a trois électrons dans sa couche d'électrons externe, se lie à quatre atomes de silicium, laissant des trous.

Cet ajout rend la structure cristalline globalement chargée positivement.

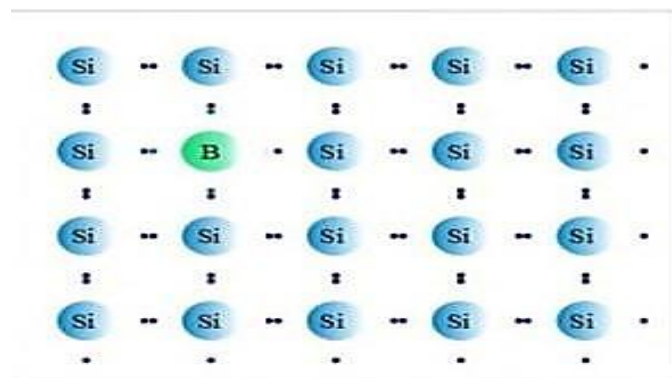


Figure 12 : Dopage de type P

2.2.6-Les différents types de cellules solaires

Actuellement, il existe trois principaux types de cellules solaires, chacun ayant son propre rendement et coût. Cependant, tous les types de cellules solaires ont un rendement relativement faible, allant de 8 à 23% de l'énergie qu'elles reçoivent.

a) Les cellules monocristallines

La fabrication de nombreux dispositifs commence par la production d'un matériau monocristallin d'une grande pureté. Par exemple, la fabrication de puces microélectroniques nécessite l'utilisation de substrats semi-conducteurs monocristallins tels que le silicium, le germanium ou l'arséniure de gallium [17,18]. Dans le cas du silicium, deux méthodes couramment utilisées sont la fusion de zone et le tirage en creuset (méthode de Czochralski) pour produire des lingots monocristallins de grande pureté, pouvant atteindre plusieurs mètres de longueur et un diamètre allant jusqu'à 300mm. Ces procédés permettent d'obtenir des rendements photovoltaïques élevés, dépassant les 15%.

b) Les cellules polycristallines

Leur conception étant plus facile, leur coût de fabrication est moins important. On peut réaliser d'un seul coup un lingot de grandes dimensions par refroidissement directionnel d'une masse de silicium en fusion. Le lingot obtenu est composé de plusieurs gros cristaux, séparés par des joints de grain. Ce matériau, moins homogène que le silicium monocristallin, a de ce fait un rendement énergétique légèrement moins de 13% dans le commerce, mais sa fabrication est plus facile. Ces lingots de silicium multicristallin doivent être eux aussi coupés en tranches de 200 à 400 mm, grâce cette fois-ci à une scie à fil.

c) Les cellules amorphes

Les cellules solaires à base de silicium amorphe ont un rendement relativement faible, allant de 8% à 10% sur le marché (et jusqu'à 13% en laboratoire). Cependant, elles présentent l'avantage de nécessiter des épaisseurs de silicium très réduites et d'avoir un coût relativement bas. Elles sont couramment utilisées dans de petits produits de consommation tels que des calculatrices solaires et des montres. Le silicium amorphe a une structure atomique désordonnée et non cristallisée, ce qui lui confère une apparence vitreuse. Cependant, il possède un coefficient d'absorption de la lumière environ 1000 fois supérieur à celui du silicium cristallin.

Une couche mince de 0,3 mm est donc suffisante pour absorber l'essentiel du spectre visible. Dans cette technologie, le silicium est produit directement sur une plaque de verre à partir du gaz silane SiH_4 . En fait, les plaques de verre sont placées dans une enceinte chauffée où l'on

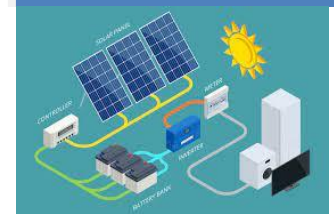
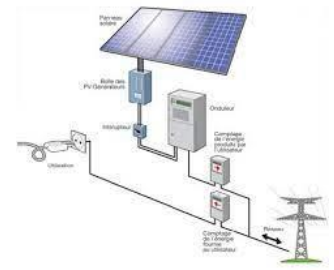
fait le vide, puis du silane est injecté et décomposé par une décharge radiofréquence ; le silicium libéré se dépose alors sur les plaques. La présence d'hydrogène est également nécessaire pour la qualité du matériau. L'adjonction des dopants est réalisée par ajout de gaz 3 PH ou 26 BH au silane Avec ce type de matériau peu coûteux par rapport aux autres formes de silicium. Le tableau 4.1 représente les rendements et le domaine d'application pour des différents types des cellules solaires.

Ainsi notre recherche de la performance maximale, nous a amenés à nous procurer des cellules monocristallines, qui ont le meilleur rendement dans les conditions réelles d'utilisation.

Types de silicium	Rendement En laboratoire	Rendement Commercial	Domaine d'application
Silicium monocristallin	24.7%	14.0-16.0%	Modules de grandes dimensions pour toits et façades, pour Appareils de faibles puissances pour l'espace (satellites)
Silicium polycristallin	19.8%	12.0-14.0%	Modules de grandes dimensions pour toits et façades ; pour générateurs de toutes tailles
Silicium amorphe	13.0%	6.0-8.0%	Modules de grandes dimensions pour intégration dans les bâtiments, pour appareils de faibles puissances

Chapitre 3 « Système photovoltaïque »

Chapitre III



3.1. Définition

Un système photovoltaïque, est constitué généralement d'un ou plusieurs modules solaires (champ PV), d'une charge à consommation, un système de stockage (Une ou plusieurs batteries), un système de régulation ainsi un système de conversion figure (3.1).

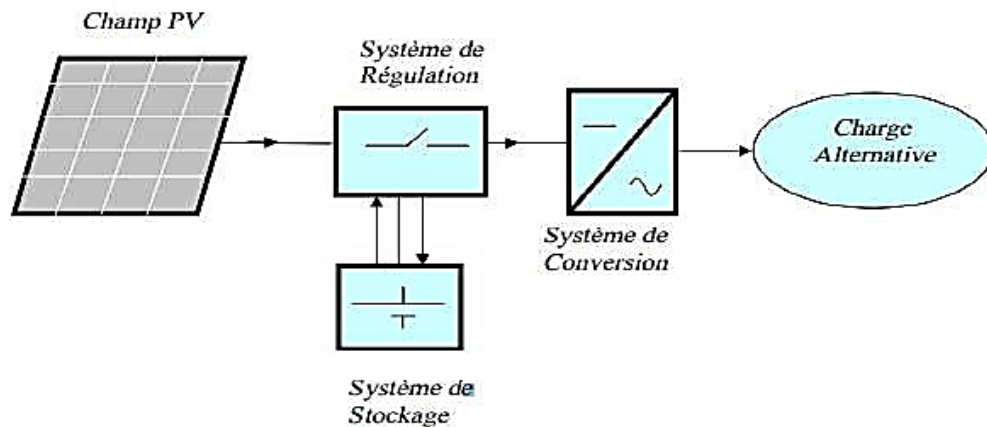


Figure 13: Schéma fonctionnelle d'un système photovoltaïque

3.2. Composants d'un système photovoltaïque

Afin de bien comprendre le fonctionnement d'un système photovoltaïque, il est utile d'analyser les principaux composants. Les éléments d'un système photovoltaïque dépendent de l'application considérée.

Il existe plusieurs composants d'un système photovoltaïque :

- Modules.
- Batteries.
- Régulateurs de charge.

3.2.1 Modules photovoltaïques

Un module photovoltaïque est un générateur électrique de courant continu lorsqu'il est exposé à la lumière. Le module photovoltaïque est constitué d'un cadre rigide le plus souvent en aluminium permettant la fixation et d'une vitre transparente en verre trempée sur le dessus.

A l'intérieur se trouve un ensemble de cellules photovoltaïques reliées électriquement entre elles. En effet ceux sont-elles qui génèrent le courant. Elles sont assemblées en série ou en parallèle à l'intérieur du module afin de cumuler leur puissance et de les rendre plus résistantes à l'environnement externe [19].

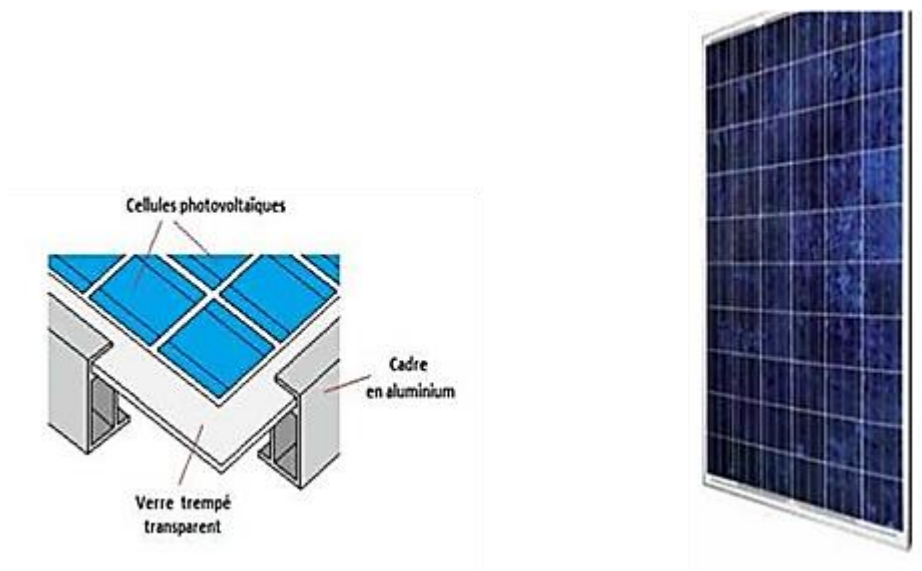


Figure 14: Structure d'un module photovoltaïque.

3.2.2 Stockage

Le stockage assure deux fonctions principales :

Il permet de satisfaire les besoins en énergie électrique malgré le caractère aléatoire et discontinu de l'énergie solaire (rythme jour/nuit, variation en fonction des heures du jour et des saisons).

Outre sa fonction de stockage d'énergie, il assure un rôle de tampon, entre la production et l'utilisation en fixant la tension du système. Celle-ci reste dans la zone de fonctionnement optimal (fonction d'adaptation d'impédance).

Les deux principaux types d'accumulateurs utilisables actuellement sont :

- Les accumulateurs au plomb.
- Les accumulateurs au cadmium-nickel (accumulateurs à électrolyte alcalin).
- Les accumulateurs au cadmium-nickel peuvent être utilisés pour des applications de puissance relativement faible.

Le coût élevé de ce type d'accumulateurs (par rapport aux accumulateurs au plomb) en limite l'utilisation pour les mini et micro-puissances. Le stockage est représenté par des batteries, disposées en série dont le nombre définirait la tension de fonctionnement et la capacité de stockage désirées.

La durée de vie des accumulateurs dépend en général de leur condition d'utilisation, pour ces deux types des batteries la durée de vie est de 10 à 15 ans, mais à une condition essentielle, c'est de maintenir leur état de charge supérieur à 50 %.

3.2.3 Batterie

Il existe trois grandes utilisations pour les accumulateurs :

- La batterie de démarrage.
- La batterie de traction.
- La batterie stationnaire.

Une batterie n'est pas seulement caractérisée par ses dimensions, son nombre d'éléments et sa capacité, mais doit répondre à différents critères :

- Durée de la décharge.
- Régime de décharge.
- Aptitude à la recharge.
- Température d'utilisation.
- Résistance mécanique.
- Fréquence des adjonctions d'eau distillée.
- Entretien.
- Durée de vie envisagée.

Il y a parfois contradiction dans les exigences, nécessitant alors un compromis ; c'est le cas de la batterie solaire à laquelle on demande des performances de batterie de traction et de batterie stationnaire :

- Batterie de traction, parce qu'on lui demande un cycle journalier de décharge (pas toujours suivi d'une recharge).
- Batterie stationnaire, parce qu'on lui demande de stocker une énergie et de la restituer en cas de coupure secteur, qui sera le non-enseulement. [19]



Figure 15: Batterie de 150 Ah/12V

3.2.4 Régulateur

Le régulateur assure deux fonctions principales :

La protection des batteries contre les surcharges et les décharges profondes. - L'optimisation du transfert d'énergie du générateur PV à l'utilisation.

3.2.5. Principe de son fonctionnement

La densité de l'électrolyte de la batterie est théoriquement un excellent indicateur d'état de charge, mais souvent cet indicateur ne prend sa valeur caractéristique que plusieurs jours après sa charge.

De plus, il faudrait agiter l'électrolyte pour faire une bonne mesure. Enfin, cette mesure est difficile à automatiser. Finalement l'indicateur utilisé est la tension aux bornes de la batterie. Cette grandeur est la seule facilement mesurable capable de donner une estimation de l'état de charge [20].



Figure 16: Régulateur de charge

3.3. Différents systèmes photovoltaïques

Le choix du mode d'utilisation d'un système solaire se fait selon des exigences imposées que ce soit technique, économique ou géométrique. Pour cela il existe principalement trois modes à savoir : Autonome, Hybride et raccordée au réseau.

3.3.1. Systèmes photovoltaïques autonomes

Ce sont les systèmes les plus simples puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux [21]. Le rôle des systèmes autonomes est d'alimenter un ou plusieurs consommateurs situés dans une zone isolée du réseau électrique [22].

3.3.2. Systèmes autonomes avec stockage

C'est la configuration la plus courante des systèmes photovoltaïques autonomes que les anglophones appellent Stand-Alone Systems [21]. La figure 3.6 présente un exemple d'un

système PV autonome, en remarquant qu'il y a un système de stockage qui est associé aux générateurs PV pour assurer l'alimentation à chaque instant et pendant plusieurs jours malgré l'intermittence de la production. Ce système est utilisé en tampon, celui-ci étant rechargé en cas de surplus de production et déchargé en cas de surconsommation. Le système de stockage représente une partie très importante du coût de l'installation, et ces conditions de fonctionnement sont très contraignantes. Par conséquent, des systèmes de gestion de l'énergie ont été développés afin d'optimiser la durée de vie du système de stockage et de réduire les coûts de fonctionnement. Un sous-dimensionnement a notamment pour conséquences un vieillissement prématuré du système de stockage ainsi qu'un accroissement des délestages de consommation et de production alors qu'un surdimensionnement peut conduire à un surcoût économique [22].

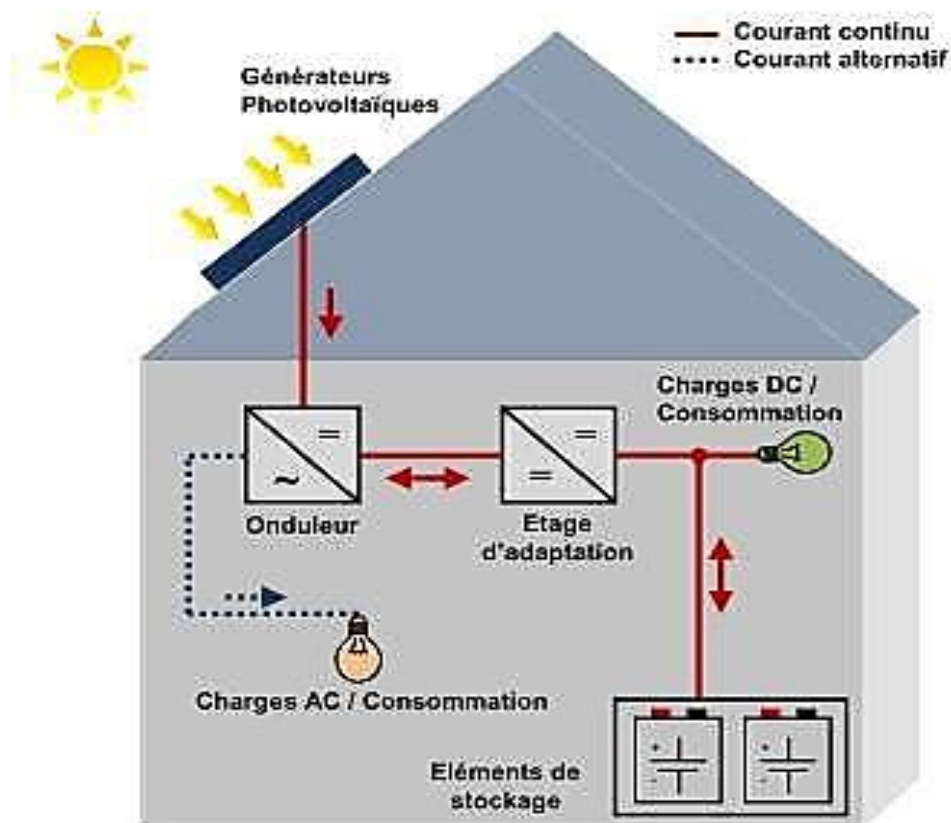


Figure 17: Système photovoltaïque avec stockage (avec ou sans conversion d'énergie).

3.3.3. Systèmes photovoltaïques hybrides

Les systèmes Hybrides sont généralement des systèmes PV couplés à d'autres sources comme par exemple une éolienne ou un groupe électrogène. Le rôle du second producteur d'énergie est de palier aux insuffisances éventuelles de la production photovoltaïque [23,22]. Dans le cas d'un système hybride avec éolien (voir la figure 18), l'énergie produite par celle-ci (qui possède son propre contrôleur) vient compléter la charge des batteries. Sa production étant plus aléatoire que celle des panneaux solaires, elle complète efficacement un générateur photovoltaïque pour des applications particulièrement gourmandes en électricité, qui ne nécessitent pas de fonctionner de façon régulière, mais au gré du vent [22].

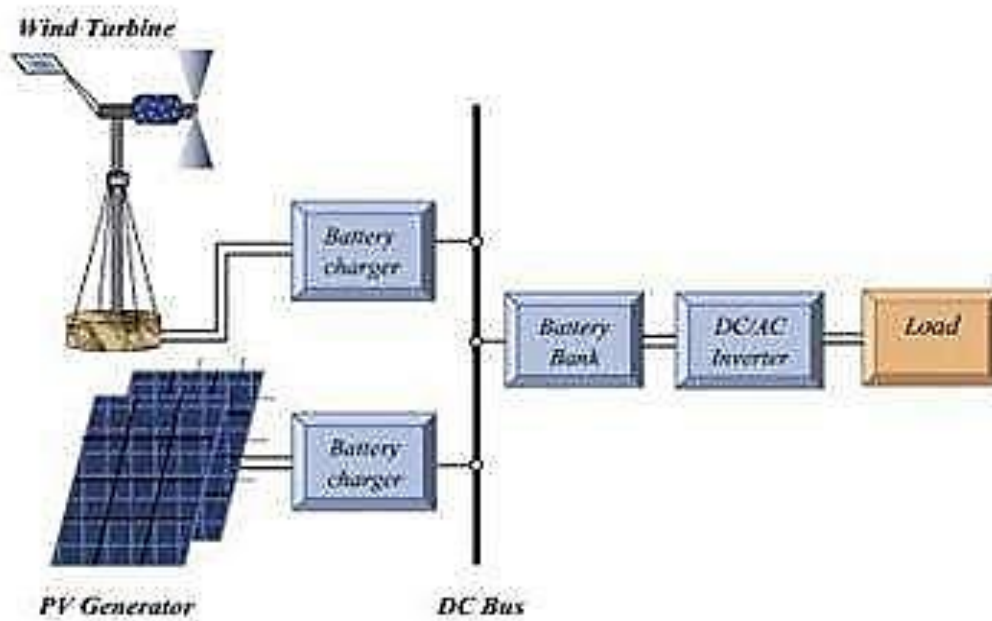


Figure 18: Schéma principale un système hybride avec éolien.

Le cas d'un système hybride avec groupe électrogène (voir la figure 19), est différent par rapport avec celui d'éolien. Ce type de configuration est adapté aux applications très consommatrices d'électricité mais qui ne fonctionnent qu'une, deux ou trois heures par jour.

Il peut aussi être utilisé comme "secours", permettant de limiter la taille du parc de batteries pour les jours "sans soleil". A son démarrage, le groupe électrogène devient une source principale afin de fournir pour tous les appareils dans la maison tout en complétant la charge des batteries au travers du convertisseur-chargeur. Lorsque le groupe s'arrêtera, le système basculera automatiquement sur les batteries [22].

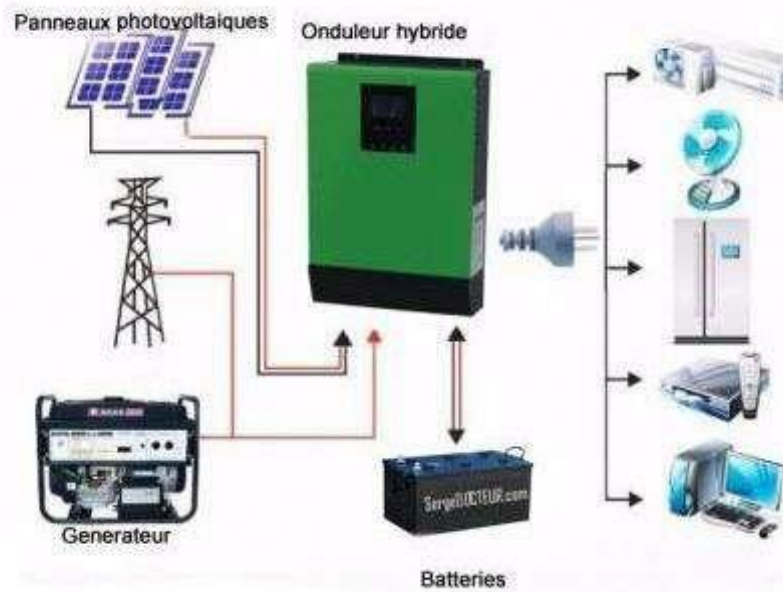


Figure 19: Schéma principale un système hybride avec groupe électrogène

3.3.4. Systèmes photovoltaïques connectés au réseau

La figure 19 représente un système PV connecté au réseau électrique, dont le rôle principal est de contribuer à la production d'électricité d'origine renouvelable sur le réseau. D'un point de vue de la physique, l'énergie produite par les panneaux est directement consommée par les charges locales de l'habitat.

L'éventuel surplus de production par rapport à la consommation instantanée est injecté sur le réseau. Et en cas de coupure réseau, l'onduleur stoppe l'injection d'électricité photovoltaïque produite sur le réseau et bascule la production sur un circuit électrique de secours parallèle, constitué d'un ensemble de batteries [22,24]. La protection de découplage permet de supprimer tout risque d'électrocution en cas de rupture de courant pour le personnel intervenant. Cette fonction est assurée par l'onduleur qui s'arrête automatiquement lorsque le réseau est mis hors tension. Le réseau est utilisé en appoint de la production PV. Actuellement, il est interdit d'utiliser un élément de stockage de l'énergie dans ce type de systèmes [22,24].

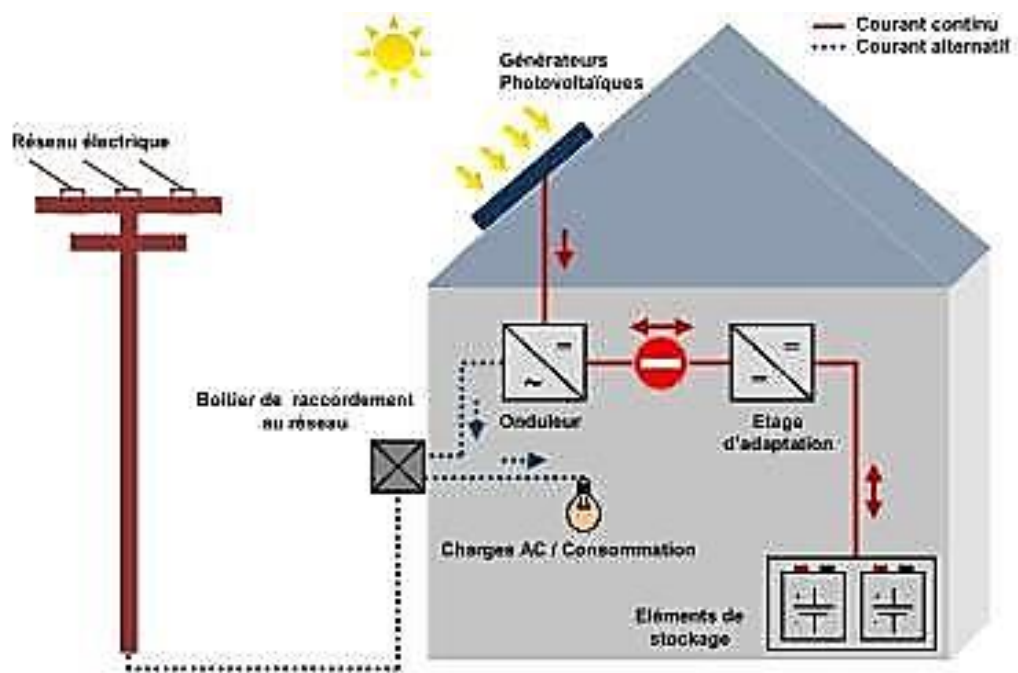


Figure 20: Schéma principale un Systèmes photovoltaïques connectés au réseau.

Chapitre 4 « Etude d'un projet Photovoltaïque par le logiciel PVsyst6 dans quelques zones Algérienne »

Chapitre IV



4.1- Outil de calcul (logiciel PVsyst6)

L'outil utilisé pour le calcul est le programme PVsyst est un logiciel de simulation de systèmes photovoltaïques, développé initialement par le Groupe de Physique Appliquée (GAP) de l'Université de Genève. Ce logiciel est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche économique avec guide dans le développement d'un projet [1].

Le PVsyst permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles.

On lance le logiciel PVsyst, l'interface suivante s'affiche :



Figure 21: Interface de logiciel PVsyst

Le PVsyst peut être utilisé pour évaluer facilement la production énergétique, le coût du projet d'installation photovoltaïque pour trois applications de base [2] :

- a- En réseau électrique,
- b- Hors réseau,
- c- Le pompage de l'eau.

Pour les applications en réseau, le modèle peut être utilisé pour évaluer les projets raccordés à un réseau isolé ou à un réseau central d'électricité. Et pour les applications hors réseau, le modèle peut être utilisé pour évaluer les systèmes autonomes (PV-batteries) et hybrides (PV-batteries-groupe électrogène). Pour les applications de pompage de l'eau, le modèle peut être utilisé pour évaluer des projets PV-système de pompage.

4.1.2. Désignation du projet dans PVsyst

Pour un projet donné, on peut construire plusieurs variations de notre système [3]:

- Orientation
- Système
- Pertes
- Simulation
- Résultats
- Analyse des coûts.

4.2. Étapes de calcul

4.2.1. Détermination des coordonnées géographiques

On utilise spécifiquement la fenêtre de sites géographiques dans le PVsyst, et à l'aide des coordonnées géographiques, nous avons choisis des sites dans diverses régions algériens : Nord, Sud, Ouest et Est du territoire algérien. Ces sites sont respectivement : Alger, Ain Bessem, Constantine, Oran, Djelfa, Mascara et Tamanrasset.

On peut déterminer les coordonnées géographiques des régions grâce au carte suivante :



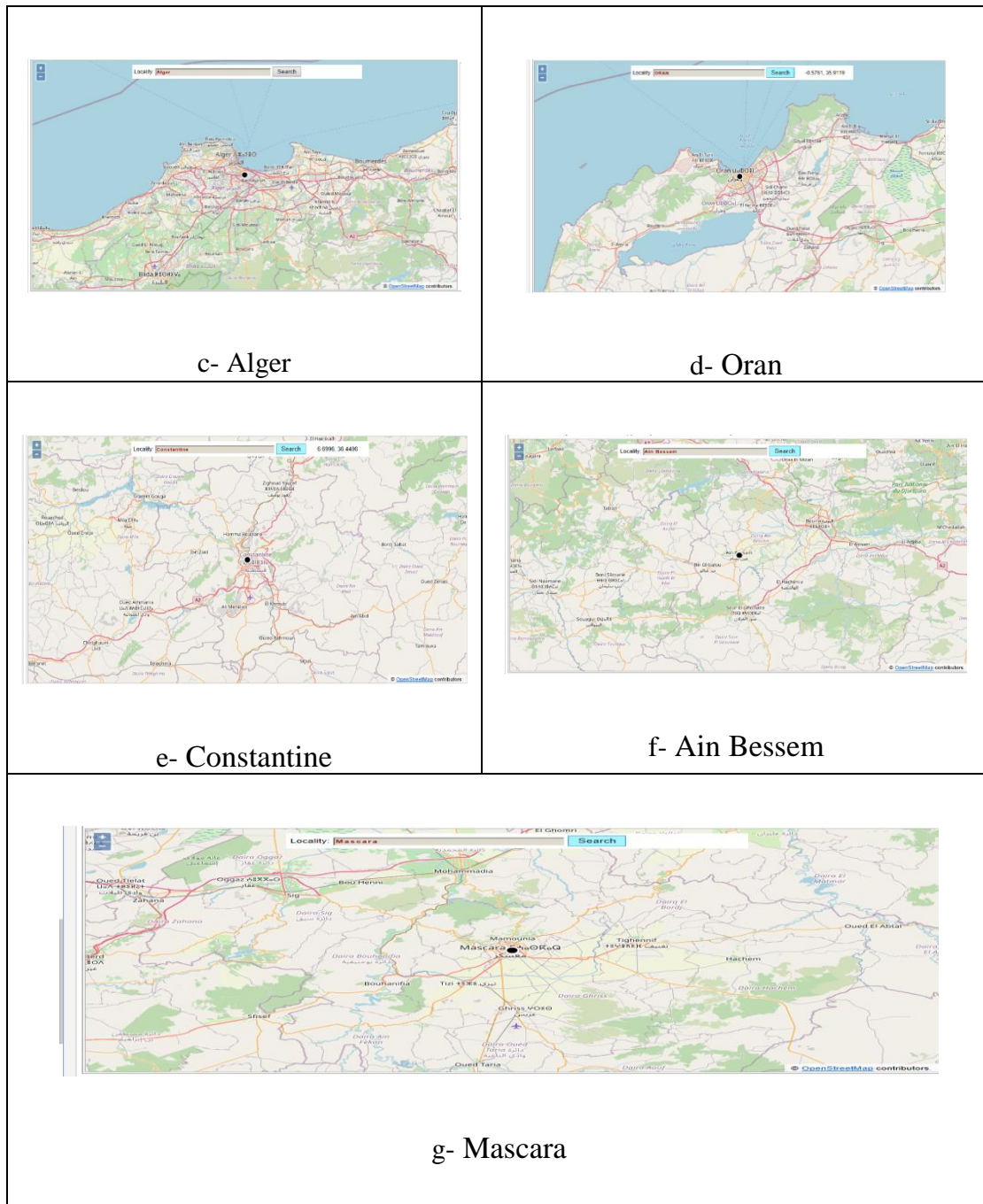


Figure 22: Localisation des régions

4.2.2. Trajectoire du soleil

La connaissance du mouvement apparent du soleil pour un point donné de la surface terrestre est nécessaire pour toute application solaire. La position du soleil est définie par deux angles : sa hauteur HS (angle entre le soleil et le plan horizontal du lieu) et son Azimut AZ (angle avec la direction du Sud, compté négativement vers l'Est). Nous représentons sur la figure 4.3 les différentes trajectoires de nos sites.

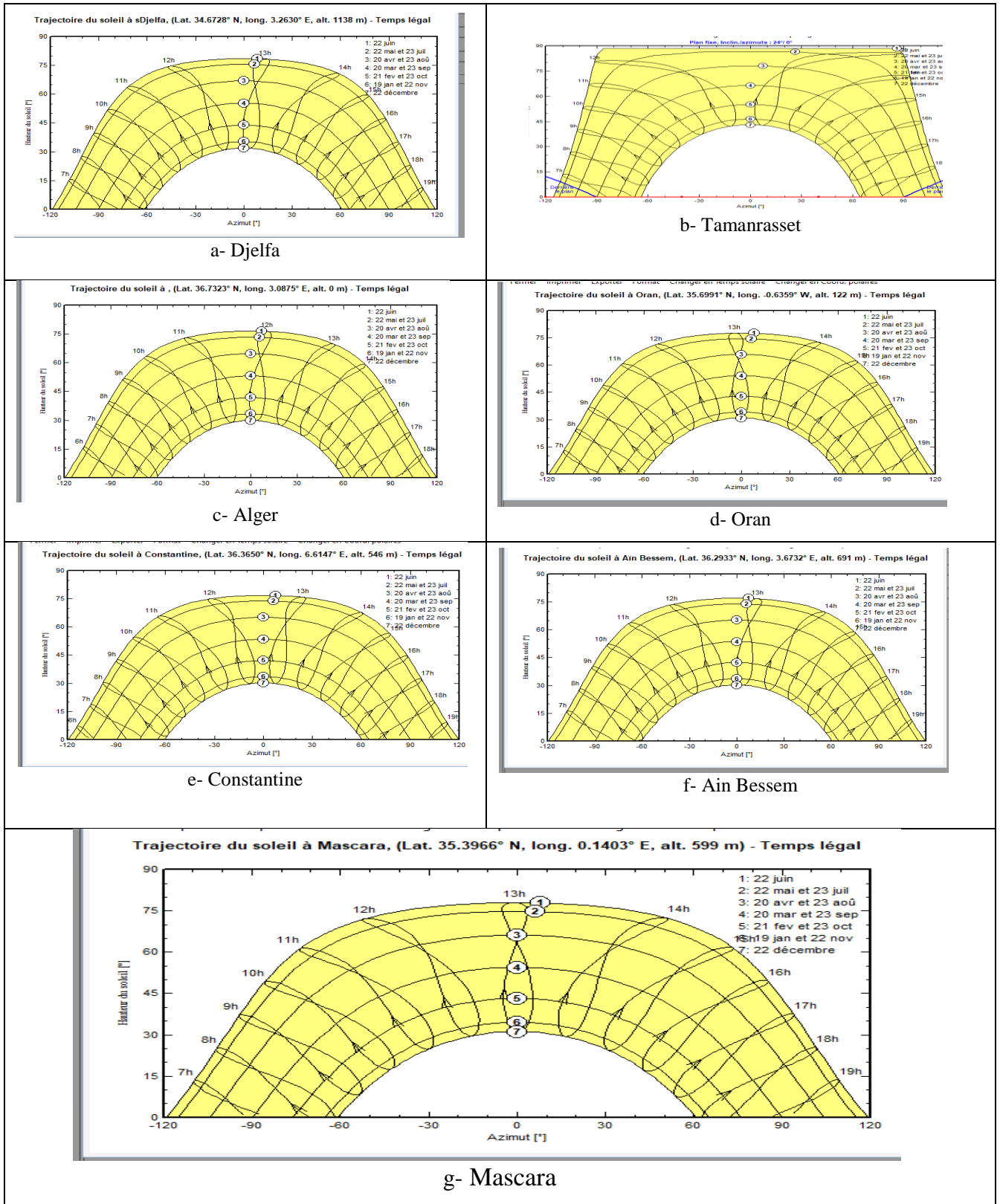


Figure 23: Trajectoire du soleil

4.2.3-Orientation et inclinaison du système PV

Il est nécessaire de choisir des orientations et inclinaisons favorables à la production d'énergie. Nous avons choisi un plan incliné fixe par rapport à l'horizontale comme illustre la figure (4.4) c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST.

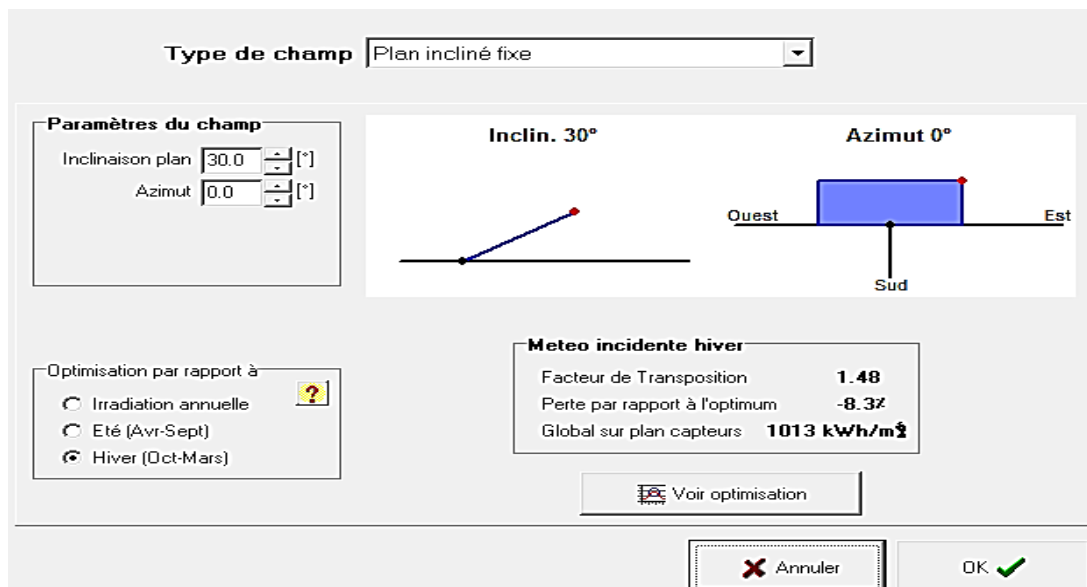


Figure 23: Orientation et inclinaison du système PV

4.2.4-Schéma de l'installation PV

La figure 25 représente le schéma de l'installation PV autonome prise en compte dans la simulation

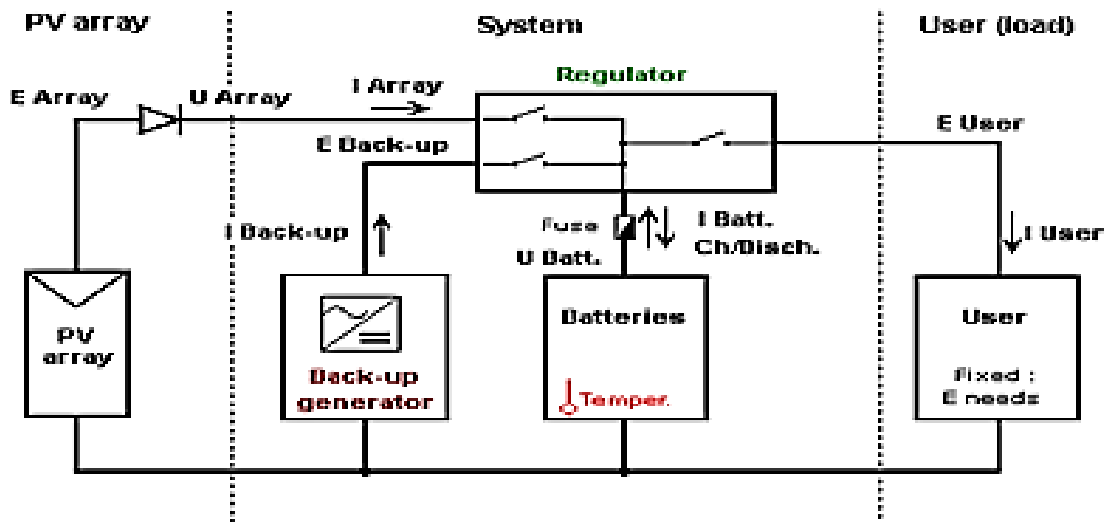


Figure 24: Schéma simplifié d'une installation PV autonome

4.2.5 Logement Type

Le logement choisi pour faire l'objet d'une étude estimative est un logement de type F3 occupé par une famille constituée d'un couple et trois enfants. Dans le tableau 4.6, nous présentons l'estimation des besoins énergétiques journaliers en Wh/j pour les Sept régions.

Nombre	Appareil	Puissance	UTIL. journ.	Distrib. horaire	Daily energy
10	Lamps (LED or fluo)	10 W/lampe	5.0 h/jour	OK	500 Wh
4	TV / PC / Mobile	20 W/app	5.0 h/jour	OK	400 Wh
1	Domestic appliances	100 W/app	4.0 h/jour	OK	400 Wh
2	Fridge / Deep-freeze	0.80 kWh/jour	24.0 h/jour	OK	1598 Wh
1	Dish- & Cloth-washers	1000.0 W moy.	2.0 h/jour	OK	2000 Wh
1	Ventilation	100 W/app	24.0 h/jour	OK	2400 Wh
1	Air conditioning	1000 W/app	3.0 h/jour	OK	3000 Wh
	Consomm. de veille	6 W tot	24 h/jour		144 Wh
Energie journalière totale					10442 Wh/jour
Energie mensuelle					313.3 kWh/mois

Définition consommation par : Années, Saisons, Mois
 Utilis. Week-end ou semaine : Utilisation seulement pendant, jours dans la semaine

Figure 25: Besoins d'utilisateur de maison par le PVsyst

En conséquence pour besoins d'utilisateur de maison, nous avons besoin de disponibilité énergétique pendant un jour : 10442 Wh/jour et 313.3 kWh pour le mois.

4.3. Résultats de simulation

4.3.1 Dimensionnement du système PV et choix d'onduleur

Nous devons estimer le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaires et l'onduleur, où les résultats obtenus sont mentionnés sur la figure 27.

The screenshot displays the PVsyst6 software interface for PV system dimensioning. Key sections and values are as follows:

- System Requirements:** Besoins jour. moyens: 10.4 kWh/jour; Déf. la PLOL acceptable: 5.0%; Autonomie requise: 2.9 jours; Tension batterie: 24 V; Capacité conseillée: 1484 Ah; Puissance PV conseillée: 2007 Wc (nom.).
- PV Field Orientation:** Nom: Champ PV; Orient.: Plan incliné fixe; Inclinaison: 24°; Azimut: 0°.
- Module Selection:** Tri modules par: Puissance; Selection: 150 Wp 15V Si-poly; Poly 150 Wp 36 cells; Depuis 20: Depuis 20:; Nbre modules maximum: 15; Dimens. des tensions: Vmpp (60°C): 15.3 V; Vco (-10°C): 24.9 V.
- Inverter Configuration:** Régulateur universel; Courants max. de charge - décharge: DCDC 1000 W 12 V 41 A 181 A; Universal controller with DCDC convt.
- PV Field Design:** Nbre modules: 3; Surface: 3 m²; Cond. de fonctionnement: Vmpp (60°C): 15 V; Vmpp (20°C): 18 V; Vco (-10°C): 25 V; Irradiance plan: 1000 W/m²; Impp (60°C): 25.2 A; Isc (60°C): 27.4 A; Isc (aux STC): 27.2 A; Puiss. max. en fonctionnement (à irradi. max. et 50°C): 405 W; Puiss. nom. champ (STC): 450 Wc.

Figure 26: Dimensionnement du module PV et l'onduleur

Comme illustré sur la figure, dans notre étude, le champ PV sera constitué de 3 de modules de 12 panneaux (Technologie Si - poly cristallin, 150 W / 15 V) répartis sur une surface de 15m² et un onduleur MPPT 300W/12V/139A.

4.3.2 Nombre des batteries

On a choisi des batteries de type Pb-Sealed Gel 12V/167Ah sous une température fixe 20C° : 9 en parallèle et en 2 série (voir la fig. 278).

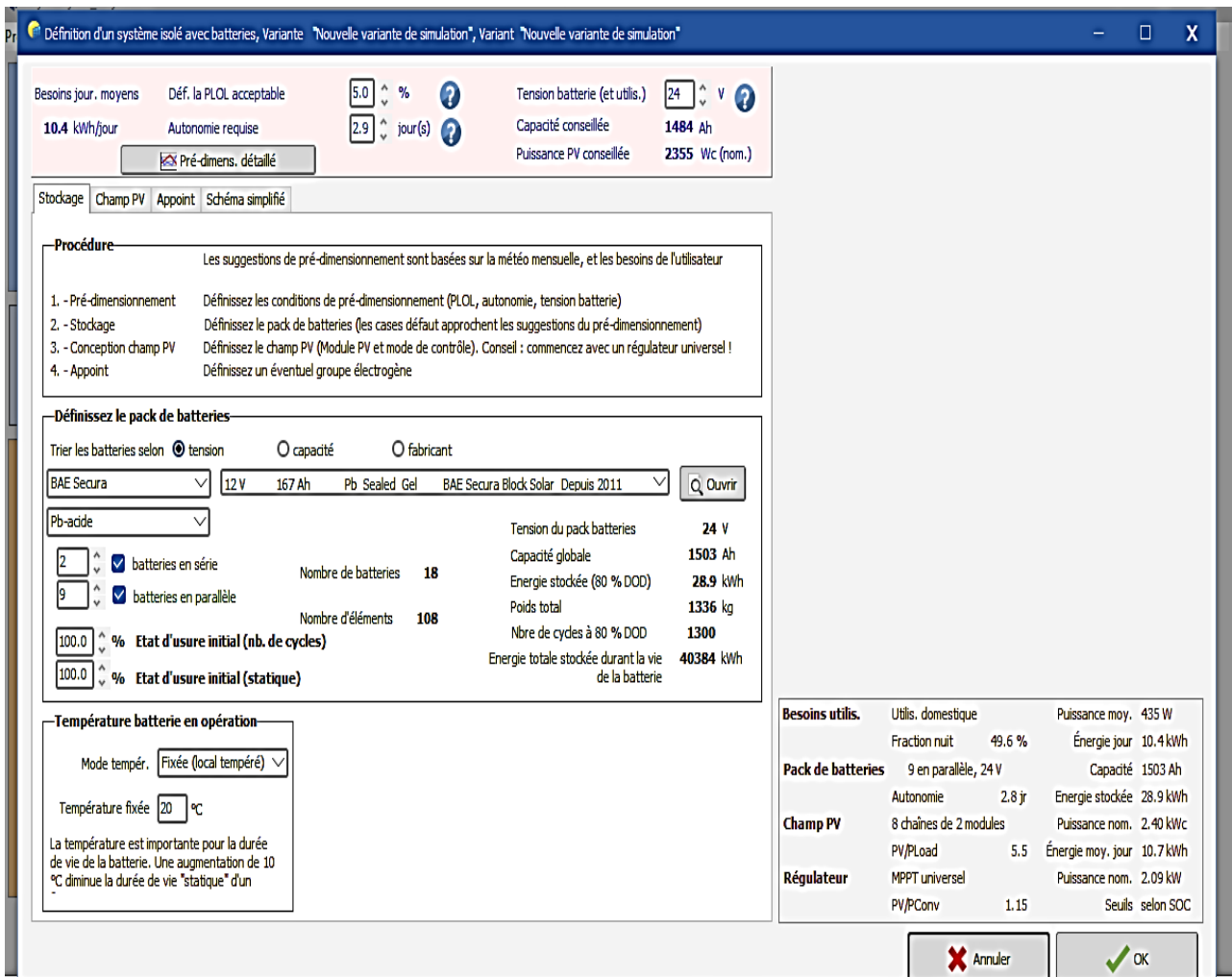


Figure 27: Dimensionnement des batteries

4.3.3. Energie solaire incidente

Les énergies incidentes sur les panneaux dans les sept régions sont représentées respectivement dans la figure 29.

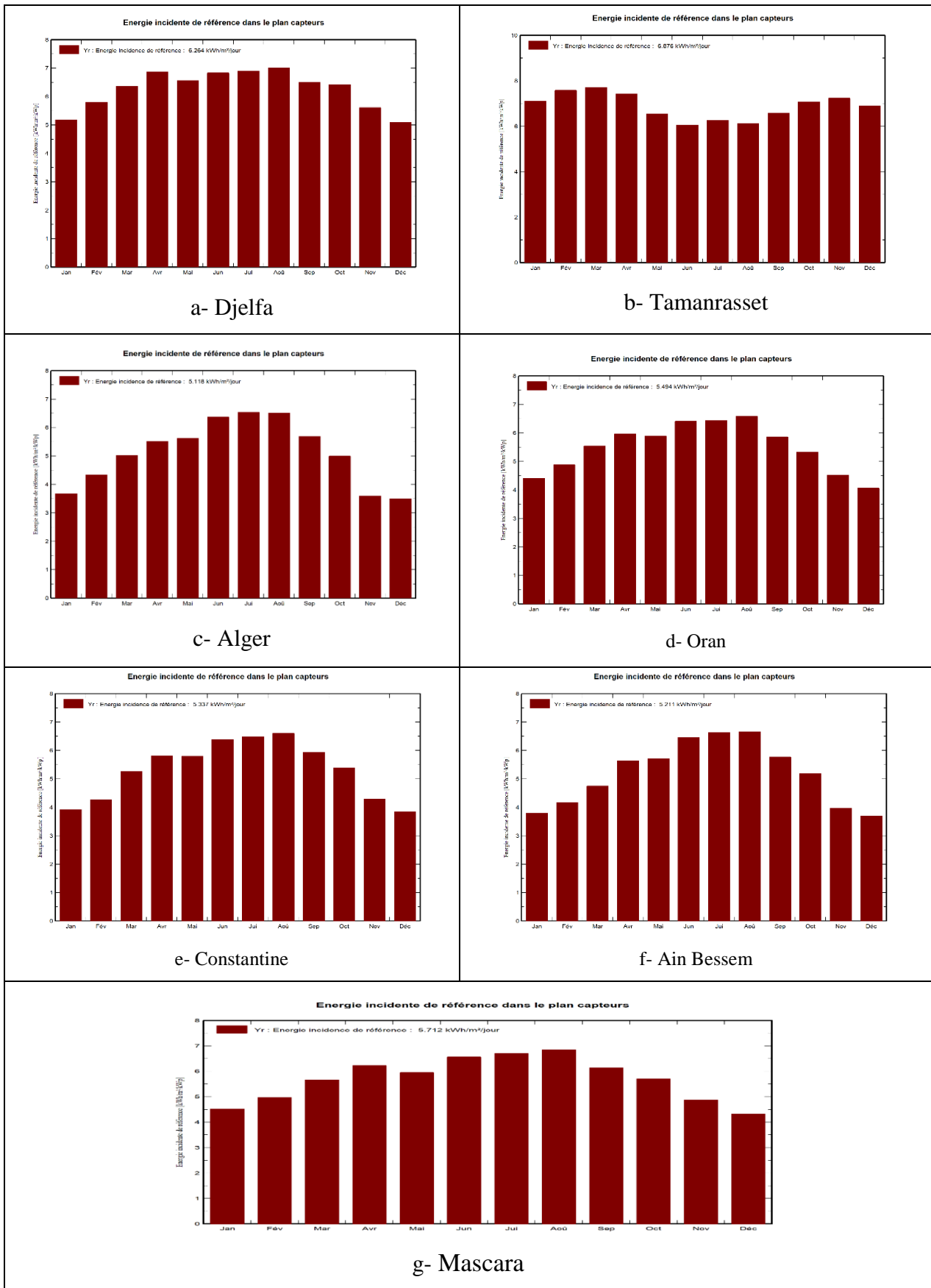


Figure 28: Energie incidente de référence sur le plan des panneaux

4.3.4. Energie solaire disponible

La figure 30 montre les résultats obtenus de l'énergie disponible estimée par le PVsyst des sept sites choisis dans notre étude.

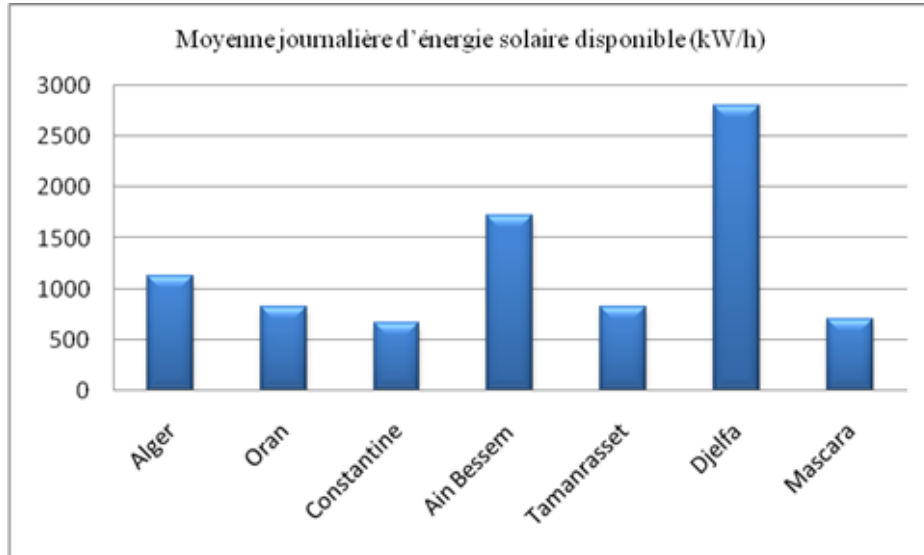


Figure 30: Moyenne journalière d'énergie solaire disponible (KW/h)

La valeur maximale d'énergie solaire disponible est obtenue à Djelfa de 2803 kW/h.

4.3.5. Energie solaire produite pour la consommation

Dans la figure 31 on représente l'énergie solaire produite pour l'utilisation des sept sites choisis dans notre étude.

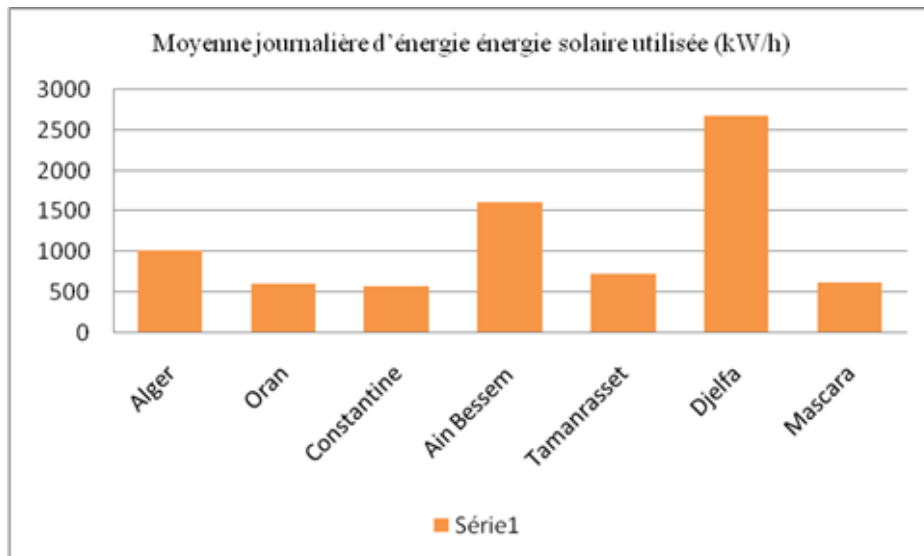


Figure 30: Moyenne journalière d'énergie solaire utilisée (KW/h)

Nous remarquons une adéquation entre l'énergie disponible (fig.30) et la quantité d'énergie consommée.

Conclusion



Conclusion

CONCLUSION

Le soleil est une source d'énergie renouvelable, inépuisable, propre et suffisamment disponible en Algérie pour des applications rentables.

L'étude sur le potentiel énergétique solaire en Algérie fait apparaître un potentiel considérable pour l'utilisation et l'exploitation de cette forme d'énergie. En effet, l'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m^2 est de l'ordre de 5 KWh sur la quasi-totalité du territoire national, la durée d'insolation quant à elle dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures sur les hauts plateaux et le Sahara.

Un système PV est un système générateur d'électricité pour répondre des besoins énergétiques.

Ce système se compose de plusieurs éléments principalement les modules PV qui représentent le champ de captage des rayons solaires, les batteries qui constituent le champ de stockage de l'énergie produite par les modules, le régulateur qui protège la batterie contre la surcharge ou la décharge profonde, l'onduleur qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif et les files électriques assurent la connexion entre différents composants du système.

L'importance de notre travail repose sur la nécessité de l'estimation de l'énergie solaire disponible par le soleil et la puissance électrique consommée produite par des panneaux solaires.

Dans ce sens nous avons fait une étude estimative sur quelques sites algériens (Alger, Ain-Bessam, Constantine, Djelfa, Mascara, Oran et Tamanrasset).

Les résultats d'estimation de la puissance journalière moyenne fournie par PVsyst pour : Alger, Oran, Constantine, Ain Bessem, Tamanrasset, Djelfa et Mascara sont respectivement : 1127.9, 828.53, 667.28, 1719.3, 828.53, 2803 et 706,93 KWh.

Pour une famille constituée d'un couple et trois enfants d'habiter dans logement de type F3 occupé par une famille constituée d'un couple et trois enfants Nous avons besoin de disponibilité énergétique pendant un jour de 10442 Wh/jour et 313.3 kWh pour le mois.

Finalement, on peut dire que les systèmes PV autonomes peuvent jouer un rôle très important en apportant une solution réellement économique pour couvrir des besoins énergétiques.

Références

Références



Références

- [1] ABABSA DALILA optimisation du rendement d'un capteur solaire par minimisation des pertes convectives université de EL-HADJ LAKHDAR-BATNA
- [2] A. Labourte, M. Villog, Série Environnement et sécurité : « Énergie Solaire Photovoltaïque », 4^{ème} édition Technique et Ingénierie, (2009).
- [3] <http://www2.cnrs.fr/presse/thema/340.htm>
- [4] J. Bernard, Energie solaire; Calcul et Optimisation. *Ellipses Edition Marketing S. A.* Paris (2004).
- [5] P. H. Communay, Héliothermique Le gisement solaire Méthodes et calculs. Groupe de Recherche et d'Édition France (2002).
- [6] Alain Cheron – Le rayonnement solaire dans l'environnement terrestre, 2014
- [7] S. Bentouba, A. Slimani, M. S. Boucherit, Revue des Energies Renouvelables 7, 109 (2007).
- [8] S. Labeled, Contribución al desarrollo de métodos para la electrificación rural fotovoltaica a gran escala. Thèse de doctorat. Universidad politécnica de madrid escuela técnica Superior d'ingenieros de telecomunicación, Madrid (2004).
- [9] http://www.enerzine.com/1/235+algerie-le-nouvel-eldorado-solaire_energie+.html (consulté mois du décembre 2010).
- [10] HH R. Sellami, M. Abbas, H. Bendjebbas, Installation et étude d'un chauffe-eau solaire couple à un cumulus pour alimenter la cuisine de l'udes en eau chaude, Rapport préliminaire. Centre de Développement des Energies Renouvelables, Algérie (2007).
- [11] Alain Cheron – Le rayonnement solaire dans l'environnement terrestre, 2014
- [12] Modélisation- modules- photovoltaïque 2012.
- [13] Jacob P. Bock, Jason R. Robison, Rajesh Sharma, Jing Zhang, Malay. K. Mazumder. An Efficient Power Management Approach for Self-Cleaning Solar Panels with Integrated Electro dynamic Screens Proc. ESA Annual Meeting on Electrostatics 2008, Paper O2
- [14] F. Lasnier, T. G. Ang, « Photovoltaic Engineering Handbook », IOP Publishing Ltd. 1980. ISBN 0-85274-311-4.
- [15] K. Touafet; " Etude d'un capteur solaire hybride photovoltaïque thermique" . Thèse de Magister. Ecole nationale polytechnique .Alger. 2005.
- [16] la fabrication des cellules photovoltaïque "Hallou Solaire" Google

Références

- [17] F.Abdo, Croissance de couches minces de silicium par expitxie en phase liquide à basse tempeature pour applictions photovoltaïque. Thèse de doctorat, L,institut national des sciences appliquees de Lyon (2007).
- [18] G.C.Joyce,D.T.J.Hurle, Q. A.E. Vaughan, Journal of crystal growth 1,132 (1993).
- [19] Serge Poignant – L'énergie photovoltaïque, Rapport D'information, 2009, Assemblée Nationale Constitution du 4 Octobre 1958 Treizième Législature.
- [20] Dib Wassila – Modélisation des structures photovoltaïque : aspects et fondamentaux et applique», Thèse de Doctorat, 2010, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
- [21] Xuan-Linh DANG, « Contribution à l'étude des systèmes Photovoltaïque (PV)/Stockage distribués. Impact de leur intégration à un réseau fragile », Thèse de doctorat en Electrotechnique, L'école normale supérieur de Cachan, 26 May 2014.
- [22] A. LABOURET, M. VILLOZ, « Energie solaire photovoltaïque », Dunod, 3éme édition 2006.
- [23] M. BENHADDADI, G. OLIVIER, « Dilemmes Energétiques », Presses de l'Université du Québec PUQ, 2008.
- [24] J.F. REYNAUD, « Recherches d'optimums d'énergies pour charge/décharge d'une batterie à technologie avancée dédiée à des applications photovoltaïques », Thèse de doctorat en génie électrique, Délivré par l'Université Toulouse III – Paul Sabatier, Le 4 Janvier 2011
- [25] S. MOSTAHSINE, « Etude comparatif de panneaux solaires photovoltaïques à Ifrane», Rapport de licence, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah (2015).
- [26] S. BOURAS, Z. DJILAT, « Méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque, application à la région de M'sila », Mémoire de fin d'étude, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA (2019).
- [27] BOUZIANE, « Évaluation du rayonnement solaire en Algérie pour des applications photovoltaïques », Mémoire de fin d'étude, Faculté des sciences, Université Mohamed Boudiaf - M'SILA (2015).

ملخص

الطاقة الشمسية هي أهم مصدر للطاقة المتجددة، ولهذا السبب يعد استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر مجالاً مهماً للبحوث التي شهدت تطوراً كبيراً في العقد الماضي. يعتبر هذا العمل مساهمة منا في تقييم مشروع كهروضوئي باستخدام برنامج PVsyst في عدة مناطق مرجعية من القطر الجزائري، حيث قدرت أكبر طاقة ساقطة في منطقة تمنراست بقيمة 6.676 Wh/jour وأكبر احتياج للطاقة لجميع المناطق المدروسة في اليوم هو 10442 Wh/jour . والقيمة العظمى المتوسطة اليومية المستهلكة فكانت في منطقة عين بسام بقيمة 2803 kW/h .

Résumé

L'énergie solaire est la principale source d'énergie renouvelable, et c'est pourquoi l'exploitation de l'énergie solaire en Algérie est un domaine important pour la recherche, qui a connu un développement considérable au cours de la dernière décennie.

Ce travail contribue à l'évaluation d'un projet photovoltaïque en utilisant le logiciel PVsyst dans plusieurs zones de référence en Algérie. La plus grande énergie incidente a été estimée dans la région de Tamanrasset avec une valeur de $6,676 \text{ Wh/jour}$, et le plus grand besoin énergétique pour toutes les zones étudiées en une journée est de 10442 Wh/jour . La valeur maximale moyenne quotidienne consommée a été enregistrée dans la région d'Ain Bessam avec une valeur de 2803 kW/h .

Abstract

Solar energy is the primary source of renewable energy, and that's why harnessing solar power in Algeria is an important field for research, which has seen significant development over the past decade.

This work contributes to the evaluation of a photovoltaic project using the PVsyst software in several reference areas in Algeria. The highest incident energy was estimated in Tamanrasset region with a value of $6,676 \text{ Wh/day}$, and the highest energy demand for all studied areas in a day is 10442 Wh/day . The maximum average daily consumption value was recorded in Ain Bessam region with a value of 2803 kW/h .