

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

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DÉPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

## Mémoire de Fin d'Études de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies  
Filière : Électrotechnique  
Spécialité : **Energies Renouvelables**

*Présenté par*

**Mazi Ramdane**

**Djebra Said**

Thème

## **Etude et Dimensionnement d'une Installation Photovoltaïque Associée à une Gestion de l'Énergie**

*Mémoire soutenu publiquement le 25 / 06 / 2024 devant le jury composé de :*

**M MEHADDENE Hamid**

MCB, UMMTO, Président

**M MOHELLEBI Hassane**

Professeur, UMMTO, Encadrant

**M AMRANE Cylia**

MAB, Univ.Bejaia, Examinatrice

# REMERCIEMENTS

**EN PREMIER LIEU, ON TIENS À REMERCIER LE BON DIEU, DE NOUS AVOIR DONNÉ LE COURAGE ET LA PATIENCE POUR MENER À BIEN CE TRAVAIL PENDANT TOUTE CETTE LONGUE ANNÉE, ON REMERCIE ÉGALEMENT NOS PARENTS ET NOS FAMILLES POUR TOUT CE QU'ILS ONT FAIT POUR NOUS, NOS VIFS REMERCIEMENTS S'ADRESSENT À NOTRE PROMOTEUR M. MOHELLEBI HASSANE POUR SON AIDE, SES CONSEILS, SA DISPONIBILITÉ DURANT TOUTE LA PÉRIODE DE CE PROJET DE FIN D'ÉTUDES. ON REMERCIE ÉGALEMENT LES MEMBRES DU JURY QUI ONT ACCEPTÉ D'EXAMINER ET D'ESTIMER CE TRAVAIL.**

**EN FIN, ON REMERCIE TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÈS OÙ DE LOIN À LA RÉALISATION DE CE TRAVAIL.**

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui étaient toujours là pour  
moi dès mon enfance, grâce à eux que J'ai  
pu atteindre ce succès

Que Dieu les protège

A Mon cher frère : M'Hand

A ma chère sœur : Hayet

A Mon binôme : Saïd

A Ma copine : Massilia

A toute ma famille

A tous mes amis et collègues sans  
exception

Ramdane

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui étaient toujours là pour  
moi dès mon enfance, grâce à eux que J'ai  
pu atteindre ce succès

Que Dieu les protège

A Mon cher frère : Rabah

A mes chères sœurs : Hanane, Samia et  
son époux Tarik et leurs fils Massinissa

A Mon binôme : Ramdane

A toute ma famille

A tous mes amis et collègues sans  
exception

Said

# Sommaire

I	Introduction générale : .....	1
II	Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables .....	3
II.1	Introduction : .....	3
II.2	L'énergie renouvelable : .....	3
II.2.1	Définition de l'énergie renouvelable : .....	3
II.3	L'énergie éolienne : .....	4
II.3.1	Avantages et inconvénients de l'énergie éolienne : .....	5
II.4	L'énergie hydraulique : .....	6
II.4.1	Avantages et inconvénients de l'énergie hydraulique : .....	7
II.5	L'énergie géothermique : .....	8
II.5.1	Avantages et inconvénients de l'énergie géothermique : .....	9
II.6	La biomasse : .....	10
II.6.1	Les biocombustibles et les biocarburants : .....	11
II.6.2	Avantages et inconvénients de la biomasse : .....	13
II.7	Energie solaire : .....	15
II.7.1	Energie solaire thermique : .....	14
II.7.2	Energie solaire thermodynamique : .....	14
II.7.3	Energie solaire photovoltaïque : .....	14
II.8	Les composants d'un système photovoltaïque : .....	15
II.8.1	Panneaux solaires photovoltaïques: .....	15
II.8.2	Structure de montage : .....	15
II.8.3	Onduleur : .....	15
II.8.4	Système de montage et de fixation : .....	15
II.8.5	Boîtier de jonction : .....	15
II.8.6	Câbles et connecteurs : .....	15

## Sommaire

---

II.8.7	Compteur bidirectionnel : .....	15
II.9	Cellule photovoltaïque : .....	16
II.9.1	Historique : .....	16
II.9.2	Principe de fonctionnement : .....	16
II.9.3	Type de cellules photovoltaïques .....	17
II.9.4	Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque .....	18
II.9.5	Associations des cellules photovoltaïques.....	20
II.10	Différents types des systèmes photovoltaïques .....	21
II.10.1	Systèmes autonomes avec stockage:.....	21
II.10.2	Les systèmes autonomes sans stockage : .....	22
II.10.3	Système PV raccordé au réseau : .....	23
II.10.4	Système PV hybride : .....	23
II.11	Avantages et inconvénient de l'énergie solaire .....	24
II.11.1	Avantages .....	24
II.11.2	Inconvénients.....	24
III	Chapitre II : Dimensionnement d'une installation photovoltaïque .....	25
III.1	Introduction : .....	25
III.2	Les méthodes de dimensionnement : PROCEDURE DE CALCUL .....	25
III.2.1	Besoin énergétique : .....	25
III.2.2	Energie solaire récupérable : .....	26
III.2.3	Dimensionnement du générateur photovoltaïque : .....	28
III.2.4	Dimensionnement du parc de batteries : .....	30
III.2.5	Dimensionnement du régulateur de charge : .....	32
III.2.6	Dimensionnement de l'onduleur : .....	33
III.2.7	Le dimensionnement des câbles électriques solaires : .....	34
III.3	Application : .....	36
III.3.1	Consommation énergétique (étape 1) :.....	37

## Sommaire

---

III.3.2	Localisation du site (étape 2) : .....	37
III.3.3	Données météorologiques (étape 3) : .....	38
III.3.4	Dimensionnement du générateur photovoltaïque (étapes 4) : .....	38
	Caractéristiques du panneau solaire à utiliser pour l'installation : .....	39
III.3.5	Nombre de panneaux à utiliser pour l'installation : .....	39
III.3.6	Choix des batteries (étape 5) : .....	41
III.3.7	Choix du régulateur de charge (étape 6) : .....	42
III.3.8	Choix de l'onduleur (étape 7) : .....	43
III.3.9	Choix des câbles (étape 8) : .....	44
III.4	Les modèles de calcul de l'irradiation solaire : .....	46
III.4.1	Modèle de Foued CHABANE: .....	46
III.4.2	Modèle de Lacis & Hansen: .....	46
III.4.3	Modèle de Perrin-Brichambaut: .....	48
III.4.4	Modèle de Kaplanis et Kaplani: .....	49
III.4.5	Modèle de Zang et al: .....	49
III.4.6	Modèle de K. Zina: .....	49
III.4.7	Relation d'A. Sambo: .....	50
III.4.8	Modèle D. Bensahal and A. Yousfi: .....	50
III.4.9	Modèle d'Al-Salaymeh: .....	51
III.4.10	Modèle de Capderou : .....	51
III.4.11	Modèle de R-Sun : .....	53
III.4.12	Modèle de LIU & JORDAN: .....	55
III.5	Conclusion : .....	57
III	Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos).....	58
III.1	Calcul des heures d'ensoleillements du site (Bastos) : (Pour le mois de décembre) : .....	58
III.1.1	Les coordonnées du site : .....	58

## Sommaire

---

III.1.2	Calcul de l'heure du lever et de l'heure du coucher du soleil : .....	58
III.2	Calcul de l'irradiation journalière pour le mois de décembre : .....	60
III.2.1	Calcul de l'irradiation journalière pour la journée du 1 décembre où .....	60
	$d = 335$ .....	60
III.3	Dimensionnement du système à partir des calculs : .....	66
III.3.1	Besoin énergétiques : .....	66
III.3.2	Calcul du nombre de panneau : .....	67
III.3.3	Choix des batteries : .....	67
III.3.4	Choix du régulateur de charge .....	68
III.3.5	Choix de l'onduleur .....	69
III.3.6	Choix des câbles .....	70
IV	Conclusion générale .....	72
V	Annexes: .....	73
VI	Références bibliographiques .....	77

## Listes des figures

**Figure I.1 :** Conversion de l'énergie cinétique du vent

**Figure I.2 :** Principaux organes du système de conversion éolien

**Figure I.3 :** Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique

**Figure I.4 :** Principe de fonctionnement de la géothermie

**Figure I.5 :** principe de fonctionnement d'un système à biomasse

**Figure I.6 :** Types de la biomasse

**Figure I.7 :** Panneaux solaires.

**Figure I.8 :** photos des cellules monocristallin ; polycristallin et amorphe.

**Figure I.9 :** Schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque

**Figure I.10 :** Courbe des caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque

**Figure I.11 :** Schéma de cellules associées en parallèle.

**Figure I.12 :** Schéma de cellules photovoltaïques associées en série

**Figure I.13 :** Système PV autonome ou isolé

**Figure I.14:** Système PV raccordé au réseau sans batterie

**Figure I.15 :** Système PV hybride

**Figure II.1:** Définition des angles pour un plan incliné : inclinaison  $\beta$ , azimut  $\chi$  et l'angle D'incidence  $\theta$ .

**Figure II.2:** Batterie solaire.

**Figure II.3 :** Câbles solaire.

**Figure II.4 :** image d'une maison équipée d'une installation photovoltaïque.

**Figure II.5:** Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque à utiliser dans l'installation.

**Figure II.6 :** le schéma de l'installation PV GLOBALE (SÉRIE-PARALLÈLE).

**Figure II.7:** type de régulateur de charge utilisé dans l'installation.

**Figure II.8 :** type d'onduleur utilisé dans l'installation.

**Figure III.1:** graphe des heurs d'ensoleillement en fonction des jours de mois.

## Listes des figures et tableaux

---

**Figure III.2 :** courbe d'irradiation sur un plan incline pendant la journée du 1 décembre.

**Figure III.3:** courbe d'irradiation sur un plan horizontal pendant la journée du 1 décembre.

**Figure III.4:** courbe d'irradiations sur un plan incline et horizontal.

**Figure III.5:** caractéristiques du panneau de 300 watts.

### Liste des tableaux :

**Tableau II.1:** Tension du champ en fonction de sa puissance crête.

**Tableau II.2:** Consommation énergétique de l'habitation.

**Tableau II.3:** Tensions d'installations.

**Tableau II.4:** Variation de la section du câble en fonction de l'intensité du courant.

**Tableau II.5:** Résultats du dimensionnement système.

**Tableau III.1:** Tension du champ en fonction de sa puissance crête.

**Tableau III.2:** Consommation énergétique de l'habitation.

**Tableau III.3:** Tensions d'installation.

**Tableau III.4:** Variation de la section du câble en fonction de l'intensité du courant.

**Tableau III.5:** Résultats du dimensionnement système.

# **Introduction générale**

## I Introduction générale :

Actuellement la grande majorité des énergies utilisées à l'échelle planétaire sont à base de ressources fossiles et qui constituent des stocks limités dans la nature. Elles induisent aussi un impact négatif sur l'environnement. Donc cela impose une transition énergétique vers les énergies renouvelables, car c'est des énergies non polluantes et disponibles à long terme comme l'énergie solaire, l'énergie éolienne, hydraulique .... Etc.

L'une des principales énergies renouvelables est l'énergie solaire. C'est à laquelle on va s'intéresser dans le cadre de notre projet de fin d'études.

C'est une énergie électrique produite à base des panneaux solaires qui permettent de convertir une partie des rayons solaires. Cette énergie peut être consommée sur place ou alimenter un réseau de distribution.

Afin de mieux exploiter cette énergie, il est nécessaire de connaître la distribution de l'irradiation sur le site d'implantation, prévu pour l'installation photovoltaïque, pour les différentes orientations et inclinaisons. Pour un fonctionnement optimal il est nécessaire de bien dimensionner tous les équipements et les appareils qu'on doit utiliser dans notre installation photovoltaïque afin d'assurer un bon rendement.

L'objectif de ce travail est de donner un aperçu sur les méthodes de calcul d'irradiation et les méthodes de dimensionnement des installations photovoltaïques.

Dans le but de réaliser cette étude nous avons subdivisé notre travail en trois chapitres :

Chapitre 1 : Généralités sur les énergies renouvelables

Dans ce chapitre nous avons présenté de manière générale les différentes formes d'énergie renouvelables et de manière particulière l'énergie solaire.

Chapitre 2 : Méthodes de dimensionnement d'une installation photovoltaïque.

Ce chapitre est consacré à la présentation des différentes méthodes de calcul de l'irradiation solaire et les méthodes de dimensionnement d'installation photovoltaïque.

Chapitre 3 : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos).

Dans ce chapitre nous avons considéré comme application le site du campus Hasnaoua II (Bastos). Nous avons procédé au dimensionnement de l'installation photovoltaïque en utilisant un modèle analytique d'estimation de l'irradiation solaire. Les valeurs trouvées par nos calculs ont été exploitées pour le dimensionnement du panneau solaire ainsi du régulateur et du convertisseur.

# **Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables**

# I Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables

## I.1 Introduction :

L'énergie est dite renouvelable quand il s'agit de sources reconstituées naturellement, plutôt que de l'énergie non renouvelable qui épuise ses stocks. Le développement et l'exploitation des énergies renouvelables ont fortement augmenté, tout système énergétique durable dépendra d'une utilisation rationnelle des sources traditionnelles et d'une utilisation accrue de l'énergie. La production d'électricité décentralisée à partir d'énergies renouvelables offre une plus grande sécurité aux consommateurs tout en respectant l'environnement. Cependant, les sources aléatoires imposent certaines règles en termes de dimensions et d'utilisation des systèmes de récupération d'énergie. [1]

## I.2 L'énergie renouvelable :

### I.2.1 Définition de l'énergie renouvelable :

Une énergie renouvelable est une énergie dont le gisement se reconstitue en permanence à un rythme au moins égal à celui de la consommation. Leurs diverses formes ont chacune leurs spécificités selon leur nature. Il faut toutefois préciser que leurs potentialités, en termes d'énergie exploitable, sont très différentes. L'utilisation de sources d'énergie renouvelables permet de réduire la pression sur les ressources naturelles et de limiter les rejets polluants dans l'atmosphère. Différentes filières d'énergies renouvelables existent à l'heure actuelle. Elles permettent la production d'énergie mécanique, d'énergie électrique et de l'énergie thermique. [2]

Les énergies renouvelables qui nous permettrons de produire de l'électricité sont : [11]

- L'énergie éolienne
- L'énergie Hydraulique
- L'énergie Géothermique
- La Biomasse
- L'énergie Solaire

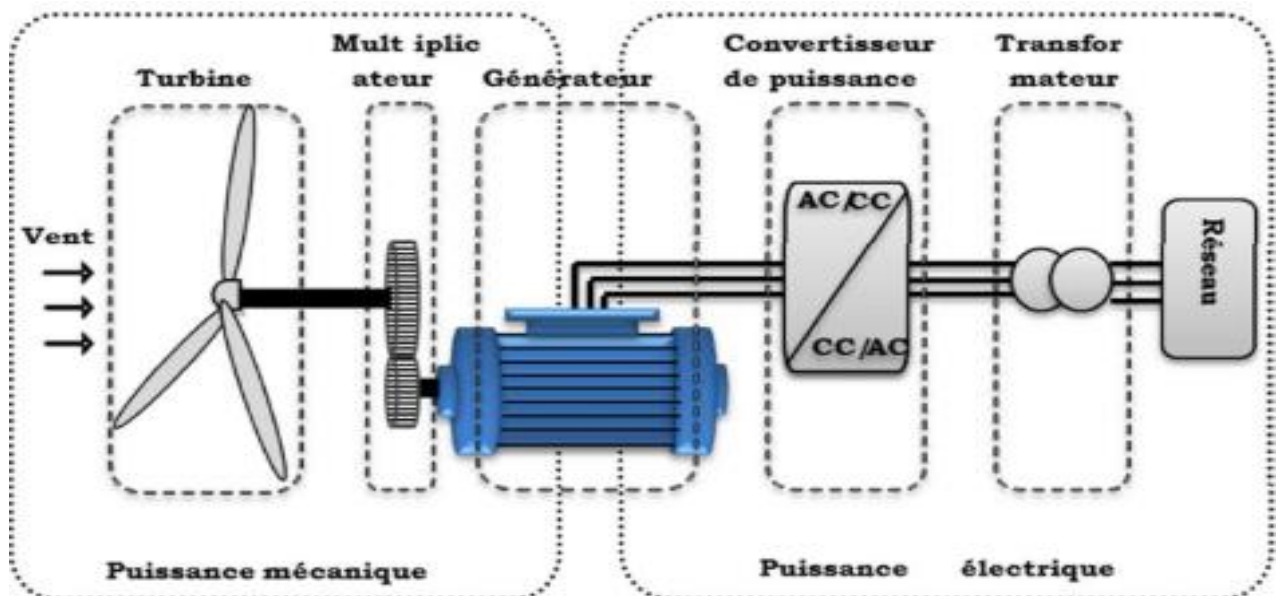
## I.3 L'énergie éolienne :

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolienne, est un dispositif qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice



**Figure I.1 :** Conversion de l'énergie cinétique du vent

L'énergie d'origine éolienne fait partie des énergies renouvelables. L'aérogénérateur utilise l'énergie cinétique du vent pour entraîner l'arbre de son rotor : celle-ci est alors convertie en énergie mécanique elle-même transformée en énergie électrique par une génératrice accouplée à la turbine éolienne. Ce couplage mécanique peut être soit direct si la turbine et la génératrice ont des vitesses du même ordre de grandeur, soit réalisé par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse dans le cas contraire [3].



**Figure I.2 :** Principaux organes du système de conversion éolien

## **I.3.1 Avantages et inconvénients de l'énergie éolienne :**

### **I.3.1.1 Avantages :**

L'énergie éolienne est avant tout une énergie qui respecte l'environnement :

- L'énergie éolienne est une énergie renouvelable, c'est à dire que contrairement aux énergies fossiles, les générations futures pourront toujours en bénéficier.
- C'est une source d'énergie locale qui répond aux besoins locaux en énergie. Ainsi les pertes en lignes dues aux longs transports d'énergie sont moindres. Cette source d'énergie peut de plus stimuler l'économie locale, notamment dans les zones rurales.
- L'exploitation de l'énergie éolienne n'est pas un procédé continu puisque les éoliennes en fonctionnement peuvent facilement être arrêtées, contrairement aux procédés continus de la plupart des centrales thermiques et des centrales nucléaires. Ceux-ci fournissent de l'énergie même lorsque que l'on n'en a pas besoin, entraînant ainsi d'importantes pertes et par conséquent un mauvais rendement énergétique.
- Cette source d'énergie est également très intéressante pour les pays en voie de développement là ou le gisement éolien est bon. Elle répond au besoin urgent d'énergie qu'ont ces pays pour se développer. L'installation d'un parc ou d'une turbine éolienne est relativement simple. Enfin, ce type d'énergie est facilement intégré dans un système électrique existant déjà.

### **I.3.1.2 Inconvénients :**

L'énergie éolienne possède aussi des inconvénients qu'il faut citer :

- Le bruit : il a nettement diminué, notamment le bruit mécanique qui a pratiquement disparu grâce aux progrès réalisés au niveau du multiplicateur. Le bruit aérodynamique quant à lui est lié à la vitesse de rotation du rotor, et celle -ci doit donc être limitée
- L'impact visuel, cela reste néanmoins un thème subjectif
- L'impact sur les oiseaux : certaines études disent que les sites éoliens ne doivent pas être implantés sur les parcours migratoires des oiseaux, afin que ceux-ci ne se fassent pas attraper par les aéro-turbines.

## Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables

---

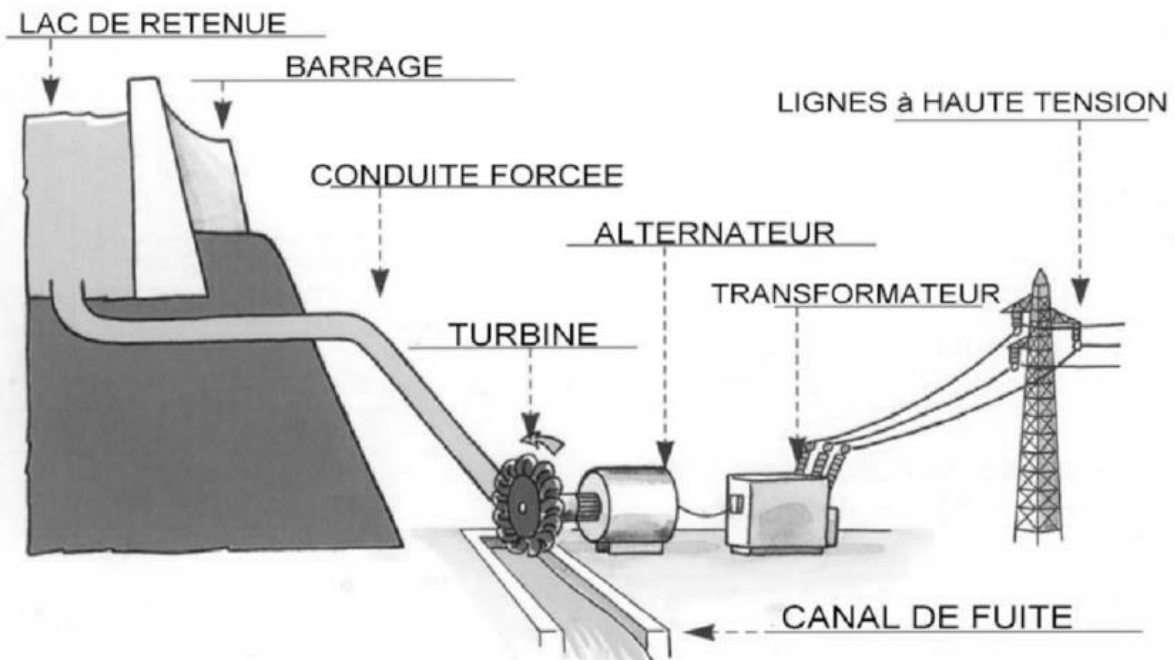
• Le coût de l'énergie éolienne par rapport aux sources d'énergie classiques : bien qu'en terme de coût, l'éolien puissant sur les meilleurs sites, c'est à dire là où il y a le plus de vent, est entrain de concurrencer la plupart des sources d'énergie classique, son coût reste encore plus élevé que celui des sources classiques sur les sites moins ventés. [4]

### **I.4 L'énergie hydraulique :**

L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chute, cours d'eau, courant marin, marée, vagues. Ce mouvement peut être utilisé directement, par exemple avec un moulin à eau, ou plus couramment être converti, par exemple en énergie électrique dans une centrale hydroélectrique. L'énergie hydraulique est en fait une énergie cinétique liée au déplacement de l'eau comme dans les courants marins, les cours d'eau, les marées, les vagues ou l'utilisation d'une énergie potentielle comme dans le cas des chutes d'eau et des barrages. L'énergie hydraulique est une manifestation indirecte de l'énergie du soleil, comme beaucoup de sources d'énergies renouvelables sur terre (énergie éolienne, énergie des vagues, la biomasse, etc.). Sous l'action du soleil, l'eau s'évapore des océans et forme les nuages qui se déplacent au gré des vents. Des abaissements de température au-dessus des continents provoquent la condensation de la vapeur d'eau. La pluie et la neige (les précipitations) alimentent ainsi les glaciers et l'eau des rivières qui s'écoulent petit à petit dans les océans, c'est le cycle de l'eau. L'énergie hydraulique peut aussi être convertie en une autre énergie (fréquemment l'électricité) :

- Une centrale hydroélectrique utilise l'énergie de la hauteur de chute et du débit d'un cours d'eau ;
- Une centrale marémotrice utilise l'énergie des marées ;
- Une hydrolienne utilise celle des courants marins ;
- L'énergie des vagues peut aussi être exploitée. [5]

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE HYDRAULIQUE



**Figure I.3 :** Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique

#### I.4.1 Avantages et inconvénients de l'énergie hydraulique : [6]

##### I.4.1.1 Avantage :

- C'est une énergie renouvelable.
- Elle n'est sujette à aucune émission de gaz à effet de serre sauf pendant la construction des barrages.
- C'est une source d'énergie assez régulière.
- C'est une source d'énergie flexible, autrement dit, on peut régler le débit d'eau et de ce fait la production d'électricité.
- Elle possède un très haut rendement (entre 70% et 90%), ce qui est de loin le meilleur de toutes les technologies énergétiques.
- Les centrales hydroélectriques permettent la production d'électricité à moindre coût (la production d'un kW à partir de l'hydroélectricité est moins cher comparé au thermique).

## I.4.1.2 Inconvénients :

- Les installations hydroélectriques peuvent avoir de graves conséquences sur les écosystèmes, notamment autour du barrage et des retenues d'eau. On notera que dans certains cas elles peuvent former un obstacle à la migration des poissons.
- Les installations hydroélectriques peuvent engendrer une augmentation de la sécheresse en aval du barrage
- La construction d'un barrage peut avoir pour conséquence le déplacement des résidents environnants.
- Les centrales hydroélectriques peuvent être touchées par la sécheresse. Lorsque l'eau n'est pas disponible, elles sont dans l'incapacité de produire de l'électricité.
- La construction de ce genre d'installation est très coûteuse. [6]

## I.5 L'énergie géothermique :

La Géothermie, du grec Géo (La terre) et thermie (la chaleur), est la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre et la technique qui vise à l'exploiter. Par extension, la géothermie désigne aussi l'énergie géothermique issue de l'énergie de la terre qui est convertie en chaleur. Pour capter l'énergie géothermique, on fait circuler un fluide dans les profondeurs de la Terre. Ce fluide peut être celui d'une nappe d'eau chaude captive naturelle, ou de l'eau injectée sous pression pour fracturer une roche chaude et imperméable. Dans les deux cas, le fluide se réchauffe et remonte chargé de calories (énergie thermique). Ces calories sont utilisées directement ou converties partiellement en électricité. [7]

Le principe de l'énergie géothermique est basée sur des stations thermiques qui constituent une source de production d'électricité via un générateur qui génère de l'électricité :

- La subvention de la chaleur (de la terre) à l'eau qui se transforme en vapeur.
- Turbine convertit une partie de la vapeur en énergie mécanique.
- Génère de l'électricité grâce au générateur associé à une turbine

Pour capter l'énergie géothermique on utilise le fluide géothermique contenu dans des réservoirs profonds pour actionner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur qui produit un courant électrique.

# Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables

On distingue trois grands types de centrales électriques :

- a) Centrale conventionnelle
  - Centrale à vapeur sèche, vaporisation directe.
  - Centrale à vapeur flash, vaporisation éclair.
- b) Centrale à cycle binaire. [8]

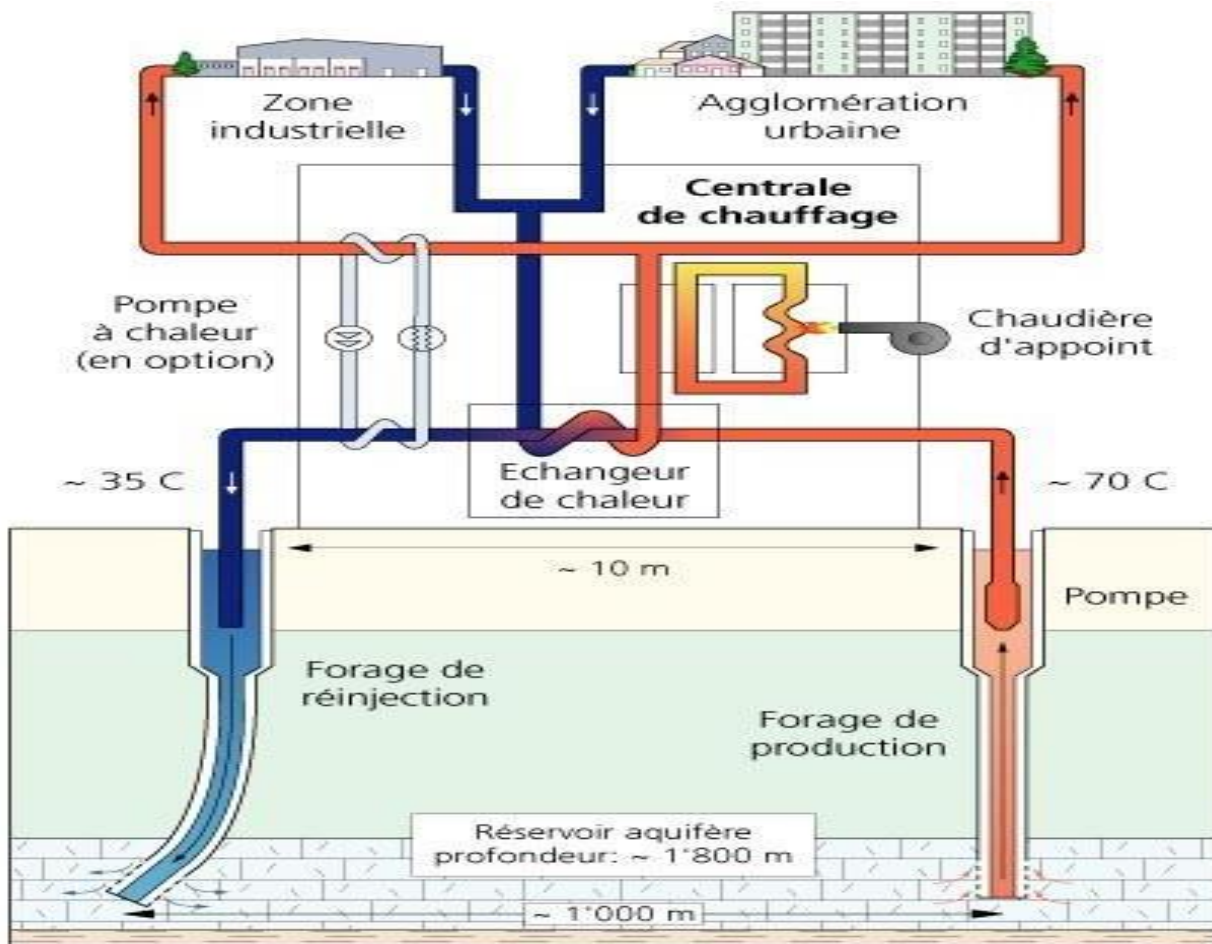


Figure I.4 : Principe de fonctionnement de la géothermie

## I.5.1 Avantages et inconvénients de l'énergie géothermique : [7]

### I.5.1.1 Avantages :

- La géothermie de profondeur ne dépend pas des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent).
- C'est une source d'énergie quasi-continue.

## Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables

---

- Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années (30 à 80 ans en moyenne) et disponible dans tous les sous-sols de la planète.
- La géothermie est une énergie renouvelable et propre (pas de déchets à stocker, très peu d'émissions de CO<sub>2</sub>).

### I.5.1.2 Inconvénients :

- L'eau géothermique est souvent très salée, très chargée en sels minéraux : jusqu'à trois fois plus que l'eau de mer.
- Elle ne peut alors être utilisée qu'à travers un circuit parallèle de l'eau douce, les deux n'étant jamais en contact : il y a perte de rendement.
- Les eaux géothermales sont presque toujours corrosives. Cette corrosion augmente le coût de maintenance.
- Il y a risque de pollution quand l'eau extraite contient des métaux lourds, ce qui nécessite de la réinjecter dans le sous-sol.
- Si l'énergie prélevée est gratuite, les coûts d'investissement et de maintenance sont en revanche très élevés. [7]

## I.6 La biomasse : [9]

La biomasse est une source d'énergie renouvelable, elle représente l'ensemble de la matière organique, qu'elle soit d'origine végétale ou animale. Elle peut être issue de forêts, milieux marins et aquatiques, haies, parcs et jardins, industries générant des coproduits, des déchets organiques ou des effluents d'élevage. Elle est la source d'énergie principale pour cuisiner et se chauffer. Cette biomasse qui comprend tous les produits obtenus à partir de plantes ou de résidus de plantes, secs ou déshydratés comme le bois, la paille, les grignons d'olives, la bagasse de la canne à sucre, est exploitée par combustion ou métabolisation. Mais pour être une réelle énergie renouvelable, les quantités brûlées ne doivent pas excéder les quantités produites. En fonction des besoins, elle permet une production de chaleur ou d'électricité. De ce fait, sa participation à la production d'énergie mondiale est énorme par rapport aux autres énergies. [9]

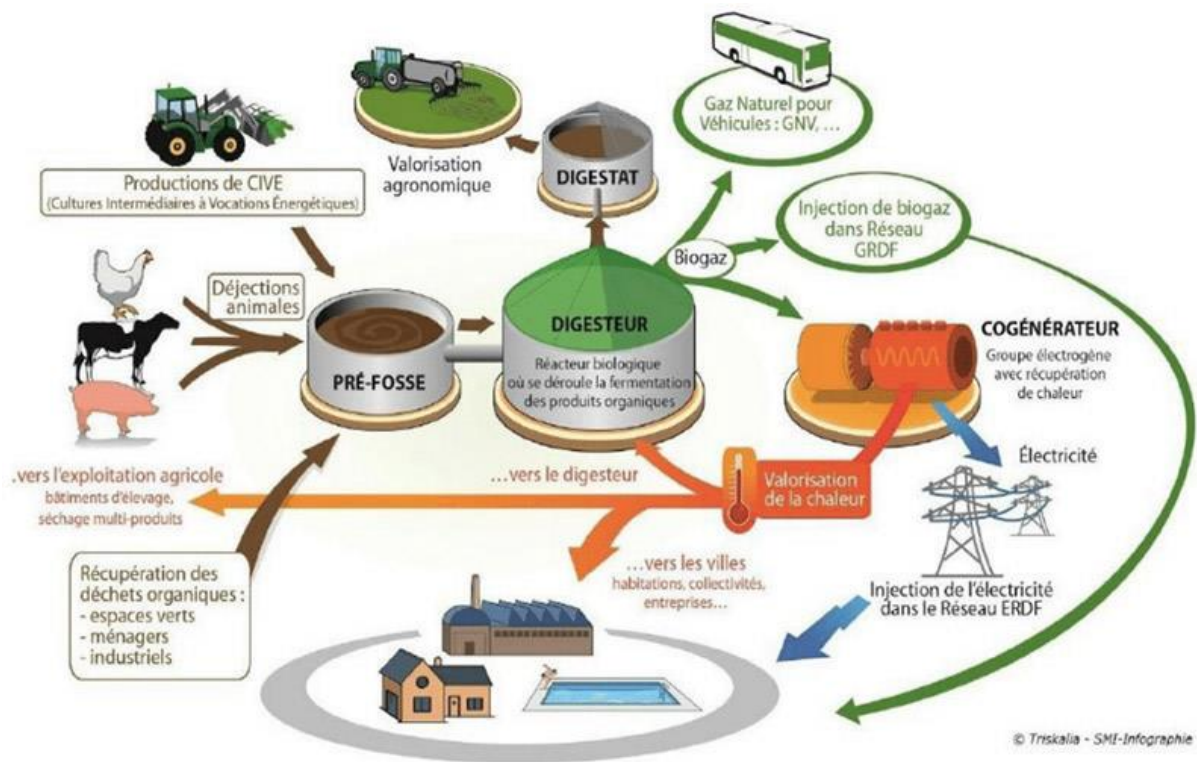


Figure I.5 : principe de fonctionnement d'un système à biomasse.

## I.6.1 Les biocombustibles et les biocarburants :

### I.6.1.1 Les biocombustibles solides : [8]

Les bois combustibles solides proviennent principalement des forêts. On distingue deux origines les sous-produits de travaux sylvicoles de récoltes (houppiers, souches, branches ...) ou les bois de peu de valeur (rendions, billons). Dont la valorisation thermique s'effectue sous la forme de bois-énergie ; la biomasse brûlée permet la production de l'énergie qui est produite par le bois et déchets agricoles (paille), déchets urbains ordures ménagères et déchet industriels du secteur agroalimentaire, ces déchets subissent des transformations thermochimiques (combustion, pyrolyse), permettant principalement de créer de la chaleur et de l'électricité.

## I.6.1.2 Les Biocarburants : [8]

Carburant Bioéthanol ( $C_2H_5OH$ ) ; vient de l'amidon et le glucose extraits de cultures sucrières (betterave, canne à sucre) et céréalières (blé, maïs);produisent de l'éthanol par procédé de fermentation alcooliques. Les éthers -carburants sont généralement préférés aux alcools pour leur moindre pouvoir corrosif et pour l'absence des problèmes de séparation de phases en présence d'hydrocarbures pour les faibles teneurs en éthanol

## I.6.1.3 Le biogaz : [8]

Sa composition comprend (55 à 65%) de méthane, du gaz carbonique de (35 à 45%) et des traces d'impuretés ( $H_2S$ ,  $NH_3$ ...) utilisable, une fois épuré pour alimenter des véhicules fonctionnant au Gaz Naturel, et que se soit en se décomposant, sous l'effet des bactéries, ou certains déchets qui produisent ce gaz. [8]

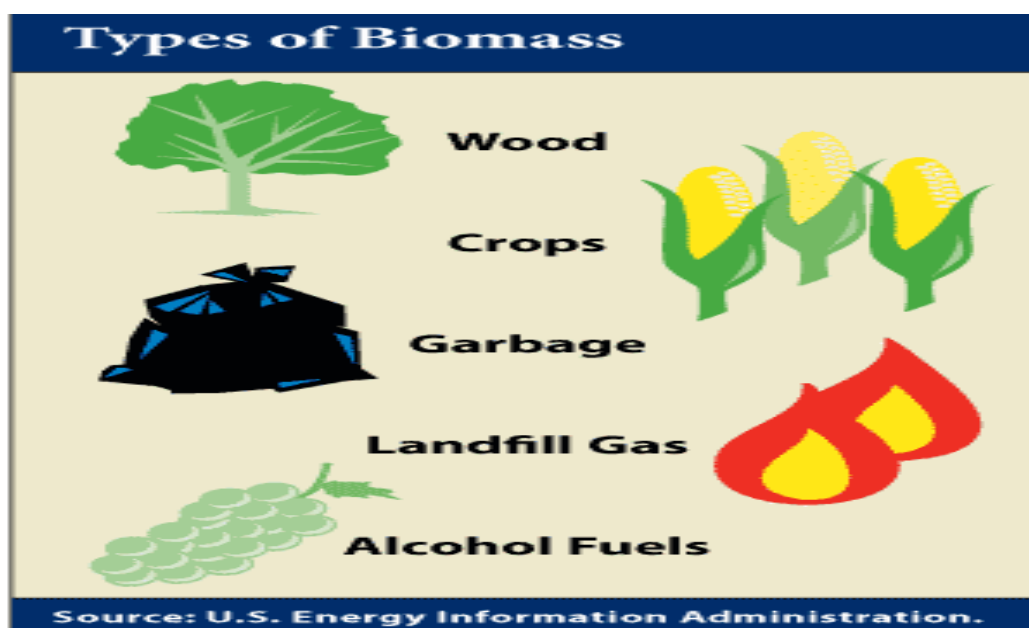


Figure I.6 : Types de la biomasse

## **I.6.2 Avantages et inconvénients de la biomasse :**

### **I.6.2.1 Les avantages de la biomasse :**

- Le plus grand avantage de l'énergie de la biomasse, c'est qu'elle est renouvelable. Les plantes et les arbres peuvent être cultivés afin d'être utilisés.
- Un autre avantage majeur de la biomasse est qu'elle aide à la gestion des déchets solides. Chaque jour, des millions de tonnes de déchets solides sont produits, dont notamment les déchets biodégradables. Lorsque les déchets sont utilisés comme biomasse, on répond à deux demandes : la baisse de la pollution et l'augmentation des ressources énergétiques.

### **I.6.2.2 Les inconvénients de la biomasse :**

- Par rapport aux combustibles fossiles, l'énergie de la biomasse est très chère. C'est avant tout dû au coût de la recherche. Avec le temps et les avancées techniques, l'énergie de la biomasse devrait être plus abordable.
- Ensuite, il est important de distinguer les différentes sources de biomasse. Certains procédés de combustion, notamment avec le bois sont de forts producteurs de CO<sub>2</sub>, donc aussi nocifs que les énergies fossiles.
- Certaines sources, bien que dites « renouvelables » nécessitent une gestion raisonnée. C'est le cas des forêts. Une sur utilisation de la biomasse ligneuse augmenterait le phénomène de déforestation croissante et est considérablement nuisible pour l'équilibre environnemental naturel. [10]

## **I.7 Energie solaire :**

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable qui dépend du soleil. Elle peut être transformée en électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou de centrales solaires thermiques, grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires.



**Figure I.7 :** Panneaux solaires.

### **I.7.1 Energie solaire thermique :**

L'énergie solaire thermique est une technique qui permet de produire de la chaleur et de l'eau chaude à partir du rayonnement solaire. Elle se distingue du solaire photovoltaïque, qui produit de l'électricité.

### **I.7.2 Energies solaire thermodynamique :**

L'énergie solaire thermodynamique est une technologie qui utilise des miroirs ou des lentilles pour concentrer la lumière solaire sur un point précis. Cette concentration de lumière génère de la chaleur, qui est ensuite utilisée pour produire de l'électricité à travers des turbines à vapeur ou des moteurs Stirling.

### **I.7.3 Energies solaire photovoltaïque :**

L'énergie solaire photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable qui convertit la lumière du soleil en électricité à l'aide de cellules photovoltaïques. Ces cellules sont composées de matériaux semi-conducteurs, généralement du silicium, qui absorbent les photons de la lumière solaire et génèrent un courant électrique.

## **I.8 Les composants d'un système photovoltaïque :**

Un système photovoltaïque est composé de plusieurs éléments essentiels qui travaillent ensemble pour convertir l'énergie solaire en électricité utilisable. Voici les composants principaux d'un système photovoltaïque typique :

### **I.8.1 Panneaux solaires photovoltaïques:**

Les panneaux solaires sont constitués de cellules photovoltaïques qui convertissent la lumière solaire en électricité. Ces panneaux sont généralement installés sur un toit ou un terrain où ils peuvent être exposés à la lumière du soleil.

### **I.8.2 Structure de montage :**

Cette structure soutient les panneaux solaires et les fixe en place. Elle peut être montée sur un toit, sur le sol, ou même sur des structures spéciales comme des suiveurs solaires qui ajustent automatiquement l'angle des panneaux pour maximiser l'exposition au soleil.

### **I.8.3 Onduleur :**

L'électricité produite par les panneaux solaires est initialement en courant continu (CC). L'onduleur convertit ce courant continu en courant alternatif (CA) utilisable pour alimenter les appareils électriques domestiques et se connecter au réseau électrique.

### **I.8.4 Système de montage et de fixation :**

Ce système comprend tous les éléments nécessaires pour fixer solidement les panneaux solaires au toit ou au sol, y compris les rails, les supports, les attaches, etc.

### **I.8.5 Boîtier de jonction :**

C'est un boîtier étanche dans lequel les câbles de sortie des panneaux solaires sont connectés entre eux et reliés à l'onduleur.

### **I.8.6 Câbles et connecteurs :**

Ils transportent l'électricité produite par les panneaux solaires vers l'onduleur, et ensuite de l'onduleur vers le système électrique de la maison ou du bâtiment.

### **I.8.7 Compteur bidirectionnel :**

Il mesure la quantité d'électricité produite par le système photovoltaïque et la quantité d'électricité utilisée par le ménage ou le bâtiment. En cas de surplus d'électricité, il permet

d'injecter cette électricité excédentaire dans le réseau électrique et de recevoir un crédit d'électricité.

### **I.9 Cellule photovoltaïque :**

#### **I.9.1 Historique :**

En découvrant l'effet photovoltaïque en 1839, le physicien français Edmond Becquerel identifie une nouvelle façon de convertir la lumière en électricité et ouvre alors la voie de l'exploitation de la puissance du Soleil. La première utilisation de cellules photovoltaïques ne date pas d'hier ! En 1883, des chercheurs américains mettent au point les premières cellules et montent le tout premier toit solaire, sur un immeuble de New-York. Pas encore opérationnelles à l'époque, il faudra attendre 1954 pour que les ancêtres des cellules photovoltaïques au silicium voient le jour, au cœur d'un laboratoire de la compagnie Bell, laissant entrevoir une possibilité d'une fourniture en électricité prometteuse. [11]

#### **I.9.2 Principe du fonctionnement :**

Une cellule photovoltaïque est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants :

Absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif.

Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création de paires électron/trou dans le matériau semi-conducteurs; Collecte des particules générées dans le dispositif.

Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteur pour permettre l'écoulement du courant d'où l'intérêt des semi-conducteurs pour l'industrie photovoltaïque.

Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant de dissocier les paires électrons / trou créées est nécessaire.

Pour cela on utilise le plus souvent une jonction PN. D'autres structures, comme les hétérojonctions et les Schottky peuvent également être utilisées.

Les photons incidents créent des porteurs dans les zones N et P et dans la zone de charge d'espace. Les photo-porteurs auront un comportement différent suivant la région :

## Chapitre I : Généralités sur les Energies Renouvelables

---

Dans la zone N ou P, les porteurs minoritaires qui atteignent la zone de charge d'espace sont "envoyés" par le champ électrique dans la zone P (pour les trous) ou dans la zone N (pour les électrons) où ils seront majoritaires. On aura un photo-courant de diffusion [12]

### **I.9.3 Type des cellules photovoltaïque**

#### **I.9.3.1 Le silicium monocristallin**

Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme, intense et brillant. Elles sont utilisées, mais ne sont pas majoritaires sur le marché de l'énergie photovoltaïque. Le rendement du silicium monocristallin est le plus élevé, il est compris entre 12 et 20% pour les cellules industrielles. Son coût élevé est aujourd'hui un handicap et le silicium monocristallin perd du terrain devant le silicium multi cristallin.

#### **I.9.3.2 Le silicium Poly cristallin**

Le silicium multi cristallin (Poly cristallin) est devenu aujourd'hui la technologie la plus utilisée. A elle seule elle représente près de 50% du marché. Ces cellules sont obtenues par coulage de cristaux de silicium, ce qui rend sa structure hétérogène. Son rendement est légèrement inférieur au silicium monocristallin il est compris entre 10 et 14% selon les fabricants. En revanche sa fabrication est beaucoup plus simple, les coûts de production sont donc plus faibles. [13]

#### **I.9.3.3 Le silicium amorphe**

Le silicium amorphe est une forme de silicium caractérisée par une structure désordonnée, sans ordre cristallin à longue distance. Contrairement au silicium cristallin utilisé dans les cellules solaires photovoltaïques traditionnelles, le silicium amorphe présente une structure atomique aléatoire, ce qui lui confère certaines propriétés uniques.

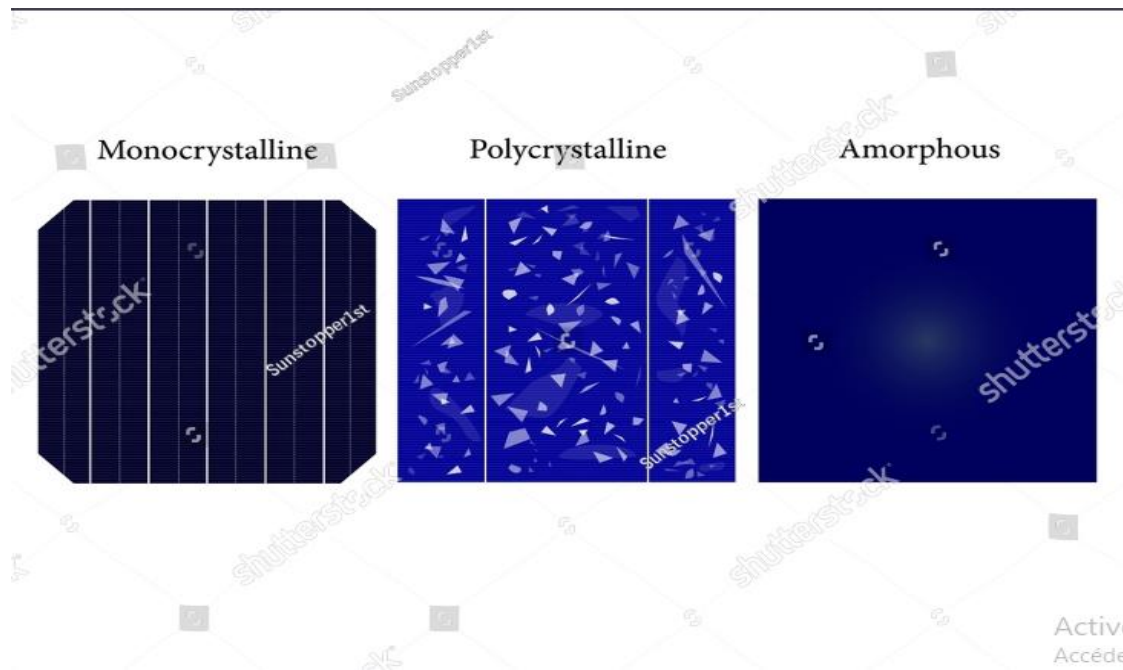


Figure I.8 : Photos des cellules monocristallin ; polycristalin et amorphe.

## I.9.4 Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque

### I.9.4.1 Circuit électrique équivalent

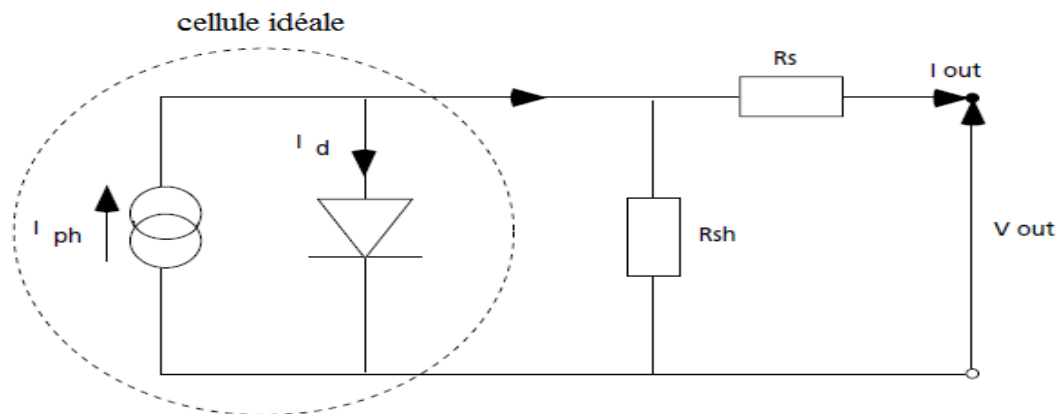


Figure I.9 : Schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque

$I(A)$  : courant disponible.

$V$  : tension aux bornes de la jonction.

$I_{ph}$  : courant produit par la photopile, ce courant est proportionnel au flux lumineux ( $\phi$ ).

$R_s$  : résistance série.

**Rsh** : résistance en parallèle.

**id** : courant diode.

## I.9.4.2 Caractéristiques courant-tension :

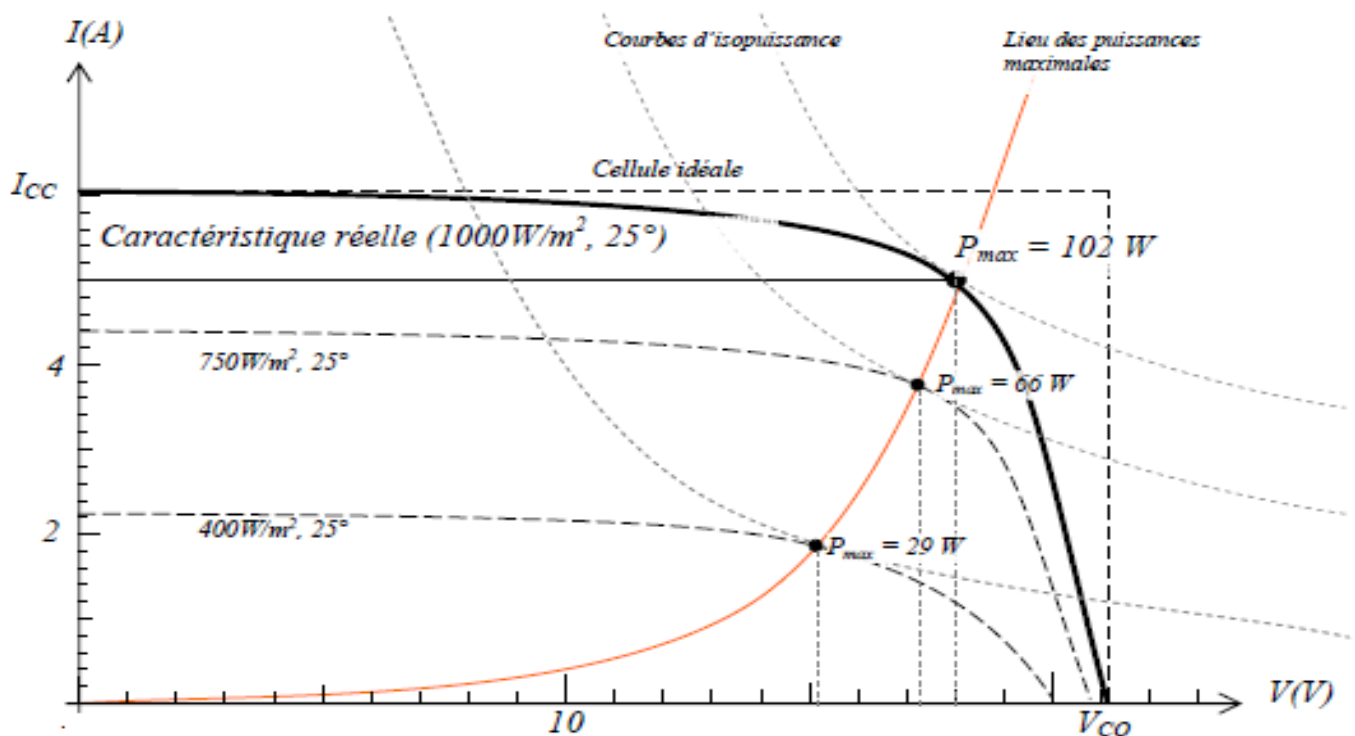
La courbe caractéristique d'une cellule PV représente la variation du courant qu'elle produit en fonction de la tension aux bornes de la cellule. Cette courbe est établie dans des conditions ambiantes de fonctionnement données. En effet, le fonctionnement des cellules photovoltaïques dépend des conditions d'ensoleillement et de température à la surface de la cellule. Ainsi, chaque courbe courant-tension correspond à des conditions spécifiques de fonctionnement. Si par exemple la température de la surface évolue, la courbe n'est plus la même. [14]

### a. Tension de circuit ouvert $V_{CO}$ (pour $I_{CO} = 0$ )

On l'obtient en branchant directement un voltmètre aux bornes de la cellule.

### b. Courant de court-circuit $I_{CC}$ (pour $V_{CC} = 0$ ) :

Tension nulle correspondant au courant maximum On obtient sa valeur en branchant un ampèremètre aux bornes de la cellule.



**Figure I.10** : Courbe des caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque

## La puissance maximale d'une cellule

Une cellule PV possède un point pour lequel sa puissance débitée est maximum. Ce point est tangent à une courbe d'iso puissance. On la nomme  $p_{max}$

### Facteur de forme

On appelle facteur de forme  $f$  le rapport entre la puissance maximum fournie par la cellule  $p_{max}$  dans des conditions d'éclairement, de température et de vitesse de circulation de l'air ambiant donnés, et le produit du courant de court-circuit  $I_{cc}$  par la tension de circuit ouvert (c'est à  $V_{c0}$  dire la puissance maximale d'une cellule idéale) [14]

$$\frac{p_{max}}{V_{c0} * I_{cc}}$$

## I.9.5 Associations des cellules photovoltaïques

### I.9.5.1 En Parallèle

Dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et à la caractéristique résultante du groupement est obtenue par l'addition des courants à tension donnée [15]

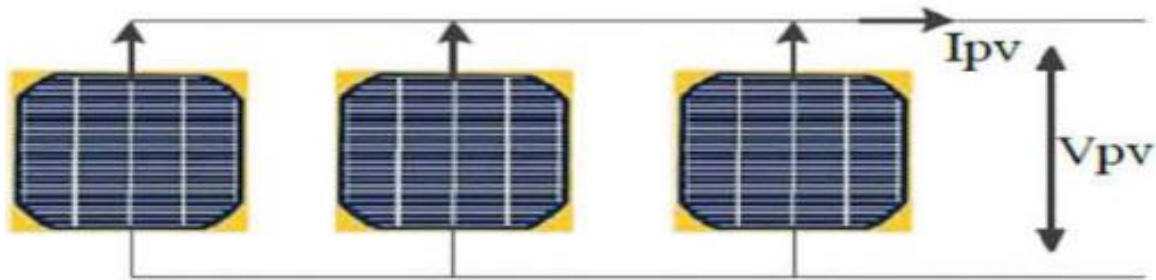
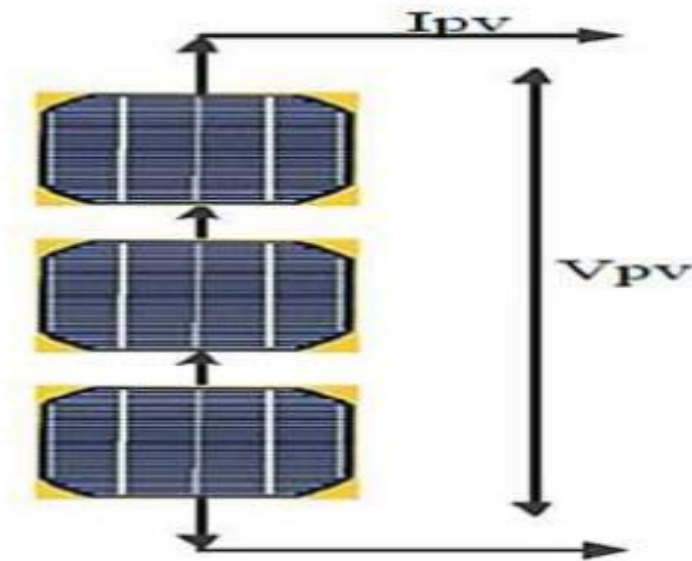


Figure I.11 : Schéma de cellules associées en parallèle.

### I.9.5.2 En Série

Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par addition des tensions à courant donné [15]



**Figure I.12 :** Schéma de cellules photovoltaïques associées en série

### I.10 Différents types des systèmes photovoltaïques

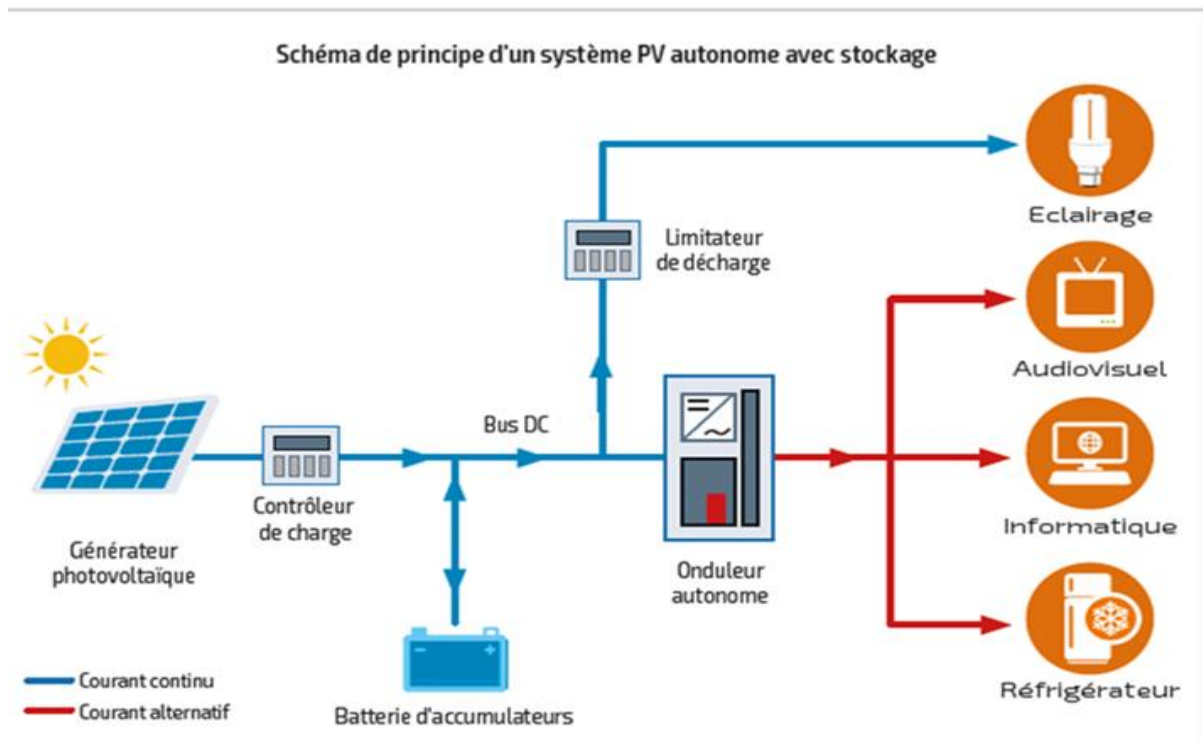
Il existe différents types de systèmes photovoltaïques, chacun ayant ses propres caractéristiques et avantages. Les principaux types de systèmes photovoltaïques sont les suivants :

Les systèmes autonomes sont complètement indépendants d'autres sources d'énergie. Ils servent habituellement à alimenter les maisons, les chalets ou les camps dans les régions éloignées ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau. Selon l'utilisation ou non du stockage électrochimique, les systèmes photovoltaïques autonomes sont classés comme suit :

- Des systèmes photovoltaïques autonomes avec stockage.
- Des systèmes photovoltaïques sans stockage (au fil du soleil). [16]

#### I.10.1 Systèmes autonomes avec stockage:

C'est la configuration la plus courante des systèmes photovoltaïques autonomes, elle comporte des batteries qui emmagasinent l'énergie électrique produite par le générateur photovoltaïque au cours de la journée (figure I.8). Donc, le stockage électrochimique dans les batteries est indispensable pour assurer le fonctionnement nocturne ou durant un nombre de jours prédéfinis dans le dimensionnement des systèmes photovoltaïques. [16]



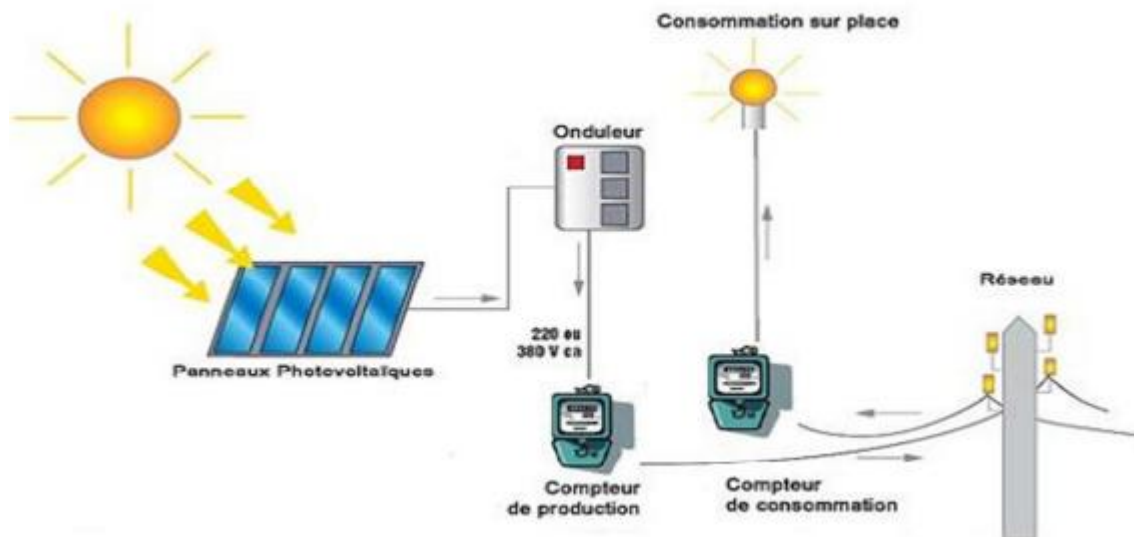
**Figure I.13 :** Système PV autonome ou isolé

### I.10.2 Les systèmes autonomes sans stockage :

Dans ce cas, l'appareil alimenté ne fonctionnera qu'en présence d'un éclairage solaire suffisant pour son démarrage. C'est intéressant pour toutes les applications qui n'ont pas besoin de fonctionner dans l'obscurité, et pour lesquelles le besoin en énergie coïncide avec la présence de l'éclairage solaire. Mais il faut bien dimensionner le générateur photovoltaïque de sorte qu'il ait assez de puissance pour alimenter l'appareil à l'éclairage le plus faible. Le pompage photovoltaïque est un exemple de cette catégorie de systèmes autonomes où le stockage de l'eau dans un réservoir est généralement le plus adopté par rapport au stockage électrochimique. La pompe solaire est branchée directement sur le générateur photovoltaïque par l'intermédiaire d'un convertisseur DC/DC ou DC/AC selon que nous utilisons respectivement un moteur à courant continu ou un moteur à courant alternatif. Le débit d'arrivée d'eau dans le réservoir est donc variable et en fonction du rayonnement solaire. [6]

### I.10.3 Système PV raccordé au réseau :

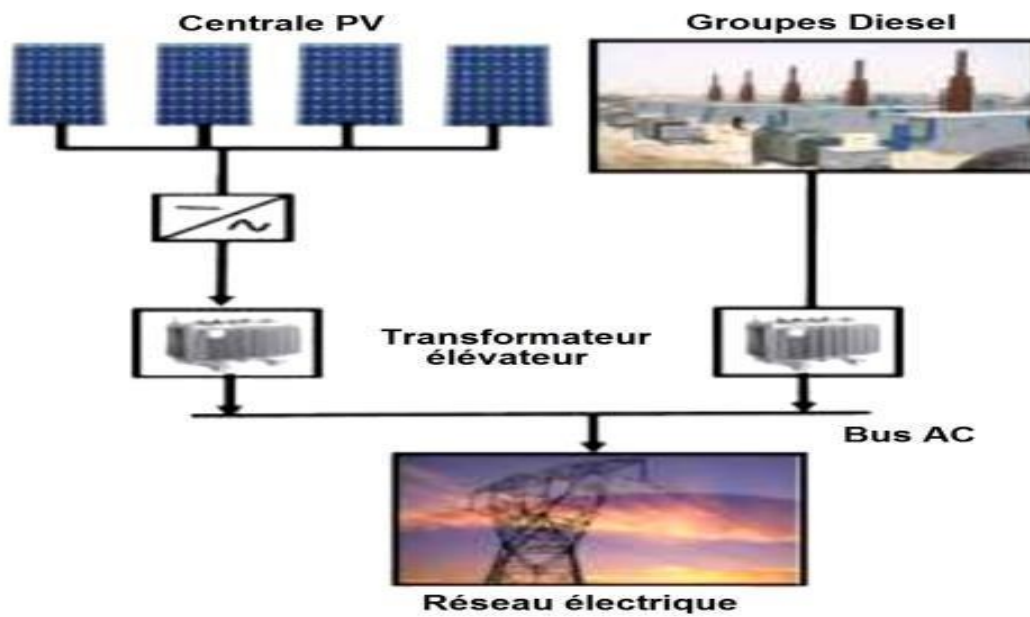
Un tel système s'installe sur un site raccordé au réseau (Sonalgaz en Algérie). Généralement sur des habitations ou des entreprises qui souhaitent recourir à une forme d'énergie renouvelable et qui bénéficient d'un bon ensoleillement. On peut distinguer des systèmes PV raccordés aux réseaux avec et sans batteries de stockage. [16]



**Figure I.14:** Système PV raccordé au réseau sans batterie

### I.10.4 Système PV hybride :

Les systèmes photovoltaïques hybrides intègrent un générateur photovoltaïque et un autre générateur : éolienne, groupe électrogène... et même parfois le réseau public d'électricité. En général, un système de batteries stocke l'énergie et permet ainsi de ne pas perdre l'énergie des sources aléatoires telles que le solaire ou l'éolien. La difficulté de ce type de système est d'équilibrer les différentes sources d'énergie de façon à toutes les optimiser, étant entendu que les sources thermiques (gasoil, gaz...) et le réseau public, sont toujours les appoints de dernier recours. [16]



**Figure I.15 :** Système PV hybride

### I.11 Avantages et inconvénient de l'énergie solaire

L'énergie solaire présente de nombreux avantages, mais aussi quelques inconvénients.

#### I.11.1 Avantage

- Renouvelable
- Réduction des émissions de carbone
- Faible impact environnemental
- Coûts en baisse
- Distribution décentralisée
- Facilité de maintenance

#### I.11.2 Inconvénients

- Variabilité et intermittence
- Besoin d'espace
- Dépendance aux conditions météorologiques
- Coûts initiaux élevés
- Besoin de stockage



# **Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation Photovoltaïque**

# I Chapitre II : dimensionnement d'une installation photovoltaïque

## I.1 Introduction :

L'énergie solaire photovoltaïque est devenue une solution incontournable dans la transition vers des sources d'énergie renouvelable et durable. Toutefois, la conception et le dimensionnement d'une installation photovoltaïque appropriée sont des éléments essentiels pour garantir son efficacité, sa fiabilité et sa rentabilité. Le dimensionnement d'une installation photovoltaïque consiste à déterminer la taille optimale du système, en tenant compte de nombreux facteurs tels que la demande énergétique, les conditions environnementales, les caractéristiques des composants du système et les contraintes budgétaires. Cette étape requiert une analyse approfondie et une expertise technique pour s'assurer que le système répond aux besoins spécifiques du site tout en maximisant sa performance énergétique. Dans cette optique, cette introduction explorera les différentes méthodes de dimensionnement d'une installation photovoltaïque, mettant en lumière les considérations clés et les approches couramment utilisées dans cette discipline en constante évolution.

## I.2 Les méthodes de dimensionnement : PROCEDURE DE CALCULE

### I.2.1 Besoin énergétique : [2]

Un système bien adapté nécessite l'évaluation de la puissance électrique des applications à alimenter. L'énergie nécessaire s'exprime par :

$$E_C = P * T \quad (\text{II.1})$$

Avec :

**E<sub>C</sub>** : Énergie consommée

**P** : puissance de fonctionnement de l'appareil

**T** : temps d'utilisation

L'énergie est donc le produit de la puissance par le temps. La relation permet de calculer les besoins journaliers en énergie.

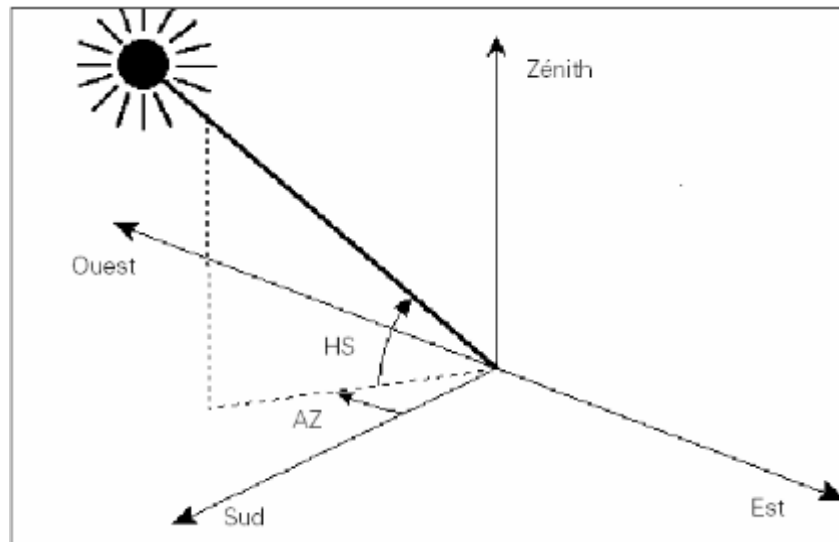
En effet, comme un système photovoltaïque doit fournir son énergie durant une journée entière, il est naturel de prendre la période de 24 heures comme unité de temps.

L'énergie  $E_c$  est donc l'énergie électrique consommée en 24 heures par l'application et s'exprime en Watt- heure par jour (Wh/j). On l'appelle aussi consommation journalière.

### **I.2.2 Energie solaire récupérable : [1]**

#### **I.2.2.1 Inclinaison et orientation optimales des capteurs photovoltaïques**

L'énergie fournie par les capteurs photovoltaïques est directement proportionnelle à l'ensoleillement. Afin d'optimiser au mieux l'installation solaire il faut donc tenir compte de ce facteur, qui dépend à son tour du lieu de l'installation, de l'orientation et de l'inclinaison de ces capteurs. Idéalement, Ils doivent être orientés en plein Sud dans l'hémisphère Nord et en plein Nord dans l'hémisphère Sud, à l'écart des zones ombragées, et inclinés d'un angle qui permet l'optimisation de l'énergie récupérée. Un plan incliné est caractérisé par son inclinaison  $\beta$  (par rapport à l'horizontale), et son orientation ou azimut  $\chi$  par rapport au sud.



**Figure (II.1) :** Définition des angles pour un plan incliné : inclinaison  $\beta$ , azimut  $\chi$  et l'angle d'incidence  $\theta$ . [24]

### I.2.2.2 Données météorologiques : [2]

La conception des systèmes photovoltaïques nécessite la connaissance du rayonnement solaire utile sur le site d'installation. Cette connaissance est l'un des paramètres essentiels de l'étude préalable. Pour un besoin électrique donné, plus l'énergie solaire reçue est grande, moins est le nombre de panneaux solaires à installer et inversement. En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé au sol. L'influence de l'atmosphère provoque la diffusion et l'absorption d'une partie du rayonnement incident. La modification par l'atmosphère du rayonnement solaire obéit à des phénomènes assez complexes et surtout en grande partie aléatoires. Le flux lumineux reçu au niveau du sol à un instant donné dépend d'un grand nombre de paramètres : Gaz présents dans l'atmosphère, Nuages, Albédo (réflectivité du sol), Température ambiante, Vent, Humidité relative, etc.

Or tous ces paramètres dépendent du lieu géographique, de la saison, de l'heure de la journée, des conditions météorologiques du moment.

Il est donc important de disposer de données fiables en recourant à des statistiques accumulées sur les années antérieures grâce à un instrument de mesure appelé « héliographe ».

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

Grace à cet instrument de mesure, les stations météorologiques élaborent des statistiques de rayonnement solaire intégré en [KWh/m<sup>2</sup>. J] à partir de toutes les données récoltées. Ce sont ces données, globales sur une journée, qui servent la plupart du temps au dimensionnement d'un système photovoltaïque.

### I.2.3 Dimensionnement du générateur photovoltaïque :

Cette étape consiste à calculer la quantité de modules photovoltaïques que l'on devra posséder pour couvrir les besoins en électricité.

#### I.2.3.1 Puissance crête d'un générateur photovoltaïque : [3]

La puissance crête des panneaux à installer dépend de l'irradiation du lieu d'installation. On la calcule en appliquant la formule suivante

$$P_c = \frac{E_c}{K \times I_r} \quad (\text{II.2})$$

**P<sub>c</sub>**: Puissance crête de champs photovoltaïque en Watt crête (WC)

**E<sub>c</sub>** : Energie consommée par jour (Wh/jour)

**I<sub>r</sub>**: Temps moyen d'ensoleillement journalier (h/jour)

En Algérie :  $2 \leq I_r \leq 8$ . On prend la moyenne de 5 h/Jour

**K** : Coefficient correcteur, ce coefficient tient compte :

- De l'incertitude météorologique.
- De l'inclinaison non corrigée des modules suivant la saison.
- Du point de fonctionnement des modules.
- Du rendement moyen charge/décharge de la batterie (90%).
- Du rendement de régulateur (95%).
- Des pertes dans les câbles et connexions pour les systèmes avec batterie.

K est en générale compris entre 0,55 et 0,75. La valeur souvent utilisée dans les calculs du

Système avec batterie est  $k=0,65$ . [4]

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

### I.2.3.2 Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque : [2]

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en Watt. De façon générale on a : [3]

Puissance Crête (WC)	Moins de 500WC	De 501WC à 2000WC	De 2001WC à 10000WC	Plus de 10000 WC
Tension du Champ (v)	12	24	48	96

**Tableau(II.1):** Tension du champ en fonction de sa puissance crête [3]

### I.2.3.3 Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser :

A partir de la puissance crête des panneaux on peut déterminer le nombre de :

**\* Panneaux solaire nécessaires à l'installation :**

$$N_m = \frac{P_c}{\text{Puissance crête unitaire panneau}} \quad (\text{II.3})$$

**\*Le nombre de modules connectés en série sera égale à :**

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_n} \quad (\text{II.4})$$

$V_{ch}$ : Tension total du champ.

$V_n$ : La tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

\*Le nombre de modules connectés en parallèles s'exprime par :

$$N_p = \frac{Nm}{V_n} \quad (\text{II.5})$$

Avec :

Nm : nombre total de panneaux photovoltaïques

Ns : nombre de panneaux connectés en série.

### I.2.4 Dimensionnement du parc de batteries : [2]

Pour réaliser le dimensionnement des batteries, on procède de la façon suivante :

- On calcule l'énergie consommée ( $E_c$ ) par les différents récepteurs.
- On détermine le nombre de jours d'autonomie nécessaires.
- On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé.
- On calcule la capacité (C) de la batterie en appliquant la formule ci-dessous :

$$C_{ch} = \frac{E_c \times N}{D \times V_{ch} \times R_{batt}} \quad (\text{II.6})$$

**R<sub>batt</sub>** : rendement de la batterie

$C_{ch}$  : Capacité du champ de batterie en ampère. Heure (Ah)

$E_c$  : Énergie consommée par jour (Wh/j)

N : nombre de jours d'autonomie

D : décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb)

V<sub>ch</sub> : Tension du champ

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

\*Nombre de batteries en séries :

$$N_s = \frac{V_{ch}}{U} \quad (\text{II.7})$$

U : tension de la batterie (V)

\* Nombre de batterie en parallèles :

$$N_p = \frac{C_{ch}}{C_{batterie}} \quad (\text{II.8})$$

Avec :

**C batterie:** Capacité d'une batterie.

La durée de vie d'une batterie décroît rapidement lorsque la profondeur de décharge augmente. En général, on essaie de limiter la profondeur de décharge à 50%, c'est-à-dire que l'on utilisera que la moitié de la capacité des batteries.



Figure(II.2) : Batterie solaire [23]

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

### I.2.5 Dimensionnement du régulateur de charge : [3] [4]

Le régulateur est dimensionné d'après les paramètres suivants : tension nominal, courant D'entrée et courant de sortie.

Tension nominale : Elle doit être celle du champ photovoltaïque.

Courant d'entrée  $I_{max}$ : C'est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles

Débit. Il doit être supporté sans problème par le régulateur. Pour estimer ce courant, le plus sûr est de prendre 1,5 fois le courant maximal.

Courant de sortie  $I_s$  : L'intensité du courant de sortie du régulateur doit être supérieure à la

Valeur maximale que peuvent tirer les récepteurs simultanément. Elle peut être

Déterminée par la formule suivante :

$$I_{max} = \frac{P_{ch}}{V_{ch}} \quad (\text{II.9})$$

$P_{ch}$ : La puissance du champ photovoltaïque qui est calculée comme suit :

$$P_{ch} = P_p \times N_p \times P_c \quad (\text{II.10})$$

$P_p$  : Puissance crête unitaire panneau

### I.2.6 Dimensionnement de l'onduleur : [2]

Le convertisseur de courant se dimensionne en fonction de plusieurs critères :

#### I.2.6.1 La tension d'entrée :

C'est la même que la tension des batteries ou du régulateur (12, 24 ou 48V DC).

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

### I.2.6.2 La tension de sortie :

En Algérie nous utilisons du 220/230 V, 50Hz. [18]

### I.2.6.3 La puissance nominale :

C'est la puissance que les appareils consomment en électricité pour fonctionner de façon "normale". Pour connaître cette puissance nominale, il suffit de faire la somme des puissances des appareils électriques susceptible d'être utilisés en même temps Il faut toujours choisir un convertisseur dont la puissance est légèrement supérieure à celle des appareils.

### I.2.6.4 La puissance maximale :

L'onduleur doit être capable de fournir une grande puissance (Généralement 2 ou 3 fois la puissance nominale). Cette particularité est utile pour les appareils qui possèdent un moteur (réfrigérateur, micro-onde, lave-linge, ...), car leur consommation augmente très fortement lors du démarrage. En général, si le dimensionnement de la puissance nominale est réalisé correctement, la puissance maximale est prévue par ces onduleurs est suffisante.

### I.2.6.5 Le rendement :

Une partie de l'électricité transformée est consommée par le convertisseur de courant (entre 80 et 95% de l'énergie est restituée). Il est important de contrôler ce rendement, sachant qu'un bon produit se situe autour de 90%. De plus, la plupart des convertisseurs consomment de l'énergie même lorsqu'ils ne fonctionnent pas (stand-by). Certains sont équipés d'un système de marche/arrêt qui permet de grandes économies dans les petites installations photovoltaïques.

## I.2.7 Le dimensionnement des câbles électriques solaires : [2]

Pour assurer le transport de l'énergie des modules jusqu'au régulateur de charge, on ne peut pas utiliser n'importe quel câble électrique. Les câbles solaires sont étudiés pour résister aux conditions liées à leur utilisation. Ils sont les seuls à pouvoir assurer une longue durée de vie (supérieure à 30 ans) tout en minimisant les pertes d'énergie. La résistance d'un câble électrique ne dépend ni de la tension ni de l'intensité du courant qui le traverse, mais dépend de la résistivité ( $\rho$ ) des matériaux utilisé (cuivre, argent, fer, ...), de la longueur du câble, de sa section, et de sa température. Le cuivre est de loin le conducteur le plus utilisé, et sa résistivité

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

oscille entre  $16 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$  à  $0^\circ\text{C}$  et  $17 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$  à  $25^\circ\text{C}$ . L'équation permettant de connaître la résistance est la suivante :

$$R = \rho \times \frac{L}{S} \quad (\text{II.11})$$

Avec :

**R** : la résistance en ( $\Omega$ )

**$\rho$**  : la résistivité en ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

**L** : la longueur du câble en (m)

**S** : la section du câble s en ( $\text{mm}^2$ )

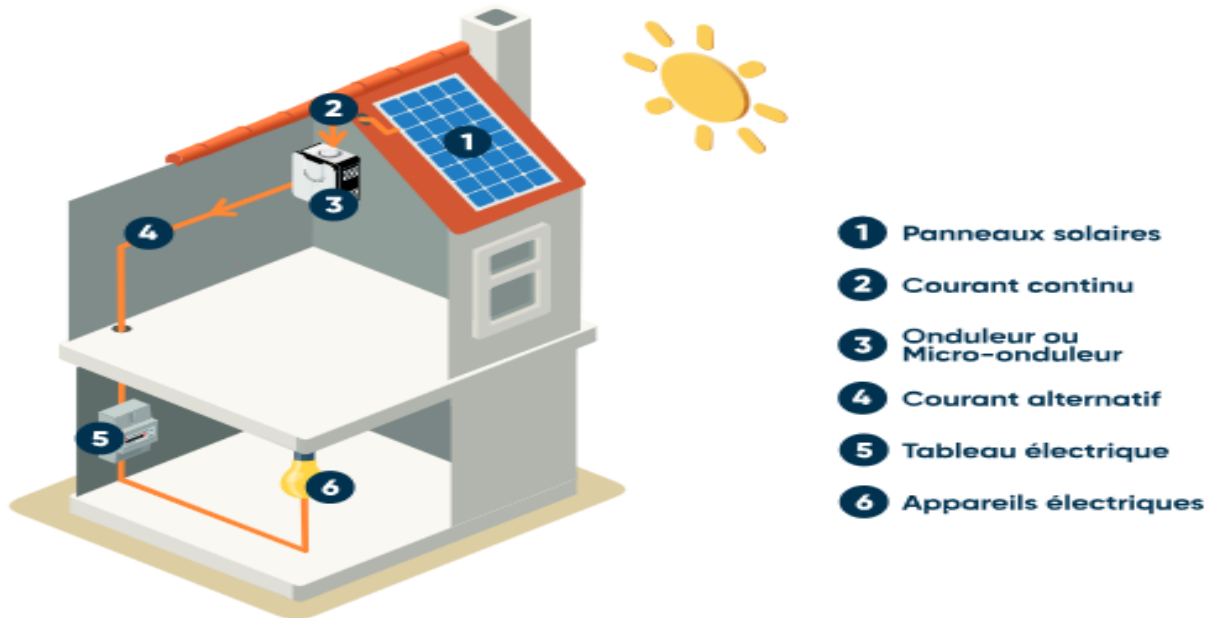


**Figure (II.3) :** Câbles solaire [18].

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

### I.3 Application : [2]

Pour bien comprendre les étapes de dimensionnement d'une installation photovoltaïque on propose de faire une application sur une habitation.



**Figure (II.4) :** image d'une maison équipée d'une installation photovoltaïque.

Les panneaux photovoltaïques disposés sur la toiture de la maison, captent les rayons solaires qu'ils transforment en électricité par effet photovoltaïque. Pour assurer un fonctionnement optimal de ces panneaux, on dispose un régulateur de charge qui assure la charge du parc de batteries et, un onduleur qui convertit le courant continu en courant alternatif pour alimenter les charges.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

### I.3.1 Consommation énergétique (étape 1) :

Appareils	Nombre de Charges	Puissance nominale (W)	Heure d'utilisation (H)	Energie (Wh/jour)	Rendement De conversion	Energie corrigée du rendement (Wh/jour)
lampes	10	9	5	450	-	450
Téléviseur+démo	1	90+40	3	390	0.95	410.53
Ordinateur	1	200	2	400	0.95	421.05
imprimante	1	45	1	45	0.95	47.37
Machine a laver	1	1000	1	1000	0.95	1052.63
Réfrigérateur	1	250	24	6000	0.95	6315.79
Climatiseur	1	1500	3	4500	0.95	4736.84
Pompe à eau	1	370	5	1750	0.95	1842.10
Totale	.....	3545	.....	.....	.....	15276.31

**Tableau(II.2):** Consommation énergétique de l'habitation.

### I.3.2 Localisation du site (étape 2) :

**Wilaya :** Tizi-Ouzou

**Site :** Hasnaoua II ("Bastos")

**Latitude ( $\lambda$ ):** 36°, 42 Nord

**Longitude ( $\Phi$ ) :** 4°,08 Est

**Altitude (z) :** 153,40 mètres

**Albédo :** 0,7

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

Température ambiante min : +5°C

Température ambiante max : +40°C

$\beta$  (°) =  $\varphi + 10^\circ$  Ce qui donne :  $\beta$  (°) =  $36^\circ 42' + 10^\circ = 46^\circ 42'$ .

### I.3.3 Données météorologiques (étape 3) :

En Algérie : [18].

- La durée d'ensoleillement journalière minimale est de : 2 h/jour.
- La durée d'ensoleillement journalière maximale est de : 8h/jour.
- En général on prend la moyenne de : 5 h/jour.

### I.3.4 Dimensionnement du générateur photovoltaïque (étapes 4) :

#### I.3.4.1 Puissance crête de l'installation :

Tenant compte de la puissance nécessaire au fonctionnement des appareils. On évalue la puissance crête des panneaux solaires, donnée par l'équation comme suit :

$$P_c = \frac{15276.31}{0,65 \times 5} = 4700.40 \text{ W c.}$$

D'après ces puissances crêtes, en se référant au tableau (II.1). On détermine la tension de installation, il vient que :

La puissance crête (WC)	4700.40
Tension de l'installation U (V)	48

**Tableau (II.3):** Tensions d'installations:

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

### Caractéristiques du panneau solaire à utiliser pour l'installation :

Les panneaux photovoltaïques choisis sont de type monocristallin, leurs caractéristiques sont consignées dans la figure ci-dessous

Model Type		BSM300M-60		
Solar Cell Type		Mono 156×156 cell		
Date		Jun.2019		
Pm	Vmp	Imp	Voc	Isc
300W	32.6V	9.19A	39.8V	9.77A
Maximum System Voltage		1000V(IEC)		
Maximum Series Fuse Rating		20A		
Size		1640*992*35mm		
Weight		18KG		
Output Tolerance		0-3%		
Standard Test Condition		1000W/m², AM 1.5, 25°C		
Operating Temperature		-40°C to +85°C		
Manufacture Warranty		10 years		
Power Performance Warranty		>90% after 15 years >80% after 25 years		

ISO9001/14001, CE, TÜV, IEC 61215, IEC 61730, Safty Class II

BLUESUN SOLAR ENERGY TECH. CO.,LTD  
Add:Wenshui Road, New Industrial Park,  
Shushan District, Hefei, China  
Tel:+86 (158) 5821 3997 Fax:+86 (551) 6520 3660  
E-mail:info@bluesunpv.com Http://www.bluesunpv.com

**Figure (II.5):** Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque à utiliser dans l'installation.

### I.3.5 Nombre de panneaux à utiliser pour l'installation :

D'après les équations le nombre de panneaux utiliser en séries et en parallèles correspond à :

Nombre de panneaux total à utiliser :

$$N_m = \frac{P_c}{\text{Puissance crête unitaire panneau}}$$

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

Ce qui donne :

$$N_m = \frac{4700.40}{300} = 15.66$$

Donc on utilise 16 panneaux d'une puissance électrique de 300 W chacun.

### I.3.5.1 Nombre de modules connectés en série :

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_n}$$

Ce qui donne :

$$N_s = \frac{48}{32.6} = 1.47$$

N s obtenu vaut 1.47, on opte pour 2 panneaux connecté en série.

### I.3.5.2 Nombre de modules connectés en parallèles :

Le nombre de modules en parallèle N p s'exprime par :

$$N_p = \frac{N_m}{N_s}$$

Ce qui donne :

$$N_p = \frac{16}{2} = 8$$

Donc on utilise 8 panneaux de 300Wc connectés en parallèles.

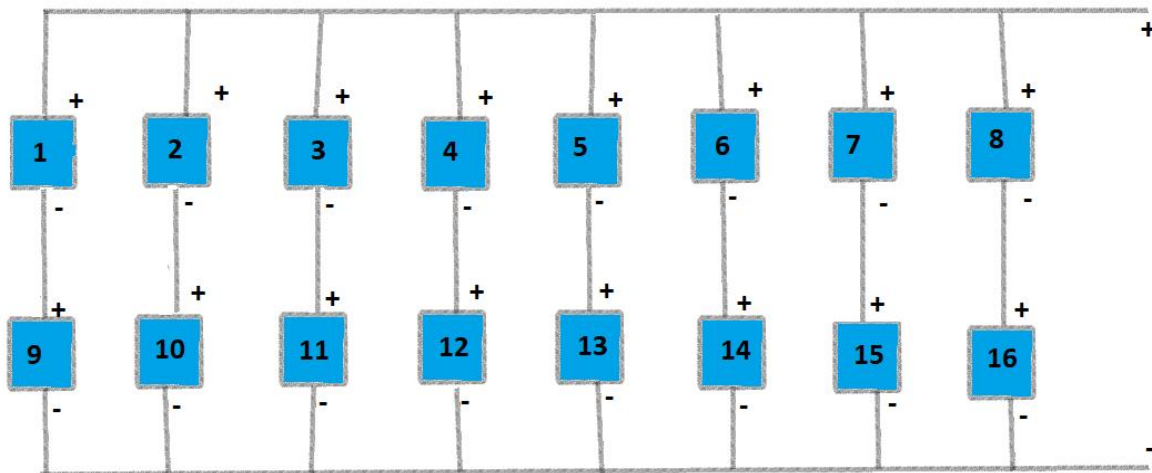


Figure (II.6) : le schéma de l'installation PV GLOBALE (SÉRIE-PARALLÈLE)

### I.3.6 Choix des batteries (étape 5) :

On va calculer le nombre total des batteries à utiliser en série et en parallèle. Pour 4 jours d'autonomie ( $N=4$ ), tenant compte de la puissance requise au fonctionnement des appareils

$$C_{ch} = \frac{Ec \times N}{D \times V_{ch} \times R_{batt}}$$

On fixe  $R_{batt}=1$

AN :

$$C_{ch} = \frac{15276.31 \times 4}{0.8 \times 48 \times 1} = 1591.28 \text{Ah}$$

#### I.3.6.1 Nombre batterie de batteries en séries :

$$N_s = \frac{V_{ch}}{U}$$

On prend le choix des batteries de 24v, car on cas où une batterie perd son fonctionnement on va changer une batterie de 24 v mieux qu'une batterie de 48 v qui est plus chère.

Ce qui donne :

$$N_s = \frac{48}{24} = 2$$

**I.3.6.2 Nombre de batteries installées en parallèle correspond à :**

$$N_p = \frac{C_{ch}}{C_{batterie}}$$

Ce qui donne :

$$N_p = \frac{1591.28}{200} = 7.95$$

Donc en utilise 8 batteries de 24 V et 200 Ah.

Le nombre total de batteries à utiliser pour l'installation en correspond alors à :

**Nombre total de batteries = NP × Ns**

Ce qui donne :

$$N_t = 8 \times 2 = 16$$

**I.3.7 Choix du régulateur de charge (étape 6) :**

La régulation de charge sera dimensionnée pour l'installation Comme suit :

$$I_{max} = \frac{P_{ch}}{V_{ch}}$$

Avec :

$$P_{ch} = P_p * N_p * N_s$$

Ce qui donne :

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

$$P_{ch} = 300 \times 8 \times 2 = 4800 \text{ Wc}$$

Ce qui donne :

$$I_{max} = 4800/48 = 100 \text{ A}$$

Don on utilise un régulateur de 48v/100A



Figure (II.7) : type de régulateur de charge utilisé dans l'installation

### I.3.8 Choix de l'onduleur (étape 7) :

Les caractéristiques de l'onduleur utilisé doivent être compatibles avec une installation ayant une tension de 48 V et une demande de puissance de 4800 WC.

$$P_{onduleur} = (P_{ch}^2 + P_r^2)^{0.5}$$

$$\text{Avec : } P_r = P_{ch} \times \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$

$P_r$ : Puissance réactive [KVAR]

On prend :  $\cos \beta = 0,8$  et  $\sin \beta = 0,6$

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

Ce qui donne :

$$Pr = 4800 \times \frac{0.6}{0.8} = 3.6 \text{ kVAR}$$

$$P_{\text{onduleur}} = (4.8^2 + 3.6^2)^{0.5} = 6 \text{ KVA}$$



Figure (II.8) : type d'onduleur utilisé dans l'installation.

### I.3.9 Choix des câbles (étape8) :

Dans cette partie, on donne un aperçu de calcul des câbles nécessaires à la connexion des différents panneaux photovoltaïques, quant aux autres connexions (régulateur, appareils, onduleur) elles restent tributaires des conditions de réalisation sur le site.

La chute de tension admise à travers un câble étant de 2% de la tension appliquée sur le champ de batteries de stockage, il vient que la différence de potentiel admise au bornes d'un câble de connexion correspond à :

$$\Delta U = \text{Tension appliquée} \times 0,02$$

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

### I.3.9.1 Calcul de la section du câble à utiliser Pour l'installation :

Tenant compte de l'intensité optimale délivrée par un panneau solaire, soit :

$$I_{\max} = 9.19 \text{ A}$$

Il vient que pour huit panneaux connectés en parallèles, l'intensité totale délivrée sera :

$$I_{\max} = 9.19 \times 8 = 73.52 \text{ A}$$

La tension du champ de batteries étant de 48V, la chute de tension admise pour les câbles de connexion sera alors :

$$\Delta U = 48 \times 0.02 = 0.96 \text{ V}$$

A partir de la loi d'Ohm, on évalue la résistance de ces câbles par :

$$R = \Delta U / I = 0.96 / 73.52 = 0.013 \text{ } \Omega$$

Considérant que la longueur du câble solaire à utiliser étant égale à la largeur des huit panneaux en parallèles, il vient que :

$$L = 0.99 \times 8 = 7.92 \text{ m}$$

La section des câbles à utiliser se déduit par :

$$S = \rho \times \frac{L}{R}$$

Ce qui donne :

$$S = 16 \times 10^{-9} \times \frac{7.92}{0.013} = 9.74 \text{ mm}^2$$

Section des câbles en mm <sup>2</sup>	0.5	0.75	1	1.25	2.5	4	6	10	16
Intensité max en A	3	6	10	16	25	30	40	60	80

**Tableau (II.4):** Variation de la section du câble en fonction de l'intensité du courant.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

Les résultats du dimensionnement pour les deux systèmes sont résumés dans le tableau suivant :

Dimensionnement		Système
Puissance crête à installer (WC)		4700
Tension de l'installation (V)		48
Nombre de modules	Total	16
	En série	2
	En parallèle	8
Batteries	Capacité Total (Ah)	1591.28
	Nombre total	16
	Eléments en séries	2
	Eléments en parallèles	8
	Courant de sortie(A)	100
Régulateur de charge		48V/100A
Type de câble section (mm <sup>2</sup> )/ et longueur(m)		10 /10
Puissance de l'onduleur (KVA)		6

**Tableau (II.5):** Résultats du dimensionnement système.

### I.4 Les modèles de calcul de l'irradiation solaire :

#### I.4.1 Modèle de Foued CHABANE:

Le modèle établi est basé sur des régressions non linéaires en fonction de la hauteur du soleil ‘‘ h’’ et de l'humidité relative ‘‘Hr’’ écrites en fonction de l'irradiation globale pour plusieurs jours de tests pour un plan incliné (45°) d'orientation sud [22].

$$\mathbf{G \text{ proposé} = 696.42 \times \left(\frac{h}{1.124}\right)^{1.124} + 1.175 \times \left(Hr \times \frac{1}{1.24}\right) \quad \text{(II.12)}}$$

#### I.4.2 Modèle de Lacis & Hansen:

La formule générale proposée par Lacis & Hansen pour le calcul du rayonnement solaire global sur un plan horizontal :

$$\mathbf{G = I_{SC} * \cos(\theta_Z) \left( \frac{(0.647 - \rho_S - \alpha_0)}{(1 - 0.0685 * \rho)} \right) * 0.33 - \alpha_W \quad \text{(II.13)}}$$

$I_{SC}$  Est la constante solaire extraterrestre calculée par:

$$\mathbf{I_{SC} = I_0 * \left( 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360}{365} * (n_j - 3)\right) \right) \quad \text{(II.14)}}$$

$\rho_S$ : Résistivité du sol

$\alpha_W$ : Représente le coefficient d'absorption du rayonnement direct par la vapeur d'eau.

Avec :

$I_0$  : La constante solaire moyenne égale à  $1367 \text{ W.m}^{-2}$

$n_j$  : Le numéro de jour dans l'année

$\theta_Z$  est l'angle zénithal ( $z = 90^\circ$ ) et  $h$  est la hauteur du soleil.

Le coefficient  $\alpha_0$  correspond à l'absorption du rayonnement solaire direct par la couche d'ozone, est calculé par la relation:

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

$$\alpha_0 = \frac{(0.02118 * U_0)}{(1+0.042 * U_0+3.23*10^{-4}*U_0^2)} + \frac{(1.082*U_0)}{(1+138.6*U_0)^{0.805}} + \frac{(0.0658*U_0)}{(1+(103.6*U_0)^3)} \quad (\text{II.15})$$

Où,  $U_0$  est l'épaisseur de la couche d'ozone corrigée par le trajet optique du rayonnement solaire à travers cette couche et défini par:

$$U_0 = I * m_r \quad (\text{II.16})$$

Où,  $m_r$  est la masse d'air optique relative donnée par l'équation:

$$m_r = (\cos(\theta_z) + 0.15(93.885 - \theta_z)^{-1.253})^{-1} \quad (\text{II.17})$$

Et,  $I$  représente la quantité d'ozone à la verticale du lieu (épaisseur de la couche d'ozone) qui est donnée par :

$$I = \left\{ 235 + \left[ 150 + 40 * \sin(0.9856(n_j - 30)) + 20 * \sin(3 * L) \right] * [\sin^2(128 * \varphi)] * 1000 \right\} \quad (\text{II.18})$$

$L$  Et  $\varphi$  sont respectivement la longitude et la latitude du lieu.

Et  $\alpha_w$  représente le coefficient d'absorption du rayonnement direct par la vapeur d'eau. Donnée par l'équation:

$$\alpha_w = \left( \frac{2.9 * X_w}{((1+141.5 * X_w)^{0.635} + 5.925 * X_w)} \right) \quad (\text{II.19})$$

Avec :

$X_w$ , Qui est l'épaisseur d'eau condensable corrigée par trajet optique du rayonnement à travers cette couche, donnée par:

$$X_w = m_a * U_w \quad (\text{II.20})$$

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

$U_w$  Est l'épaisseur d'eau condensable à la verticale du lieu (cm). Elle est donnée par l'équation:

$$U_w = \frac{0.493}{T} * HR * \exp\left(26.23 - \frac{5416}{T}\right) \quad (\text{II.21})$$

Avec,  $m_a$  la masse d'aire corrigée exprimée par:

$$m_a = m_r * \left(\frac{P}{1013}\right)^{0.75} * \left(\frac{273}{T}\right)^{0.5} \quad (\text{II.22})$$

$T$  : La température ambiante (K)

$P$ : La pression atmosphérique (mbar) .Elle peut être calculée à partir de :

$$P = P_0 * \exp(-0.0001184 * z) \quad (\text{II.23})$$

$P_0$ : La pression atmosphérique au niveau de la mer ( $P_0= 1013$  mb)

$z$  : L'altitude du site (m), par rapport au niveau de la mer

$HR$ : L'humidité relative(%). [22]

### I.4.3 Modèle de Perrin-Brichambaut:

Le rayonnement global sur un plan horizontal est la somme du rayonnement direct et diffus donnée par :

$$G_h = I_h * \sin(h) + D_h \quad (\text{II.24})$$

Où :

$I_h$ :Le rayonnement direct reçu par une surface horizontale.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

$D_h$ : Le rayonnement diffus provenant du ciel, reçu par une surface horizontale.

$G_h$ : Le rayonnement global reçu par une surface horizontale. [22]

### I.4.4 Modèle de Kaplanis et Kaplani:

Ils ont proposé un modèle sous forme d'une équation sinus de la forme :

$$G = a + b * \cos\left(\frac{2\pi n}{364}\right) \quad (\text{II.25})$$

Avec :

$G$  : L'irradiation solaire globale journalière.

$n$ : Le nombre de jours de l'année.

$a$  et  $b$  sont les constantes de ce modèle. [22]

### I.4.5 Modèle de Zang et al:

Ils ont proposé un modèle sous forme d'une fonction composée des deux fonctions, la fonction cos et la fonction sin de la forme suivante :

$$G = a + b * \cos\left(\frac{2\pi n_c}{365}\right) + e * \sin\left(\frac{2\pi n_f}{365}\right) \quad (\text{II.26})$$

Ou:

$G$  et  $n$  sont les mêmes paramètres décrits dans les modèles précédant et les constantes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $f$  sont des constantes de ce modèle. [22]

### I.4.6 Modèle de K. Zina:

Le modèle établi est basé sur des régressions non linéaires en fonction de la température ambiante et hauteur du soleil écrite en fonction de l'irradiation global pour un plan horizontal : [11]

$$G_{\text{proposé}} = A * \left| \left( h + \left( \frac{T_a}{320} \right) \right) - X_c \right|^P \quad (\text{II.27})$$

$h$  : la hauteur du soleil

$T_a$ : Température ambiante (K)

$P$  : La pression atmosphérique à l'emplacement étudié(Pa)

### I.4.7 Relation d'A. Sambo:

Une période de 60 mois de mesure de la durée d'insolation, des températures maximales et minimales, de la température moyenne et de l'humidité spécifique, a été utilisé pour développer 12 différentes corrélations avec lesquelles la moyenne mensuelle par jour de l'irradiation globale pourra être calculée pour le site de Kano au nord du Nigeria.

Les corrélations obtenues ont été combinées pour obtenir à une forme d'équation type d'Angstrom simplifiée, cette corrélation est donnée comme suit: [11]

$$K_T = 0.62 - 0.294 * \frac{DI}{T_m} + 0.178 \left( \frac{DI}{T_m} - H_r - \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \right) + 0.491 \left( \frac{DI}{T_m} * \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \right) \quad (\text{II.28})$$

$T_m$ : Température moyenne (K)

$T_{\min}$ : Température minimale (K)

$T_{\max}$ : Température maximale (K)

$H_r$ : Humidité spécifique (%)

$DI$ : Durée d'insolation

### I.4.8 Modèle D. Bensahal and A. Yousfi:

La plupart des modèles dans la littérature font de la température un élément essentiel; dans ce modèle, la température a été basé sur les données de pression atmosphérique, de rayonnement solaire global et d'humidité relative, et a été donné selon l'expression suivante :

$$T_{air} = T_{min} + \left( \left( 1 - \left( \frac{T_{min}}{T_{max}} \right) \right) * \exp \left( \left( \frac{I}{I_0} \right) + \left( \frac{P}{P_0} \right) + \left( \frac{1+H_r}{2} \right) \right) \right) \quad (\text{II.29})$$

Avec :

$T_{air}$ : Est la température horaire de l'air (C°)

$T_{min}$  Et  $T_{max}$ : sont les températures minimale est maximale de l'air (C°)

$I_0$ : Est le solaire constant ( $I_0=1367 \text{ W/m}^2$ ).

$I$ : est le rayonnement solaire global incident sur une surface horizontale à l'emplacement étudié ( $\text{W/m}^2$ ).

$P_0$  Est la pression atmosphérique ( $P_0=101.235 \text{ K Pa}$ ).

$P$  Est la pression atmosphérique à l'emplacement étudié (K Pa).

$H_r$  Est l'humidité relative (%). [22]

### I.4.9 Modèle d'Al-Salaymeh:

Le modèle d'AL-SALAYMEH s'écrit sous forme exponentielle et donnée par la relation suivante :

$$G = a_0 * \exp \left[ -0.5 * \left( \frac{(X-a_1)}{a_2} \right)^2 \right] \quad (\text{II.30})$$

$a_0$  Est l'amplitude,  $a_1$  le centre et  $a_2$  la largeur. [22]

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

### I.4.10 Modèle de Capderou :

Le modèle de Capderou utilise le trouble atmosphérique pour calculer les composantes directes et diffuses de l'Irradiation reçue sur un plan. L'absorption et la diffusion causées par les constituants de l'atmosphère peuvent être exprimées par des facteurs de troubles, à partir de ces facteurs, on peut exprimer les irradiances directes et diffuses par ciel clair. [22]

#### I.4.10.1 Eclairage direct par ciel clair obtenu sur un plan horizontal :

$$I_b = I_0 * C_{t-s} * \sin(h) * \exp\left(-T_L^* \left(0.9 + \left(\frac{9.4}{0.89z}\right) * \sin(h)^{-1}\right)\right) \quad (\text{II.31})$$

$I_0$  Est la constant solaire égal  $1367\text{W}/\text{m}^2$  et  $h$  est la hauteur de soleil.

$T_L^*$  : Est le facteur de trouble atmosphérique de Linke, définie par la relation suivante :

$$T_L^* = T_0 + T_1 + T_2 \quad (\text{II.32})$$

$T_0$ : Le trouble de résultant de l'absorption gazeuse

$T_1$ : Le trouble correspondant à l'absorption et à la diffusion moléculaire de rayleigh

$T_2$ : Le trouble relatif à la diffusion par les sols couplés à une légère absorption

$C_{t-s}$  : C'est la correction de distance terre-soleil définie par la relation suivant :

$$C_{t-s} = 1 + 0.003 * \cos\left(\left(\frac{360}{365}\right) * (j - 2)\right) \quad (\text{II.33})$$

Avec  $j$  est le nombre de jour. L'éclairage diffus incident sur un plan horizontal  $I_d$  est donné par:

$$I_d = I_0 * \exp(-1 + 1.06 * \log(\sin(h))) + a - \sqrt{a^2 + b^2} \quad (\text{II.34})$$

Avec :

$$a = 1.1$$

$$b = \log(T_L^* - T_0) - 2.8 + 1.02(\sin(h))^2 \quad (\text{II.35})$$

### I.4.10.2 Eclairage global reçu sur un plan horizontal :

$$I_G = I_b + I_d \quad (\text{II.36})$$

### I.4.10.3 Eclairage direct est la projection de la composante normale sur un plan incliné:

$$I_{bi} = I_0 * C_{t-s} * \cos(I) * \exp\left(-T_L^* * \left(0.9 + \frac{9.4}{0.89} * \sin(h)\right)\right) \quad (\text{II.37})$$

Où I est l'angle d'incidence.

### I.4.10.4 Eclairage diffus incident sur un plan incliné:

$$I_{di} = d_{ciel} + d_{sol} + Z'_i * \frac{1+\sin(y)}{2} \quad (\text{II.38})$$

Avec:  $d_{ciel}$ ,  $d_{sol}$ , et  $y$  sont respectivement le diffus du ciel, le diffus de sol et diffus rétrodiffusé.

D'où l'éclairage global incident, à un instant donné sur un plan (x, y) est :  
[22]

$$I_{Gi} = I_{bi} + I_{di} \quad (\text{II.39})$$

## I.4.11 Modèle de R-Sun :

### I.4.11.1 Facteur de trouble de linke :

Le facteur de trouble atmosphérique de Linke  $T_L$  représente le nombre d'atmosphères idéales qui, si elles étaient superposées, entraineraient la même atténuation que l'atmosphère réelle. L'avantage du facteur de Linke est d'exprimer les divers paramètres, tels que la vapeur d'eau atmosphérique et les aérosols en un seul indice facile à utiliser. [11]

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

### I.4.11.2 Rayonnement direct incident sur un plan horizontal par ciel claire:

$$B_{hc} = I_0 * C_{t-s} * \sin(h_0) * \exp[-0.8662 * T_L * m_A * \delta_R(m_A)] \quad (\text{II.40})$$

$T_L, h_0, m_A, \delta_R$  Sont respectivement altitude de soleil, facteur de trouble de Linke, masse d'air et l'épaisseur optique de Rayleigh

Le rayonnement diffus incident sur un surface horizontal par ciel clair est donné par:

$$D_{hc} = I_0 * C_{t-s} * T_n(T_L) * F_d(h_0) \quad (\text{II.41})$$

$T_n$ : Facteur de transmission

$F_d$ : La fonction de l'altitude solaire

L'éclairement global sur un plan horizontal est calculé comme:

$$G_{hc} = B_{hc} + D_{hc} \quad (\text{II.42})$$

### I.4.11.3 Rayonnement direct normal sur un plan incliné:

$$R_{di} = B_{hc} * \sin * \left( \frac{\delta_{exp}}{\sin(h_0)} \right) \quad (\text{II.43})$$

$h_0$ : Hauteur de soleil.

$\delta_{exp}$ : Est la position du soleil par rapport à une surface inclinée

Le modèle d'estimation de l'éclairement diffus par ciel clair sur une surface inclinée est représenté par les équations suivantes:

$$D_{Ic} = D_{hc} * F_B \quad (\text{II.44})$$

Avec :

$$F_B = R_I + \left[ \sin \beta - \beta * \cos \beta - \pi * \sin^2 \left( \frac{\beta}{2} \right) \right] * N \quad (\text{II.45})$$

$$\bullet \quad R_I = \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (\text{II.46})$$

$$\bullet \quad N = 0.00263 - 0.712 - 0.6883 * K_b^2 \quad (\text{II.47})$$

Où :

$$K_b = \frac{B}{G_{0h}} \quad (\text{II.48})$$

Et :

$$G_{0h} = I_0 * C_{t-s} * \sin h_0 \quad (\text{II.49})$$

$D_{hc}$ ,  $F_B$ ,  $\beta$  Sont respectivement, l'éclairement diffus sur un plan horizontal, la fonction du rayonnement diffus du ciel et l'inclinaison du capteur. [22]

### I.4.12 Modèle de LIU & JORDAN:

Ce modèle suppose que le rayonnement diffus du ciel est isotrope, La relation de Liu & Jordan généralisée pour le calcul de l'éclairement global sur un plan incliné d'un angle ( $\beta$ ).

La relation de Liu & Jordan généralisée est donnée sous la forme suivante:

$$G = S_h * R_b + d_h * \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho * (S_h + d_h) * \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \quad (\text{II.50})$$

$\rho$  Est l'albédo terrestre.

#### I.4.12.1 Facteur d'inclinaison du rayonnement direct est:

$$R_b = \frac{\cos(L-\beta) * \cos(\delta) * \cos(\omega) + \sin(L-\beta) * \sin(\delta)}{\cos(L) * \cos(\delta) * \cos(\omega) + \sin(L) * \sin(\delta)} \quad (\text{II.51})$$

Avec :

$\delta$  : La déclinaison du soleil.

## Chapitre II : Dimensionnement d'une Installation photovoltaïque

---

$\omega$ : L'angle horaire.

L: La latitude.

$\beta$ : L'inclinaison du plan.

### I.4.12.2 Irradiation diffuse sur un plan incliné :

L'irradiation diffuse sur un plan incliné est donnée par l'expression :

$$d_i = d_h * \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \quad (\text{II.52})$$

### I.4.12.3 Irradiation réfléchie sur un plan incliné:

D'autre part, l'irradiation réfléchie sur un plan incliné est estimée par l'expression :

$$d_{re} = \rho * (S_h + d_h) * \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \quad (\text{II.53})$$

$S_h$  Et  $d_h$  sont respectivement l'éclairement direct et diffus horizontal. [22]

### **I.5 Conclusion :**

Le dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour une habitation est un processus complexe qui nécessite une analyse approfondie des besoins énergétiques, des conditions météorologiques locales et des caractéristiques techniques des composants. En utilisant des méthodes telles que le calcul de l'énergie nécessaire, l'estimation de l'énergie solaire récupérable, et le dimensionnement des différents éléments comme les panneaux, les batteries, les régulateurs de charge et les câbles électriques, il est possible de concevoir un système efficace et durable.

L'orientation et l'inclinaison optimales des panneaux solaires, ainsi que le choix des équipements en fonction de la puissance requise et des contraintes spécifiques du site, sont des aspects cruciaux du dimensionnement. De plus, l'utilisation de données météorologiques précises et fiables est essentielle pour garantir la performance et la fiabilité de l'installation sur le long terme.

En intégrant ces différentes étapes de dimensionnement de manière cohérente, il est possible de créer une installation photovoltaïque qui répond aux besoins énergétiques de l'habitation tout en contribuant à une utilisation durable des ressources énergétiques renouvelables.



**Chapitre III : Application au  
Dimensionnement d'une Installation PV  
pour l'Alimentation d'une Habitation à  
Hasnaoua II (Bastos)**

### III Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)

#### III.1 Calcule des heures d'ensoleillements du site (Bastos) : (Pour le mois de décembre) :

##### III.1.1 Les coordonnées du site :

Wilaya : Tizi-Ouzou

**Site** : hasnaoua II (bastos)

**Latitude** : 36°, 42 Nord

**Longitude** : 4°,08 Est

**Altitude** : 153,40 mètres

**Albédo** : 0,7

##### III.1.2 Calcul de l'heure du lever et de l'heure du coucher du soleil :

A partir des équations suivantes :

$$T_{\text{lever}} = 12 - \frac{(\cos^{-1}(-\tan(\text{Latitude}) * \tan(\text{Dec})))}{15}$$
$$T_{\text{coucher}} = 12 + \frac{(\cos^{-1}(-\tan(\text{Latitude}) * \tan(\text{Dec})))}{15}$$

Avec :

$$\text{Dec} = \sin^{-1}(0.398 * \sin(0.985 * j - 90))$$

$T_{\text{lever}}$  : L'heure du lever du soleil

$T_{\text{coucher}}$  : L'heure du coucher du soleil

**Dec** : La déclinaison du soleil

**j** : L'ordre du jour du 1 à 365. [25]

**Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)**

Jour	Numéros du jour	T <sub>lever</sub>	T <sub>coucher</sub>	Durée d'ensoleillement
1 décembre	335	7.54	17.20	9.66
2 décembre	336	7.54	17.18	9.64
3 décembre	337	7.54	17.17	9.63
4 décembre	338	7.54	17.16	9.62
5 décembre	339	7.54	17.14	9.60
6 décembre	340	7.54	17.13	9.59
7 décembre	341	7.54	17.11	9.57
8 décembre	342	7.53	17.10	9.57
9 décembre	343	7.53	17.08	9.55
10 décembre	344	7.52	17.06	9.54
11 décembre	345	7.52	17.05	9.53
12 décembre	346	7.52	17.04	9.52
13 décembre	347	7.51	17.03	9.52
14 décembre	348	7.50	17.02	9.52
15 décembre	349	7.50	17.01	9.51
16 décembre	350	7.49	17.00	9.51
17 décembre	351	7.49	16.99	9.50
18 décembre	352	7.48	16.99	9.51
19 décembre	353	7.47	16.97	9.50
20 décembre	354	7.46	16.96	9.50
21 décembre	355	7.45	16.96	9.51
22 décembre	356	7.44	16.95	9.51
23 décembre	357	7.43	16.95	9.52
24 décembre	358	7.42	16.94	9.52
25 décembre	359	7.41	16.94	9.53
26 décembre	360	7.40	16.93	9.53
27 décembre	361	7.39	16.93	9.54
28 décembre	362	7.38	16.93	9.55
29 décembre	363	7.37	16.93	9.56
30 décembre	364	7.36	16.92	9.56
31 décembre	365	7.36	16.92	9.56

**Tableau III.1:** les valeurs du lever et du coucher du soleil ainsi que la durée de l'ensoleillement pour le mois décembre

### Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)

La valeur moyenne de la durée d'ensoleillement durant le mois de décembre est :

$$T_{mm} = 9.54 \text{ heures}$$

Cette valeur moyenne est calculée

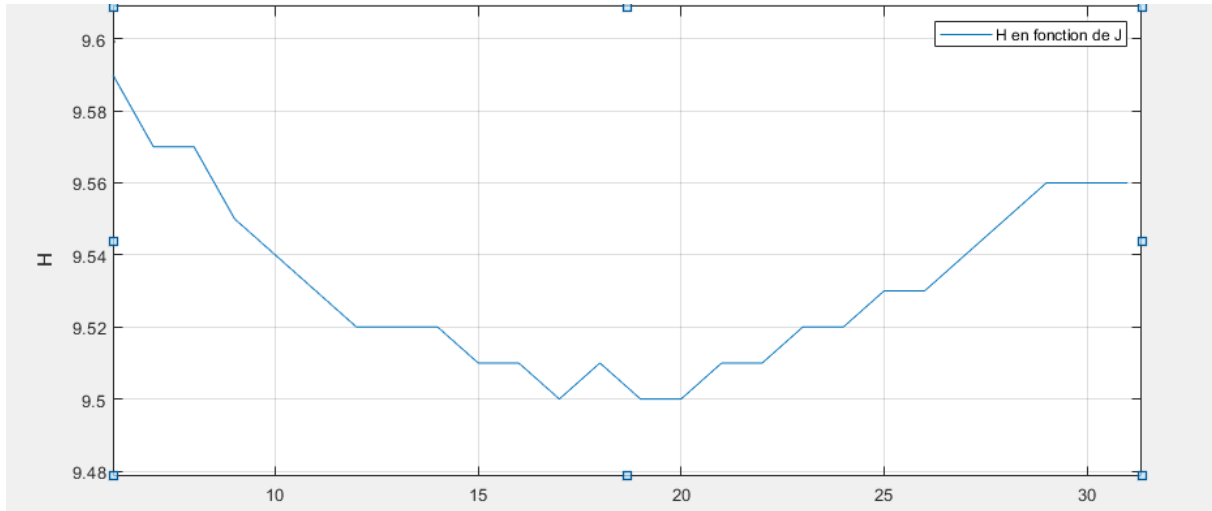


Figure III.1: graphe des heures d'ensoleillement en fonction des jours de mois.

#### Interprétation :

Cette figure représente la durée d'ensoleillement durant tout le mois de décembre

Le mois de décembre c'est le mois le plus défavorable .donc on voit que la journée du 20 décembre est la plus défavorable durant tout le mois

### III.2 Calcul de l'irradiation journalière pour le mois du décembre :

#### III.2.1 Calcul de l'irradiation journalière pour la journée du 1 décembre où

$$d = 335$$

- L'expression du temps universel :

$$TU = TSM - (\text{lemda}/15)$$

**Lemda** : Longitude

**TSM** : Temps solaire moyen

### Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)

---

- l'expression d'irradiation globale sur un plan incliné :

$$\mathbf{IRGpinc = IRDinc + IRDdiff + IRDref}$$

**IRDinc:** L'irradiation directe sur un plan incliné

**IRDdiff:** L'irradiation diffuse sur un plan incliné

**IRDref:** L'irradiation réfléchie sur un plan incliné

- l'expression d'irradiation sur un plan horizontal :

$$\mathbf{IG=Ird+DD;}$$

**Ird:** L'irradiation directe sur un plan horizontal

**DD :** L'irradiation diffuse sur un plan horizontal

Nombre d'heures	Le temps de calcul	Irradiation sur un plan incliné ( $W/m^2$ )	Irradiation sur un plan horizontal ( $W/m^2$ )
1	7.54	754.36	601.78
2	8.54	1054	825.90
3	9.54	1249	1005
4	10.54	1459	1129
5	11.54	1537	1187
6	12.54	1523	1176
7	13.54	1418	1017
8	14.54	1228	956

**Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)**

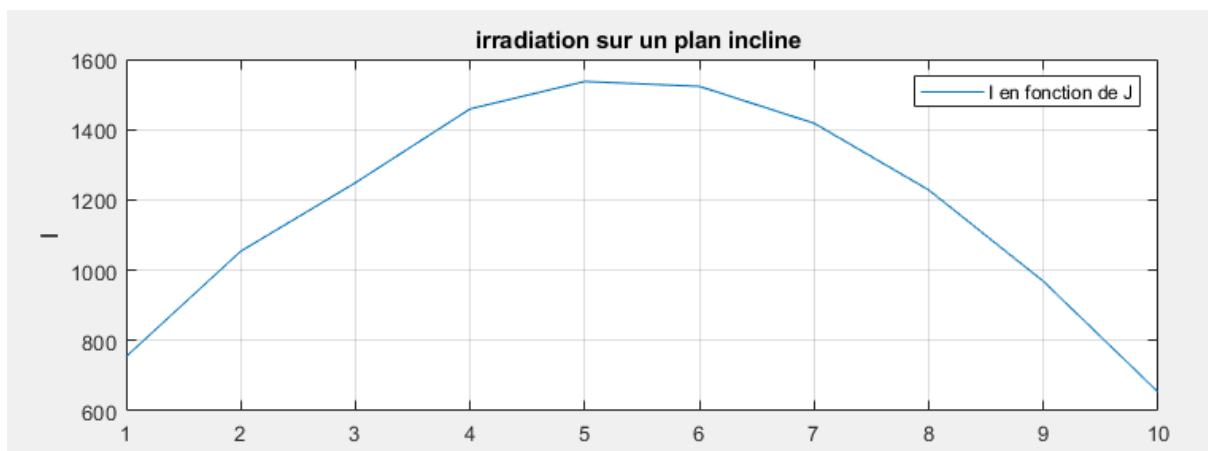
9	15.54	968	761
10	16.54	653	526

**Tableau III.2:** l'irradiation journalière sur un plan incliné et horizontal.

Le nombre d'heures dans se tableau signifie le nombre d'heures d'ensoleillement durant la journée.

L'irradiation globale moyenne journalière sur un plan incliné ( $W/m^2$ )	L'irradiation globale moyenne journalière sur un plan horizontal ( $W/m^2$ )
1167.1	910.21

**Tableau III.3:** L'irradiation globale moyenne journalière sur un plan incliné et horizontal.



**Figure III.2 :** courbe d'irradiation sur un plan incline pendant la journée du 1 décembre.

### Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)

---



**Figure III.3:** courbe d'irradiation sur un plan horizontal pendant la journée du 1 décembre.

#### **Interprétation :**

La valeur moyenne d'irradiation sur un plan incliné est supérieure à l'irradiation moyenne sur un plan horizontal car un plan incliné a une surface exposée au soleil plus grande que celle d'un plan horizontal.

Donc l'un absorbe une quantité d'énergie plus grande que l'autre.

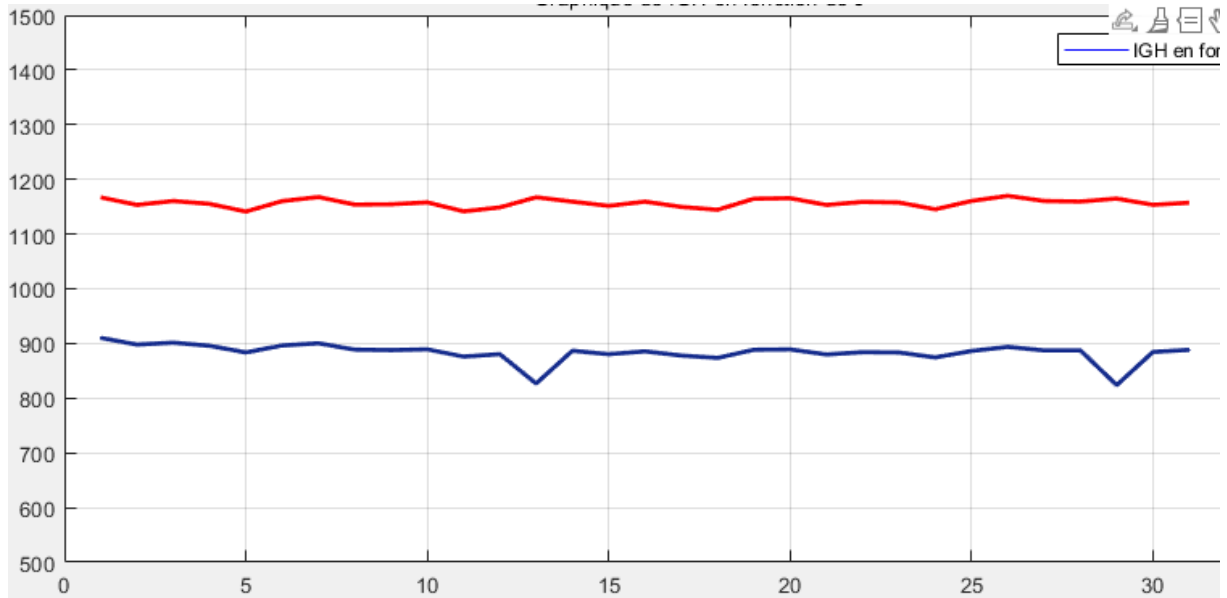
Ce qui explique l'importance de l'inclinaison du panneau photovoltaïque pour l'optimisation de la puissance.

**Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour  
l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)**

jour	Ordre	L'irradiation globale moyenne journalière sur un plan incliné ( $W/m^2$ )	L'irradiation globale moyenne journalière sur un plan horizontal ( $W/m^2$ )
01 décembre	335	1167.12	910.21
02 décembre	336	1153.4	897.99
03 décembre	337	1160.5	901.47
04 décembre	338	1155.2	895.77
05 décembre	339	1141.2	883.6
06 décembre	340	1160.03	896.31
07 décembre	341	1167.7	900.37
08 décembre	342	1153.9	888.75
09 décembre	343	1154.5	887.87
10 décembre	344	1157.9	889.28
11 décembre	345	1141.5	875.99
12 décembre	346	1148.8	880.52
13 décembre	347	1167.3	826.68
14 décembre	348	1159.3	886.74
15 décembre	349	1151.6	880.37
16 décembre	350	1159.3	885.59
17 décembre	351	1149.7	877.92
18 décembre	352	1144.4	873.62
19 décembre	353	1164.6	888.51
20 décembre	354	1165.6	889.16
21 décembre	355	1153.3	879.86
22 décembre	356	1158.8	884.08
23 décembre	357	1157.7	883.48
24 décembre	358	1145.3	874.5
25 décembre	359	1160.6	886.29
26 décembre	360	1169.9	893.79
27 décembre	361	1160.5	887.33
28 décembre	362	1159.5	887.28
29 décembre	363	1164.9	823.85
30 décembre	364	1153.5	884.5
31 décembre	365	1157.3	888.34

**Tableau III.4:** valeurs moyenne d'irradiations du tout les jours du mois de décembre sur un plan incliné et horizontal.

### Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)



**Figure III.4:** courbe d'irradiations sur un plan incliné et horizontal pour le mois de décembre.

#### Interprétation :

Durant tout le mois de décembre la valeur moyenne d'irradiation sur un plan incliné est supérieure à celle d'un plan horizontal.

**L'irradiation globale moyenne mensuelle du mois de décembre sur un plan incliné :**  
1156.76 ( $w/m^2$ ).

**L'irradiation globale moyenne mensuelle du mois de décembre sur un plan horizontal :**  
883.02 ( $w/m^2$ ).

### **III.3 Dimensionnement du système à partir des calculs :**

En premier lieu on prend en considération la valeur d'irradiations sur un plan incliné qui est de 1156.76 (w/m<sup>2</sup>). Ce qui signifie que l'énergie maximal qu'on peut récupérer sur 1 m<sup>2</sup> est 1156.76 w. donc le panneau qu'on va choisir il doit être sous dimensionné a cette valeur d'irradiation.

#### **III.3.1 Besoin énergétiques :**

On à calculer dans le chapitre 2 le besoin énergétiques est : 13820.25 (Wh/jour)

Puissance crête de l'installation :

$$P_c = \frac{15276.31}{0,65 \times 9.45} = 2486.98 \text{ W c.}$$

La puissance crête (WC)	2486.98
Tension de l'installation U (V)	48

**Tableau III.5:** la tension de l'installation photovoltaïque.

Pour une puissance crête de 2230 (WC) on va définir la puissance du panneau qu'on va utiliser pour notre installation :

$$\frac{2486}{2} = 1243 ; \frac{1243}{2} = 621 ; \frac{621}{2} = 310$$

Donc on va utiliser un panneau de 320 w pour notre installation.

## Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)



Figure III.5: caractéristiques du panneau de 320 watts.

### III.3.2 Calcul de nombre de panneau :

$$N_m = \frac{2486}{320} = 7.76 \text{ Panneau}$$

Alors on va utiliser 8 panneaux du 320 w = 2560 w

### Nombre de modules connectés en série :

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_n}$$

Ce qui donne :

$$N_s = \frac{48}{38.5} = 1.24$$

On utilise 2 panneaux connecté en série.

### Chapitre III : Application au dimensionnement d'une installation PV pour l'alimentation d'une habitation à Hasnaoua II (Bastos)

---

**Nombre de modules connectés en parallèles :**

$$N_p = \frac{Nm}{Ns}$$

Ce qui donne :

$$N_p = \frac{8}{2} = 4$$

Donc on utilise 4 panneaux de 320 WC connectés en parallèles.

**III.3.3 Choix des batteries :**

$$C_{ch} = \frac{Ec \times N}{D \times V_{ch} \times R_{batt}}$$

Avec:  $R_{batt}=1$

AN :

$$C_{ch} = \frac{15276.31 \times 4}{0.8 \times 48 \times 1} = 1591.28Ah$$

**Nombre batterie de batteries en séries :**

$$Ns = \frac{V_{ch}}{V}$$

On prend le choix des batteries de 24v, car on cas une batterie perd son fonctionnement on va changer une batterie de 24 v mieux qu'une batterie de 48 v qui est plus chère.

Ce qui donne :

$$Ns = \frac{48}{24} = 2$$

**Nombre de batteries installées en parallèle correspond à :**

$$N_p = \frac{C_{ch}}{C_{batterie}}$$

Ce qui donne :

$$N_p = \frac{1591.28}{200} = 7.95$$

Donc on utilise 8 batteries de 24 V et 200 Ah.

Le nombre total de batteries à utiliser pour l'installation correspond alors à :

$$\text{Nombre total de batteries} = N_p \times N_s$$

Ce qui donne :

$$N_t = 8 \times 2 = 16$$

### III.3.4 Choix du régulateur de charge

$$I_{max} = \frac{P_{ch}}{U}$$

Avec :

$$P_{ch} = P_p \times N_p \times N_s$$

Ce qui donne :

$$P_{ch} = 320 \times 4 \times 2 = 2560 \text{ Wc}$$

Ce qui donne :

$$I_{max} = 2560 / 48 = 53.33 \text{ A}$$

Donc on utilise un régulateur de 48V/53.33A.

### III.3.5 Choix de l'onduleur

$$P_{onduleur} = (P_{ch}^2 + P_r^2)^{0.5}$$

Avec :

$$P_r = P_{ch} \times \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$

$$P_r = 2560 \times \frac{0.6}{0.8} = 1.92 \text{ kVAR}$$

$$P_{\text{onduleur}} = (2.56^2 + 1.92^2)^{0.5} = 3.2 \text{ KVA}$$

On utilise un onduleur de 3.2 kVa

### **III.3.6 Choix des câbles**

$$I_{\text{max}} = 8.32 \times 4 = 33.28 \text{ A}$$

$$\Delta U = 48 \times 0.02 = 0.96 \text{ V}$$

$$R = \Delta U / I = 0.96 / 33.28 = 0.028 \Omega$$

$$L = 0.9 \times 4 = 3.6 \text{ m}$$

$$S = \rho \times \frac{L}{R}$$

Ce qui donne :

$$S = 16 \times 10^{-9} \times \frac{3.6}{0.028} = 2.06 \text{ mm}^2$$



# **Conclusion générale**

### **Conclusion générale:**

Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire à concerné le dimensionnement d'une installation photovoltaïque destinée à l'alimentation en énergie électrique d'une habitation sur le site de Hasnaoua II (Bastos).

Afin de réaliser un dimensionnement optimal d'une installation photovoltaïque, il faut connaître avec une bonne précision la valeur d'irradiation du site de l'habitation. Pour cela on a choisi une méthode de calcul de l'irradiation basée sur le modèle de "Perrin De Brichambaut". Un programme de calcul de l'irradiation solaire a été ainsi mis en œuvre sous environnement Matlab exploitant le modèle de "Perrin De Berichambaut" auquel est associé le modèle de Liu et Jordan pour la prise en compte du plan incliné.

Le programme réalisé a été exploité pour le calcul de l'irradiation pour la journée du 1 décembre, qui est le mois le plus défavorable de l'année. La valeur moyenne de l'irradiation pour la journée et celle du mois ont été estimées et seront exploitées pour le dimensionnement de l'installation photovoltaïque.

Par la suite, notre choix est porté sur un exemple d'habitation le plus proche de la réalité, qui se situe à Hasnaoua II (bastos), pour lequel nous avons définis les équipements nécessaires afin d'estimer les besoins énergétiques de cette dernière. Ce qui nous permet de dimensionner les panneaux solaires et déduire le type de connexion série et/ou parallèle des panneaux solaires selon la puissance crête.

Après avoir dimensionné le générateur photovoltaïque, nous avons procédé au dimensionnement des autres composants du système photovoltaïque : le régulateur, le convertisseur, les batteries, et les câbles de connexion.

Enfin, comme perspectives à ce travail, une simulation numérique peut être envisagée afin d'étudier l'alimentation par l'installation GPV de l'habitation qui sera représenté par une charge résistive équivalente ou bien par une charge résistive avec une inductance en série.

**Annexes:**

## V Annexes:

```
%%%%%%%%%% Programme de dimensionnement Calcul d'un système photovoltaïque
```

```
%%%%%%%% Calcul de la déclinaison
```

```
d = 79           % numéro du jours
z=90;           % altitude
h=90;           % hauteur du soleil
beta=35;        % Angle d'inclinaison du plan d'incidence
phi=49;         % la latitude
rou= 0.7        % albédo
lemda= 2.3488;  % Longitude
TU=9.5;         % Temps Universel
num1=284+d;
rap1=(360/365);
rap2=(pi/180);
Gc_s=1367;      % Constante solaire
C_t_s=1;
I0=Gc_s;
teta=num1*rap1*rap2;
delta= 23.45*sin(teta);

% Calcul de TSM
TSM=TU+(lemda/15);

% Calcul de l'equation horaire
ET=9.9*sin((2*(0.986*d+100)))-7.7*sin((0.986*d)-2);

% calcul du TSV
TSV=TSM+(ET/60);

% Calcul de l'angle horaire
omega=15*(TSV-12);

vect_geog=[teta delta TSM ET TSV]

% Calcul de l'irradiation extraterrestre
Gext=Gc_s*(1+0.033*cos(rap1*rap2*d));

% Calcul de l'irradiation extraterrestre horizontale
% cas où tetai=tetaz : plan horizontal non incliné)
cos_tetaz=cos(delta*rap2)*cos(phi*rap2)*cos(omega*rap2)+sin(delta*rap2)*sin(phi*rap2);
Gext_hor=Gext*cos_tetaz;

%          kT=(Gh/Gext_hor);
```

## Annexes

---

```
%%% On considérera le cas d'une irradiation sur un plan incliné et le
%%% calcul de l'indice de clareté lorsqu'on ne connaît pas le rayonnement
%%% diffus Gdh et le rayonnement direct Gbh, mais seulement le rayonnement
%%% Global alors il faut calculer l'indice de clareté kT
```

```
% Indice de clarté
```

```
% Gdh/Gh=1.0-0.249*kT          %%%%%%%%%%          si: kT < 0.35
```

```
% Gdh/Gh=1.557-1.84*kT       %%%%%%%%%%          si: 0.35 < kT < 0.75
```

```
% Gdh/Gh=0.177                %%%%%%%%%%          si: kT > 0.75
```

```
% Gh = Gdh + Gbh              % rayonnement horizontal global
```

```
%%%%%%%%%%%%%% Calcul de l'irradiation direct par temps clair
```

```
%%%%%%%%%%%%%% Calcul du facteur de trouble de Link
```

```
%% Calcul du facteur T0
```

```
teta_Ahe=((360*(d-121))/365)*rap2;
Ahe=sin(teta_Ahe);
T01=2.4-0.9*sin(phi*rap2); % phi doit être en radians
T02=0.1*(2+sin(phi*rap2))*Ahe;
T03=0.2*z;
T04=(1.22+0.14*Ahe)*(1-sin(h*rap2));
```

```
T0=T01+T02-T03-T04;
```

```
%% Calcul du facteur T1
```

```
T1=(0.89)^z
```

```
%% Calcul du facteur T2
```

```
T21=0.9+0.4*Ahe;
T22=(0.63)^z;
T2=T21*T22
```

```
%% Calcul du facteur de trouble de Link T_L
```

```
T_L=T0+T1+T2
```

```
T012=[T0 T1 T2 T_L]'
```

```
% Calcul de l'irradiation directe par temps clair modèle : Prrin DE
% BRICHAMBAUT
```

```
Ird1=C_t_s*I0;
Ird21=9.4*sin(h*rap2);
Ird22=Ird21/(0.89)^z;
Ird23=0.9+Ird22;
```

## Annexes

---

```
Ird=Ird1*exp(-(T_L/Ird23))*cos_tetaz
```

```
%%%%%%%%%% Calcul de l'irradiation diffuse sur un plan horizontal
```

```
aa=1.1;  
bb1=T_L-T0;  
bb2=log(bb1);  
bb3=bb2-2.8;  
bb4=1-sin(h*rap2);  
bb5=1.02*bb4^2;  
bb=bb3+bb5;  
D1=aa-sqrt(aa^2+bb^2);  
D2=1.06*log(sin(h*rap2));  
D3=I0;  
DD=D3*exp(-1+D2)+D1;
```

```
%%%%%%%%%% Calcul de l'irradiation globale en temps clair sur un plan  
%%%%%%%%%% horizontal
```

```
IG=Ird+DD;
```

```
IRG=[Ird DD IG]'
```

```
%%%%%%%%%% Modèle de LIU et JORDAN
```

```
% Calcul de l'irradiation directe sur un plan incliné
```

```
NRb1=cos((phi-beta)*rap2)*cos(delta*rap2)*cos(omega*rap2);  
NRb2=sin((phi-beta)*rap2)*sin(delta*rap2);  
NRb=NRb1+NRb2;
```

```
DRb1=cos(delta*rap2)*cos(phi*rap2)*cos(omega*rap2);  
DRb2=sin(delta*rap2)*sin(phi*rap2);  
DRb=DRb1+DRb2; % Angle tetaz ;  
cos_tetaz=cos(delta*rap2)*cos(phi*rap2)*cos(omega*rap2)+sin(delta*rap2)*sin(phi*rap2);
```

```
RRb=(NRb/DRb); % Facteur  
d'inclinaison du rayonnement direct
```

```
%% Calcul de l'irradiation directe sur un plan incliné
```

```
IRDinc=Ird*RRb
```

```
% Calcul de l'irradiation diffuse
```

```
IRDdiff = 0.5*DD*(1-cos(beta*rap2))
```

```
% Calcul de l'irradiation réfléchie
```

```
IRDref = 0.5*rou*(Ird+DD)*(1-cos(beta*rap2))
```

```
%%%%%%%%%% Calcul de l'irradiation globale sur un plan incliné
```

## Annexes

---

$IRGpinc = IRDinc + IRDdiff + IRDref$

Resultat\_G =[IRDinc IRDdiff IRDref]'

### Références bibliographiques :

[1] : Mme Azizi Amina, Modélisation optimisation d'un système de production d'énergie photovoltaïque avec un système de stockage hybride, université Badji Mokhtar-Annaba, 2019

[2] : Chapitre I, Généralités sur les énergies renouvelables, univ-tiaret.dz, 2017

[3] : Bengourain Issam, Représentations des systèmes hybrides à énergie renouvelables, Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen, 2021/2022

[4] : Latreche Mohammed Tahar, Commande Floue de la Machine Synchrone à Aimant Permanent (MSAP) utilisée dans un système éolien,

[5] : Badi Mossab Abd raouf, Turbinage des eaux usées (réalisation d'un modèle prototype), Université Mohamed khider –Biskra, juillet 2019

[6] : Chemoul Anouar & Gherabi Abdeldjalil, Etude et choix d'une turbine hydroelectrique, université Mohamed Boudiaf M'sila, 2021/2022

[7] : Abderrafik Maanani, Etude d'un échangeur eau-air; utilisation de la géothermie à haute température dans la région de Biskra, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019/2020

[8] : Gasmi Nesrine, Les ressources en énergies renouvelables, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi –Bordj Bou Arreridj, 2020/2021

[9] : Bidi Manel, Conception d'une centrale photovoltaïque pour recharge de voitures, Université de M'sila, 2018/2019

[10] : Benchemsa Issam, L'Utilisation de l'énergie thermique pour le chauffage domestique, Université Badji Mokhtar Annaba, 2016/2017

[11]- <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/energies/renouvelables/essentiel-sur-cellules-photovoltaïques.aspx>

[12]- Nichiporuk Oleksiy ^ Simulation, fabrication et analyse de cellules photovoltaïques à contacts arrière interdigités ^. Thèse de doctorat, L'institut national des sciences appliquées de Lyon, 2005.

[13]- Helali Kamelia ^Modélisation D'une Cellule Photovoltaïque : Etude Comparative ^ Mémoire de Master en Electrotechniqu Ummto ,2012.

## Références bibliographiques

---

[14]- [foad.uadb.edu.sn](http://foad.uadb.edu.sn)

[15]- Nassim Haddad, Rachid Belkacem ^ Optimisation d'une stratégie de gestion de l'énergie des systèmes hybrides d'énergie renouvelable dans les applications domestiques^ Mémoire de Master, Ummto, 2019.

[16]- Salim Arab, Dalila Toudert ^Etude d'un Système Photovoltaïque^ Mémoire de Master, Ummto 2017.

[17]R. Rezoug, A. Zaatri, ^ Optimisation du rendement d'un système photovoltaïque par poursuite du soleil ^, Revue des Energies Renouvelables 12, 299 – 306, 2009.

[18] Nebbali, Rafik Belabed, Ummto ^Etude et dimensionnement d'une installation Photovoltaïque^, Mémoire fin d'études Master en Génie Mécanique Energétique 2016-2017.

[19] A. Labouret, M. Viloz, ^ Energie solaire photovoltaïque ^, 3 eme édition, Edition Dunod 2005.

[20] A. Ricaud, ^ Modules et systèmes photovoltaïques ^, Septembre 2008.

[21] M. J. T. Nkouimi, ^ Outil d'aide au dimensionnement des systèmes photovoltaïques domestiques ^, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, © Mémoire Online.

[22] : Kachi Massissilia, dimensionnement d'une installation solaire pour l'alimentation en énergie électrique d'une habitation, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, septembre 2023.

[23] Batterie Solaire GEL 180Ah à 300Ah – Sunlight – [www.misterelec.ma](http://www.misterelec.ma)

[24] Géothermie et Gisement Solaires Cours INES 21-24 janvier 2007 André Mermoud CUEPE – Université de Genève.

[25] Cour Application et Dimensionnement des Systèmes à Energie renouvelable (ADSER)

## **Résumé :**

Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire a concerné le dimensionnement d'une installation photovoltaïque destinée à l'alimentation en énergie électrique d'une habitation sur le site de Hasnaoua II (Bastos).

Nous avons procédé au calcul de l'irradiation en utilisant le modèle de "Perrin De Brichambaut", le modèle de calcul est implémenté sous l'environnement Matlab en intégrant le cas d'un plan incliné (modèle de Liu & Jordan). Plusieurs simulations ont été réalisées afin d'estimer l'irradiation pour une journée ainsi que pour tout le mois de décembre.

Les besoins énergétiques ont été estimés et le générateur photovoltaïque a été dimensionné pour le site Hasnaoua II (Bastos). Il s'en est suivi le dimensionnement du convertisseur DC/AC, du régulateur ainsi que les câbles de connexion.

L'installation complète de l'alimentation du site Hasnaoua II (Bastos) est ainsi entièrement dimensionnée.

**Mots clés :** énergie solaire, énergie photovoltaïque, dimensionnement, champ photovoltaïque, irradiation solaire, énergies renouvelables.