

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Aperçu sur le système de pompage photovoltaïque destine pour l'alimentation en eau potable.

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0001-15

APA Citation (APA توثيق):

Nechmi, Abd elouahab (2015). Aperçu sur le système de pompage photovoltaïque destine pour l'alimentation en eau potable[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option: ALIMENTATION EN EAU POTABLE

THEME :

**APERÇU SUR LE SYSTEME DE POMPAGE
PHOTOVOLTAÏQUE DESTINE POUR
L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE**

PRESENTE PAR :

M^r NECHMI Abd elouahab

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r SALAH Boualem	Professeur	Président
M ^{me} MOKRANE Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r HACHEMI Abdelkader	M.A.A	Examinateur
M ^{me} TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
M ^r AMMARI Abdelhadi	M.C.B	Promoteur

Mai - 2015

Remerciements

Je tiens à remercier et rendre grâce à DIEU le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à bien terminer ce modeste travail.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail, particulièrement à :

Mes chers parents pour les encouragements qu'ils ont manifestés tout au long de mon parcours.

M_r A.Ammari pour son encadrement et ses orientations judicieuses qui nous ont été infiniment utiles.

Mes remerciements vont également à M_r Younes Bounnah

Mes remerciements à M_r Dahmani Saad

Mon respect aux présidents de jury et les membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents Mohamed et Zohra, Qui m'ont soutenu durant toutes ces années de formation.

A mes frères, mes sœurs et les enfants de ma sœur et mes frères

A toute la famille NECHMI et MEZRAG

Aux petits enfants : saber, amira, abderrahim, basset, loai, abd ellah , rayane et la Nouveau-né Esra

A tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale a :

Mohamed, Sedik, Taki. Amine, Sifo, djamel abdelnaceur, Ibrahim , Hocine , attoussi, missoum rabia, Redouane, Anis , Messaoud, Mustafa, Driss. Youcef, Abderrahmane, zerouati et Asma.

ملخص:

الطاقة و المياه من أهم العناصر الأساسية و الضرورية للحياة، فنظرا للتزايد المستمر على هذين العنصرين أصبح من الضروري البحث عن مصادر أخرى غير المصادر التقليدية لإنتاج الطاقة و إستعمالها في توفير المياه، حيث تعتبر الطاقة الشمسية من أهم المصادر إستعمالا لما لها من ميزات كثيرة.

في هذه المذكرة قمنا بدراسة تقنية لإمكانية إنجاز محطة لضخ المياه الصالحة للشرب تعمل بواسطة الطاقة الشمسية (الكهروضوئية) حيث تطرقنا أولا إلى أنواع الطاقة الشمسية و أهم مكونات نظام ضخ المياه عن طريق الطاقة الكهروضوئية، ثم إنتقلنا بعد ذلك الى تحجيم مكونات هذا النظام.

في المرحلة الأخيرة من هذا العمل إختارنا ولاية البويرة لتطبيق هذا النظام والتي بها العديد من المناطق المعزولة التي تكاد تنعدم بها شبكة توزيع الكهرباء، كما تتوفر على مخزون هام من المياه الجوفية و تتمتع بطاقة شمسية هائلة.

إن الإهتمام بمثل هذه الأنظمة غير المكلفة كثيرا يساهم بشكل كبير في التنمية الاقتصادية للولاية و يساهم أيضا في الاستقرار السكاني لها..

Résumé :

L'énergie et l'eau sont les deux éléments les plus indispensables pour la vie, mais leur usage exacerbé nous pousse vers la recherche d'une autre source différente de toute manière traditionnelle de la production de l'énergie et l'en utiliser dans l'approvisionnement de l'eau, c'est pourquoi l'énergie solaire est l'une des sources les plus utilisées pour ses différentes qualités.

Ce mémoire constitue une étude technique pour voir la possibilité de réaliser une station de pompage des eaux potables qui fonctionne avec l'énergie solaire (photovoltaïque), dans lequel nous abordons les catégories de l'énergie solaire, les composantes du système du pompage à travers l'énergie photo-électrique, pour traiter ensuite les volumes des composantes de ce système.

Pour terminer la dernière phase de ce travail, nous optons pour la wilaya de Bouira afin d'appliquer ce système, vu qu'elle contient beaucoup de régions isolées dans lesquelles la distribution d'électricité est presque absente, ajoutant à ceci l'abondance de ses eaux souterraines et les capacités immenses y contient concernant l'énergie solaire.

Le développement économique de la wilaya et la stabilité de ses habitants sont liées étroitement au soin porté à ces systèmes.

Abstract:

Energy and water are the most principal elements of life, but the over use of them requires looking for other sources that differ from the traditional sources of energy's production, and using them to supply water, thus solar energy is widely used because it's of several characteristics .This disertaion constitutes a technical study of the possibility of

realizing a station of drinking water pumping through using solar energy (Photovoltaic energy), we started by defining the categories of solar energy, the most important components of pumping water through using solar energy, then moving the the study of the components of this system. In the last step of this work , we opted for the province of Bouira to apply this system, since it contains many isolated regions where electricity rarely does not exist, beside its high store of its groundwater, and its huge potentials of solar energy. Taking care of this non costly systems contributes in the economic development of the province as well as the stability of its inhabitants.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : recherche bibliographique	
Introduction	2
I.1.Rayonnement solaire hors atmosphère	2
I.1.Différents types de rayonnement	2
I.1.1.Le rayonnement direct	2
I.1.2.Le rayonnement diffus	2
I.1.3.L'albédo	2
I.2.Energie solaire.....	3
I.2.1.Les différentes technologies d'énergies.....	3
I.2.1.1.Energie solaire thermique	3
I.2.1.2.Energie solaires photovoltaïques	4
I.2.1.3.Solaire à concentration thermodynamique.....	4
I.3.Déférents composantes d'une installation photovoltaïque	5
I.3.1.Les Panneaux solaires (générateur photovoltaïque).....	6
I.3.1.1.Définition	6
I.3.1.2.Cellule photovoltaïque	6
I.3.1.3.Historique	6
I.3.1.4.Les différentes technologies.....	7
I.3.1.5.Module photovoltaïque	8
I.3.2.Onduleurs photovoltaïques	8
I.3.3.Régulateur (charge / décharge)	9
I.3.4.Câbles photovoltaïques	9
I.3.5.Stockage de l'énergie solaire	10
I.4.Avantages et inconvénients d'une installation PV	10
a) Avantages	10

b) Inconvénients	10
I.5. Le pompage photovoltaïque :	11
I.5.1. Pompage « au fil du soleil ».....	11
I.5.2. Pompage avec batteries.....	12
I.6. Les différentes composantes d'un système de pompage PV	12
I.6.1. Le groupe électropompe :	12
I.6.1.1. Moteurs	12
a- Moteurs à courant continu.....	13
b- Moteurs à courant alternatif.....	13
I.6.1.2. Pompes.....	13
a- La pompe centrifuge.....	14
b- La pompe volumétrique	14
Conclusion.....	14

CHAPITRE II : Présentation D'une Méthode De Dimensionnement D'un Système De Pompage Photovoltaïque

Introduction	15
II.1. Dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque destiné a l'alimentation en eau potable	15
II.1.1. Dimensionnement d'un système de pompage	15
II.1.2. Puissance absorbée par la pompe	16
II.1.3. Energie consommé par la pompe.....	16
II.2. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour un site donné	16
II.2.1. Calcul des besoins en énergie électrique	16
II.2.2. rayonnement global sur un plan quelconque	17
II.2.2.1. Les coordonnées géographiques terrestres	17
-Longitude λ	17

-Altitude z	17
-Latitude φ	17
II.2.2.2.Les coordonnées du soleil.....	17
a-Coordonnées horaires.....	18
-Déclinaison du soleil δ	18
-Angle horaire ω (ou AH)	19
Les déferents temps.....	19
-Temps solaire local	19
-Equation du temps.....	20
-Temps solaire vrai	21
-Temps universel	21
b-Coordonnées horizontales	22
-Hauteur angulaire de soleil (H)	22
-Azimut (A).....	22
II.2.2.3.Le rayonnement global sur un plan horizontal	23
II.2.3.Méthode de Calcul des composantes du rayonnement reçu sur un plan quelconque.	24
II.2.3.1.Composante diffuse pour une surface d'orientation quelconque	25
II.2.3.2.Composante direct pour une surface d'orientation quelconque	25
II.2.4.Nombre des panneaux photovoltaïques	26
II.2.5.Dimensionnement des batteries de stockage	26
Conclusion.....	27

CHAPITRE III : Application d'un système de pompage PV sur le site de CHAIBA

Introduction	28
III.1.Présentation de la zone d'étude.....	28
III.2.Présentation du système de pompage	28
III.3.Dimensionnement de l'installation photovoltaïque	30

III.3.1.Calcul des besoins énergétiques du système de pompage	30
III.3.1.1.Calcul de puissance de la pompe.....	30
III.3.2.Les données de base de la zone d'étude	31
III.3.2.1.Les coordonnées géographiques terrestres de CHAIBA	31
III.3.3.Principes de calcul de l'énergie solaire	31
III.3.3.1.Calcul de la déclinaison.....	31
III.3.3.2.Angle horaire de soleil	32
-Angle horaire au lever de soleil	32
-Angle horaire au coucher de soleil.....	32
III.3.3.3.Les heures précises de levée et de couché du soleil.....	33
III.3.4.Calcul des Coordonnées horizontales.....	32
III.3.4.1.Calcul de la hauteur angulaire maximal de soleil	33
III.3.4.2.Rayonnement global horizontal	34
III.3.4.2.Calcul de rayonnement diffus sur un plan horizontal	34
-Calcul de la fraction d'insolation.....	34
-Durée d'insolation mesurée	34
-Durée maximale d'insolation.....	34
III.3.4.3.Calcul de rayonnement global sur un plan incliné	35
a-Calcul de rayonnement diffus sur un plan incliné.....	35
b-Calcul de la meilleure inclinaison.....	35
c-Calcul de rayonnement direct sur un plan incline	36
III.5.Nombre des panneaux solaires	37
III.5.1.Calcul de la puissance crête du champ photovoltaïque.....	37
III.3.6.Calcul de la capacité de stockage	38
III.4.Entretien de système PV.....	38
II.4.1.Entretien des panneaux solaires photovoltaïques	38
III.4.2.Entretien de l'onduleur solaire	40

III.4.3. Entretien des batteries	40
Conclusion.....	41
CONCLUSION GENERALE	42

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II : Présentation D'une Méthode De Dimensionnement D'un Système De Pompage Photovoltaïque

Tableau II.1: Les valeurs de δ pour le site de CHAIBA18

CHAPITRE III : Application d'un système de pompage PV sur le site de CHAIBA

Tableau III.1: Les coordonnées géographiques terrestres de CHAIBA.....31

Tableau III.2: la durée d'insolation moyenne mensuelle mesurée pour l'année 201434

Tableau III.3: variation de l'orientation par rapport à l'inclinaison du soleil36

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Recherche bibliographique

Figure I.1 : composants du rayonnement solaire : extraterrestre, Globale=direct +diffus +albédo	3
Figure I.2 : Les différents modes d'exploitation de l'énergie solaire	5
Figure I.3 : schéma générale d'une installation photovoltaïque avec stockage d'énergie	6
Figure I.4 : les différentes technologies industrielles d'une cellule PV	7
Figure I.5 : composantes d'un générateur photovoltaïque	8
Figure I.6: onduleur monophasé et triphasé	9
Figure I.7 : Les différents types de pompage photovoltaïque	12

CHAPITRE II : Présentation D'une Méthode De Dimensionnement D'un Système De Pompage Photovoltaïque

Figure II.1 : mouvement de rotation de a terre	18
Figure II.2 : angle horaire de soleil	19
Figure II.3 : Graphe des variations annuelles de l'équation du temps	21
Figure II.4 : Hauteur angulaire et l'azimut de soleil par rapport à un plan	23

CHAPITRE III : Application d'un système de pompage PV sur le site de CHAIBA

Figure III.1: La hauteur du soleil en fonction l'angle horaire.....	33
Figure III.2: kit de nettoyage pour les panneaux solaires	39

NOMENCLATURES:

HMT : La hauteur manométrique totale (m)

Hg : hauteur géométrique (m)

Δh_t : les pertes de charge totale (m)

η : rendement de la pompe (%)

Q: débit refoulé par la pompe (m^3/s)

g: pesanteur ($9.81m/s^2$)

P : Puissance absorbée par la pompe (kwh)

E : Energie consommé par la pompe (kw)

t : temps de pompage par jour (heur)

E_i : Énergie consommée par l'élément i (w/j)

λ : Coefficient de perte de charge

L : Longueur de la conduite (m)

D: Diamètre calculé de la conduite (m)

ε : la rugosité de la conduite (mm)

δ : Déclinaison du soleil (degré)

λ : Longitude de lieu (degré)

φ : Latitude de lieu (degré)

Z : Altitude de lieu [m]

n :est le numéro du jour de l'année à partir de premier janvier (jour)

ω : Angle horaire (degré)

TSL : Temps solaire local (heur)

TU : temps universel (heur)

TSV : Temps solaire vrai (heur)

H : Hauteur angulaire de soleil (degré)

A : Azimut (degré)

G_h :Le rayonnement global sur un plan horizontal (w/m^2)

T_1 : Facteur de trouble de LINK

B : coefficient de diffusion d'Angström

T : tension de vapeur de l'eau (pa)

D : L'irradiation diffuse sur un plan quelconque (w/m^2)

D_h : L'irradiation diffuse sur un plan horizontal (w/m^2)

i : L'orientation du panneau solaire par rapport à l'horizontal (degré)

α : Le coefficient d'albédo du sol

σ : la fraction d'insolation

S : durée d'insolation mesurée (heur)

S_0 :durée maximale d'insolation (heur)

Y : Orientation des panneaux solaires par rapport au sud (degré)

I ; irradiation direct pour une surface d'orientation quelconque ($w/m^2/j$)

ω_{lever} : Angle horaire au lever de soleil (degré)

ω_{coucher} : Angle horaire au coucher de soleil (degré)

C_{bat} : la capacité Cbat des batteries (kw)

C_m : Consommation énergétique journalier (wh/jour)

N_j : Le nombre de jours avec sans ensoleillement (jour)

D_e : Coefficient de décharge de la batterie

U : Tension du panneau solaire (volt)

INTRODUCTION GENERALE

L'énergie solaire représente un potentiel considérable qui peut être exploité grâce à différentes technologies. L'énergie photovoltaïque (PV) en est un exemple. En raison de la disponibilité mondiale de l'énergie solaire

Les énergies renouvelables en particulier l'énergie solaire photovoltaïque est une énergie propre, silencieuse, disponible et gratuite. De plus, le générateur photovoltaïque (PV) lui-même ne contient aucune pièce mobile et ne requiert donc pratiquement pas d'entretien. Par conséquent, les coûts récurrents d'opération et de maintenance sont relativement faibles. Pour ces raisons, cette source d'énergie convient particulièrement bien pour les utilisations en milieu rural où les populations sont réparties dans de petites communautés et où la demande énergétique est relativement faible.

Les systèmes de pompage PV apparaissent par conséquent comme une solution idéale pour les zones rurales éloignées, permettant ainsi d'apporter une solution valable et durable et bien adaptée aux conditions locales pour l'alimentation en eau et par la même occasion de contribuer efficacement dans le développement socioéconomiques de ces régions.

Cette étude sera structurée comme suit :

- D'abord nous allons présenter quelques notions sur rayonnement solaire, les types d'énergie solaire et les différents composants d'un système de pompage photovoltaïque destiné pour l'alimentation en eau potable
- Ensuite nous allons présenter une méthode de dimensionnement détaillé d'un système de pompage PV.
- Finalement nous allons appliquer la méthode de dimensionnement sur la ville de CHAIBA la wilaya de BOUIRA

Et bien sûr, ce mémoire est achevé par la conclusion.

Chapitre I :

Recherche bibliographique.

Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons quelques notions sur le domaine de l'énergie solaire. Nous abordons en premier lieu, quelques notions sur rayonnement solaire, les types d'énergie solaire, Les différents composants d'une installation photovoltaïque et les principaux composants d'un système de pompage photovoltaïque.

I.1.Rayonnement solaire hors atmosphère :

Le rayonnement solaire parvient à la limite de l'atmosphère terrestre après un trajet dans l'espace d'environ 150.000.000 km, effectué en 8 minutes. Le flux de rayonnement intercepté par un récepteur plan perpendiculaire à la direction du soleil produit sur celle-ci un éclairement énergétique de l'ordre de $1367 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Ceci est connu sous le nom de « constante solaire » [1]

I.1.1.Différents types de rayonnement :

En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé. Au sol, on distingue plusieurs composantes [2]

I.1.1.1.Le rayonnement direct :

Est reçu directement du soleil, sans diffusion par l'atmosphère. Ses rayons sont parallèles entre eux, il forme donc des ombres et peut être concentré par des miroirs.

I.1.1.2.Le rayonnement diffus :

Est constitué des photons diffusés par l'atmosphère (air, nébulosité, aérosols). Sa structure varie avec les conditions météorologiques. Par temps couvert, on admet qu'il est isotrope, c'est-à-dire qu'on reçoit un rayonnement identique de toutes les directions de la voûte céleste. Par temps clair ou voilé, outre le ciel bleu relativement isotrope (diffusion sur l'air), on a une couronne plus brillante autour du soleil (composante appelée circumpolaire) et souvent un renforcement sur l'horizon, la bande horizon.

I.1.1.3.L'albédo :

Est la partie réfléchi par le sol. Il dépend de l'environnement du site, il faudra en tenir compte pour évaluer le rayonnement sur plans inclinés.

-Coefficient de l'albédo :

La valeur de l'albédo du sol α habituellement retenue est de 0.2 pour les sols cultivés, 0.3 à 0.4 pour le sable, 0.6 à 0.8 pour la neige. L'influence de l'albédo du sol est notable, par ciel clair, dans le cas de surfaces réceptrices inclinées, et surtout verticales. La réflectance d'un toit, d'une rue, d'un champ, d'une paroi, etc... doit être déterminée et précisée dans chaque cas particulier

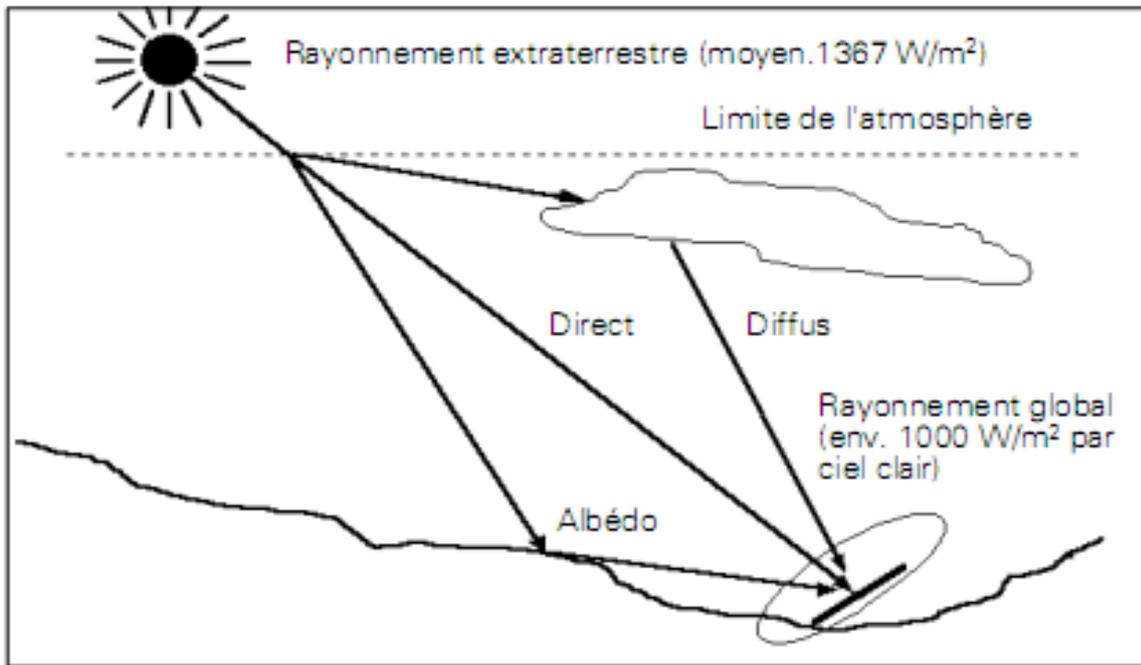


Figure I.1 : composants du rayonnement solaire : extraterrestre,
Globale=direct +diffus +albédo [2]

I.2.Energie solaire :

L'énergie solaire est une source accessible à tous (industriels, collectivités et particulières). Grâce à celle-ci, il est possible de produire trois types d'énergie : énergies calorifique avec les installations solaires thermiques (chauffe-eau solaire ou climatiseur solaire), l'énergie électrique avec les installations solaires photovoltaïques et le solaire à concentration thermodynamique. [3]

I.2.1.Les différentes technologies d'énergies :

Il existe trois types d'énergie solaire.

I.2.1.1.Energie solaire thermique :

L'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique. Cette transformation peut être utilisée directement (pour chauffer un bâtiment par exemple) ou indirectement (comme la production de vapeur d'eau pour entraîner des turboalternateurs et ainsi obtenir de l'énergie électrique). En utilisant la chaleur transmise par rayonnement plutôt que le rayonnement lui-même, ces modes de transformation d'énergie se distinguent des autres formes d'énergie solaire comme les cellules photovoltaïques.

L'irradiation directe du soleil est concentrée par un collecteur sur un échangeur où elle est cédée à un fluide, soit vaporisé directement, soit transportant la chaleur à un générateur de vapeur. Tous les systèmes ont en commun un certain nombre d'organes : un collecteur qui

concentre la chaleur, un liquide ou un gaz caloporteur qui la transporte jusqu'à un point d'extraction, un évaporateur, un condenseur, une turbine et un alternateur. [4]

I.2.1.2.Énergie solaires photovoltaïques :

Les cellules photovoltaïques permettent de transformer la lumière en électricité. La lumière est en réalité composée de minuscules particules énergétiques appelées « photons ». La matière présente dans les cellules, qui est un semi-conducteur, a la capacité de capter ces photons et de les transformer en électricité. Chaque module est donc constitué de plusieurs cellules photovoltaïques agissant chacune à la façon d'une pile dès qu'elles sont exposées au soleil. [5]

I.2.1.3.Solaire à concentration thermodynamique :

Le solaire à concentration thermodynamique est une technologie qui utilise des miroirs qui concentrent l'énergie solaire vers un tube contenant un fluide caloporteur qui chauffe jusqu'à une température pouvant atteindre 500°C. La chaleur obtenue est transférée à un circuit d'eau, la vapeur alors produite actionne une turbine couplée à un alternateur qui produit de l'électricité. L'un des grands avantages de cette technologie provient du fait que la chaleur peut être stockée, permettant ainsi aux centrales solaires de produire de l'électricité pendant la nuit. La centrale ANDASOL 1, à Grenade, a ainsi une autonomie de 7 heures, mais des projets en cours ont comme objectif une autonomie de 20 heures.

Les miroirs qui collectent l'énergie solaire (placés à 3 ou 4 mètres du sol) forment une zone d'ombre sur le sol, cependant il arrive suffisamment de lumière pour cultiver des fruits ou des légumes. Une partie de l'eau douce formée sur place par condensation en sortie de turbine, peut être utilisée pour l'arrosage. [6]

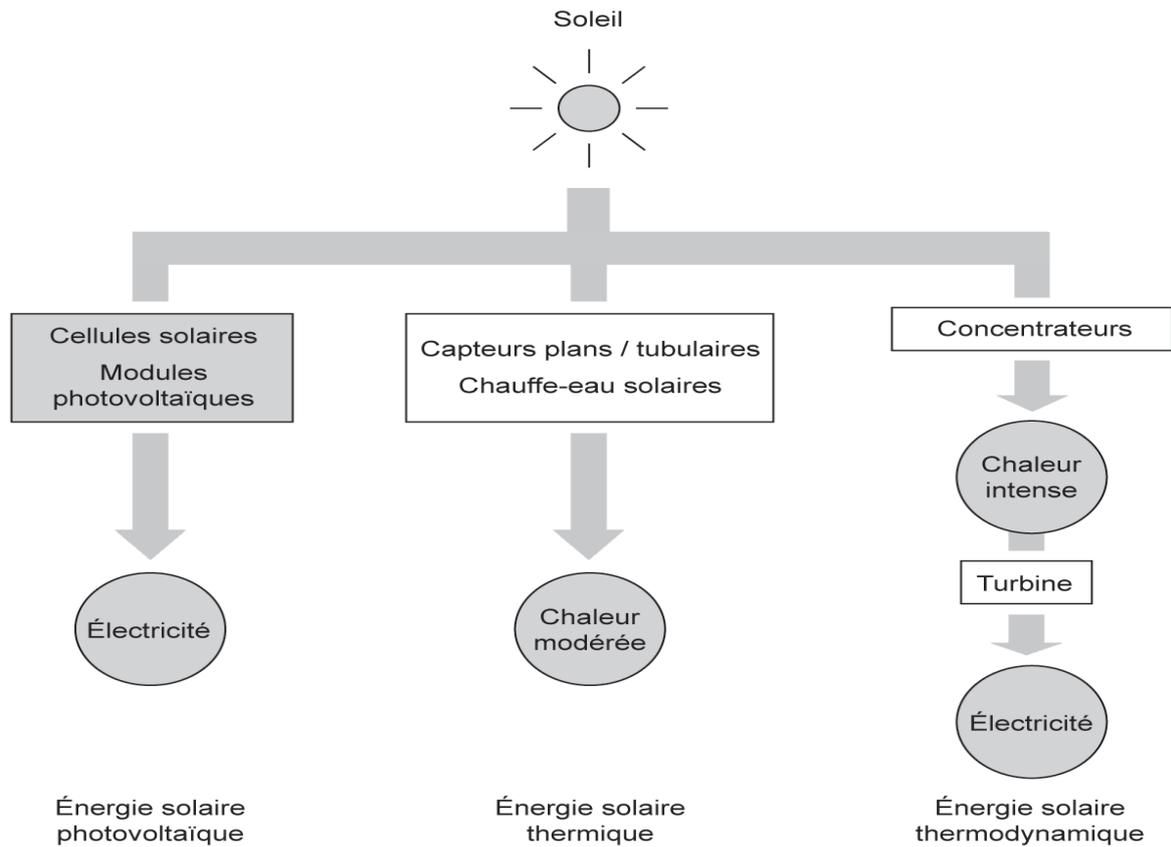


Figure I.2 : Les différents modes d'exploitation de l'énergie solaire. [6]

I.3. Différents composants d'une installation photovoltaïque :

Les différents composants d'une installation photovoltaïque sont :

- Un générateur photovoltaïque
- Onduleur (pour les systèmes à courant alternatif)
- Câbles photovoltaïques
- Régulateur de charge
- La partie de stockage (batterie) (pour les installations photovoltaïques avec batterie)

Ces différents composants sont illustrés dans la figure

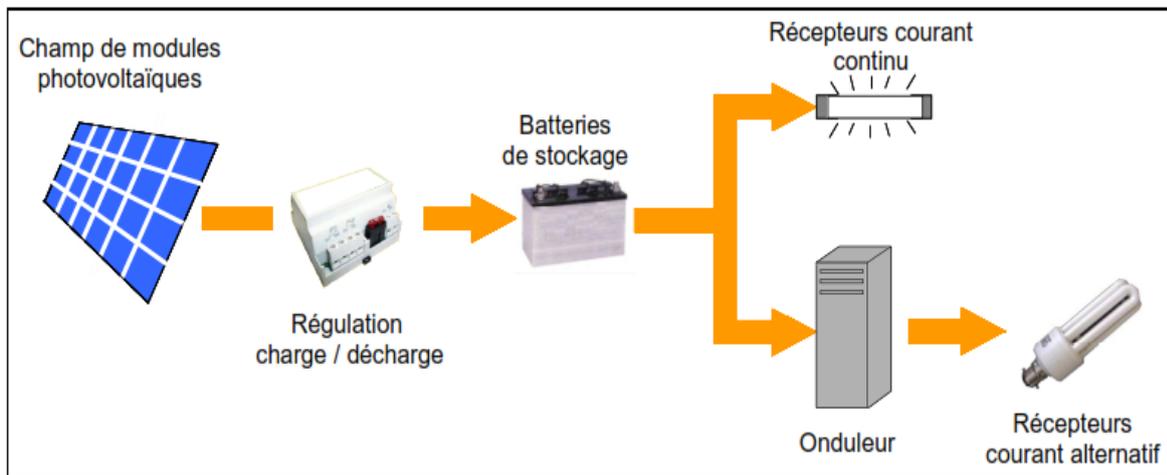


Figure I.3 : schéma générale d'une installation photovoltaïque avec stockage d'énergie [7]

1.3.1. Les Panneaux solaires (générateur photovoltaïque) :

1.3.1.1. Définition :

Le panneau solaire ou (champ solaire) se compose de modules photovoltaïques interconnectés en série et/ou en parallèle afin de produire la puissance requise. Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique. [8]

Chaque panneau solaire est lui-même constitué de cellules photovoltaïques et des modules photovoltaïques généralement montées en série.

1.3.1.2. Cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque qui est l'élément de base des modules photovoltaïque, transforme l'énergie lumineuse des photons qu'elle absorbe en énergie électrique, elle est considérée comme un générateur de puissance électrique. Sa puissance est déterminée par le point de fonctionnement qui est lui-même fixé par la charge à laquelle il est connecté.

Les cellules photovoltaïques sont des éléments très fragiles, qui ne produisent qu'une très faible puissance électrique de 1 à 3 W avec une tension de moins d'un volt

1.3.1.3. Historique :

Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque :

- 1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre le processus de l'utilisation de l'ensoleillement pour produire du courant électrique dans un matériau solide. C'est l'effet photovoltaïque.
- 1875 : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Mais jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène reste encore une curiosité de laboratoire.

- 1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.
- 1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- 1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.
- 1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie. [1]

La première cellule photovoltaïque (ou photopile) a été développée aux Etats-Unis en 1954 par les chercheurs des laboratoires Bell, qui ont découvert que la photosensibilité du silicium pouvait être augmentée en ajoutant des "impuretés".

C'est une technique appelée le "dopage" qui est utilisée pour tous les semi-conducteurs.

Mais en dépit de l'intérêt des scientifiques au cours des années, ce n'est que lors de la course vers l'espace que les cellules ont quitté les laboratoires. En effet, les photopiles représentent la solution idéale pour satisfaire les besoins en électricité à bord des satellites, ainsi que dans tout site isolé. [1]

I.3.1.4. Les différentes technologies

Les principales technologies industrialisées pour les cellules photovoltaïques sont mentionnés dans la figure I.4

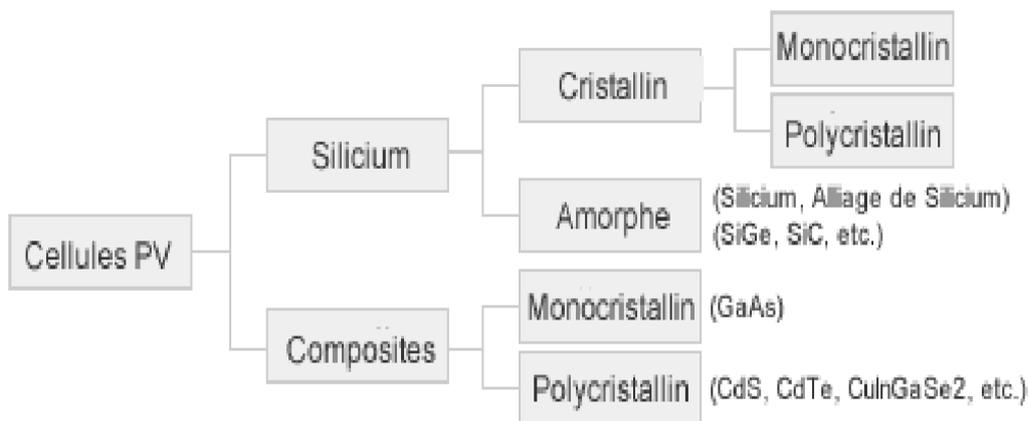


Figure I.4 : les différentes technologies industrielles d'une cellule PV. [1]

I.3.1.5. Module photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques sont encapsulées dans des modules étanches qui les protègent de l'humidité des chocs et des nuisances. Par la même occasion, l'assemblage des cellules photovoltaïques dans un module sert à augmenter la puissance et la tension de sortie [9]

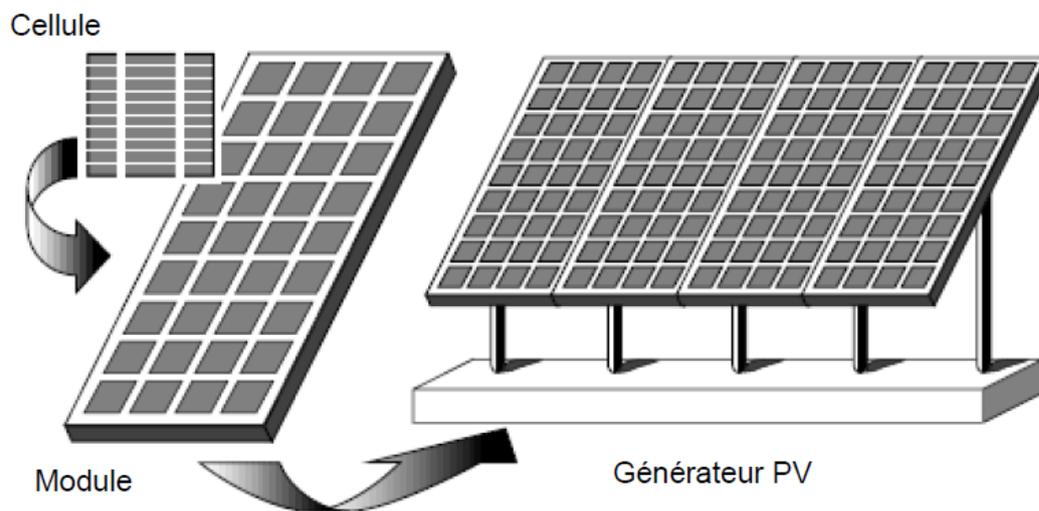


Figure I.5 : composantes d'un générateur photovoltaïque [9]

I.3.2. Onduleurs photovoltaïques

Un onduleur est un composant électronique qui permet de transformer l'électricité Continue provenant d'un module photovoltaïque en électricité alternative pouvant être transmise au réseau électrique.

L'onduleur est un composant central dans le système photovoltaïque. Le champ de modules peut produire de l'énergie électrique continue, mais il est possible que l'onduleur ne la transforme pas en énergie électrique alternative. En effet, un onduleur ne fonctionne que lorsque qu'il reçoit, en entrée, une puissance comprise dans un intervalle défini par le constructeur. Si la puissance en entrée est supérieure à la puissance maximale autorisée, le module ne transforme que l'électricité maximale qu'il peut produire. A l'inverse, dans le cas où la puissance en entrée est inférieure à la puissance minimale de l'intervalle de puissance d'entrée, l'onduleur se met en veille et ne produit pas d'électricité. [10]

Il existe deux principaux types d'onduleurs : les onduleurs monophasés et les onduleurs triphasés.

Les onduleurs monophasés envoient le CA sur une phase d'une ligne de transmission de puissance, tandis que les onduleurs triphasés envoient le CA aux trois phases d'une ligne de

transmission de puissance .les petits systèmes ,généralement inférieur à 5kw, utilise généralement des onduleurs monophasés car une ligne suffit à absorber le courant fourni par un système PV les plus grands systèmes utilisent généralement des onduleurs triphasés (l'électricité fournie par le système PV est alors partagée en trois parties, chacune alimentant l'une des trois phases), laissant plus de liberté en termes de dimensionnement du système.

Il est également possible de raccorder plusieurs onduleurs monophasés, afin de constituer un système triphasé. Dans ce cas, la différence de puissance entre les phases ne doit pas dépasser 5kw, comme spécifié par l'exploitant du réseau.[11]

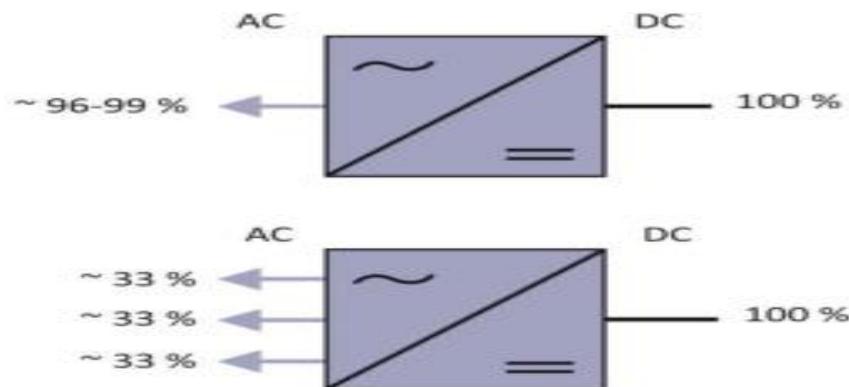


Figure I.6: onduleur monophasé et triphasé [11]

I.3.3.Régulateur (charge / décharge) :

Les régulateurs (ou contrôleurs) de charge sont utilisés dans des systèmes autonomes pour réguler le système. La tension de sortie de champ photovoltaïque doit correspondre à celle de la batterie, qui est généralement de 12V, 24V, 48V.Or, cette tension subissant de continuelles variations en raison des conditions météorologiques, le régulateur de charge joue un rôle important en synchronisant les deux tensions. Les régulateurs protègent également les batteries des surcharges ou décharges complètes. [11]

I.3.4.Câbles photovoltaïques :

Il existe deux types de câbles servant dans les systèmes photovoltaïques : les câbles DC sont les câbles permettant de transporter le courant continu entre les modules photovoltaïques et les onduleurs, les câbles AC sont les câbles permettant de transporter le courant alternatif entre les onduleurs et le réseau électrique. [9]

I.3.5. Stockage de l'énergie solaire :

Les panneaux solaires ne sont que des convertisseurs d'énergie et non des réservoirs (Comme les piles). Ils transforment l'énergie mais ne la stockent pas. Si l'application demande de l'énergie en dehors des périodes de production, c'est-à-dire dans l'obscurité, il faudra nécessairement la récupérer dans un stockage (batterie, accumulateur) ou sur une autre source d'énergie.

Les applications possibles sans batterie fonctionnent soit en alimentation directe (en présence de lumière uniquement), soit grâce à un stockage hydraulique (pompage de l'eau), soit lorsque l'installation est connectée au réseau (objet de cet ouvrage).

Dans tous les autres cas, une batterie de stockage sera employée pour fournir de l'électricité dans l'obscurité et également lorsque le courant demandé est supérieur au courant fourni à cet instant par les panneaux (démarrage d'un moteur par exemple). [6]

I.4. Avantages et inconvénients d'une installation PV :**a) Avantages :**

- D'abord une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.
- Ensuite le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du milliWatt au MégaWatt.
- Le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel hautement spécialisé.
- La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions. [2]

b) Inconvénients :

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 10-15 % avec une limite théorique pour une cellule de 28%. · Les générateurs photovoltaïques ne sont pas compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.

- Tributaire des conditions météorologiques.
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur est accru.
- Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes. Le faible rendement des panneaux photovoltaïques s'explique par le fonctionnement même des cellules. Pour arriver à déplacer un électron, il faut que l'énergie du rayonnement soit au moins égale à 1 eV. Tous les rayons incidents ayant une énergie plus faible ne seront donc pas transformés en électricité. De même, les rayons lumineux dont l'énergie est supérieure à 1 eV perdront cette énergie, le reste sera dissipé sous forme de chaleur.[2]

I.5.Le pompage photovoltaïque :

Dans nos jours, la demande d'eau est de plus en plus très importante, en particulier dans les zones rurales et les sites isolés où l'accès à l'énergie classique est difficile voir pratiquement impossible.

Pour pomper l'eau avec un système photovoltaïque, deux techniques sont possibles :

Dans la première technique, l'énergie solaire est consommée en « temps réel » ; On parle alors d'un « pompage au fil du soleil ». Cette solution nécessite un stockage de l'eau dans un réservoir (l'eau pompée pendant la journée est stockée afin d'être utilisée plus tard, le soir par exemple).

La deuxième méthode consiste à utiliser un stockage de l'énergie, cette fois-ci, via des batteries. L'énergie stockée la journée peut être utilisée plus tard pour pomper l'eau [12]

I.5.1. Pompage au fil du soleil « sans batterie » :

La méthode de pompage sans batterie permet d'avoir un système photovoltaïque plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système utilisant des batteries pour stocker de l'énergie d'abord. En effet, dans cette première technique, c'est l'eau elle-même qui est pompée et stockée lorsqu'il y a suffisamment d'ensoleillement. On parle alors d'un stockage hydraulique. L'eau est stockée dans un réservoir à une hauteur au-dessus du sol pour qu'elle soit, au besoin ensuite, distribuée par gravité. Il faut bien signaler ici que le réservoir d'eau peut souvent être construit localement. En plus, il ne requiert pas un entretien complexe et peut être réparé localement. La capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours selon les modèles. [11]

I.5.2. Pompage avec batteries :

La méthode de pompage d'eau en utilisant l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements (système présente l'avantage d'un débit régulier, la possibilité de pomper lorsque le soleil est absent). L'énergie emmagasinée pour être utilisée aussi pour d'autres besoins ultérieurs. L'inconvénient majeur, voire handicapant, de cette technique est qu'elle comporte plusieurs composants qui influent négativement sur la fiabilité et le coût global du système. En effet, les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés. Elles nécessitent, en outre, un entretien constant et un contrôle rigoureux de leur charge et décharge. Les contrôleurs utilisés pour régulariser la charge et la décharge des batteries vieillissent rapidement et peuvent s'avérer non fiables. Les batteries introduisent également un certain degré de perte de rendement d'environ 20% à 30 % de la production d'énergie. [11]

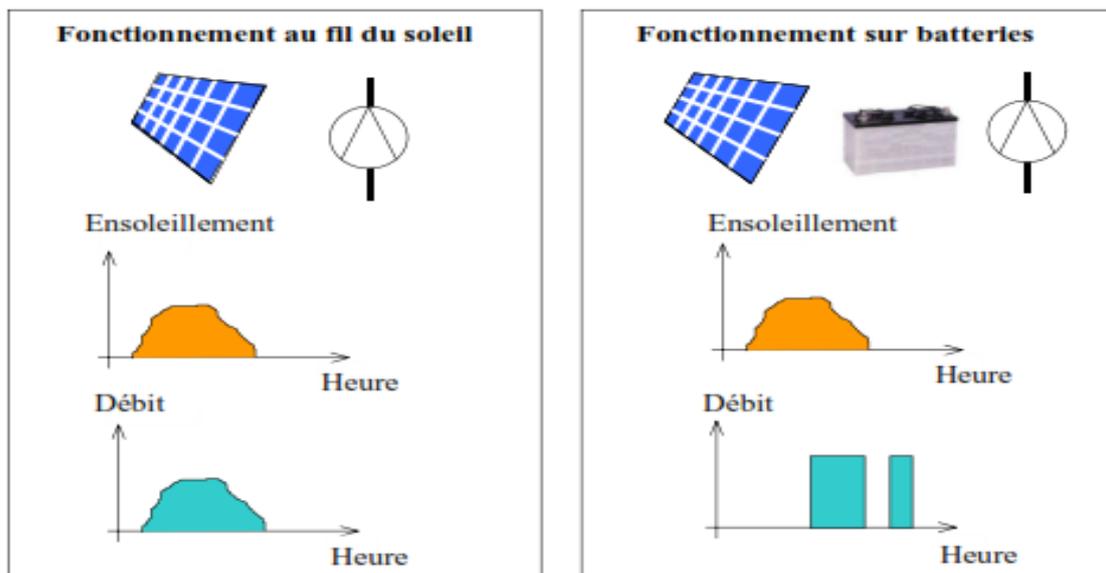


Figure I.7 : Les différents types de pompage photovoltaïque [7]

I.6. Les différentes composantes d'un système de pompage PV :

Un système de pompage solaire est généralement constitué de :

- installation photovoltaïque
- le groupe électropompe,

I.6.1. Le groupe électropompe :**I.6.1.1. Moteurs :**

Un moteur est une machine qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Deux types de moteurs peuvent être distingués selon leurs emplacements physiques par rapport à l'eau pompée:

- Moteur de surface qui sera associé à une pompe de surface ou à une pompe flottante.
- Moteur immergé qui sera associé uniquement à une pompe immergée.

Mais selon le principe du fonctionnement, les moteurs peuvent être à courant alternatif ou à courant continu. [9]

a-Moteurs à courant continu :

L'énergie électrique appliquée à un moteur est transformée en énergie mécanique en variant le sens du courant circulant dans le rotor (l'induit) qui est soumis à un champ magnétique produit par le stator (l'inducteur). Ainsi, nous distinguons deux types de moteur à courant continu :

- Les moteurs à balais : Ils sont les plus communs, mais leurs balais doivent être changés périodiquement.
- Les moteurs à commutation électronique (sans balais) : Ils utilisent un circuit électronique pour commuter le courant circulant dans le stator. La commutation électronique a l'avantage d'avoir une faible maintenance comparée à l'utilisation des balais. [13]

b-Moteurs à courant alternatif :

Le moteur à courant alternatif est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable qui demande peu d'entretien. Les moteurs à courant alternatif sont classés en deux types:

- Asynchrone,
- Synchrone

Le moteur asynchrone est le plus utilisé pour le pompage photovoltaïque pour des raisons de robustesse, la faible maintenance, la disponibilité sur le marché avec un coût bas. Le rendement moyen d'un moteur asynchrone est de 85 % [13]

I.6.1.2. Pompes :

Les pompes sont responsables de la transformation de l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type :

a. La pompe centrifuge :

Elles sont en générale multicellulaires. Elles utilisent les variations de vitesse du fluide pompé combinées avec l'effet de la force centrifuge pour obtenir un accroissement de pression. L'énergie cinétique transmise au fluide est fournie par la rotation d'une roue munie d'aubes ou d'ailettes, c'est une partie de cette énergie qui est transformée en pression par réduction de vitesse.

b. La pompe volumétrique :

Les pompes volumétriques utilisent les variations de volume de fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression. Le fluide est d'abord aspiré par l'accroissement d'un volume puis refoulé par diminution de ce même volume.

Outre ces deux classifications, nous distinguons également deux autres types de pompes en fonction de l'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée : pompe de surface et pompe immergée. [14]

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les bases indispensables à la compréhension du sujet. Nous avons rappelé quelques notions sur le rayonnement solaire, nous avons ensuite expliqué les différents éléments des systèmes de pompage PV, à savoir l'installation PV, et le groupe moteur-pompe afin de nous familiariser avec les systèmes de pompage PV. Les systèmes PV avec batterie sont favorables pour le pompage d'eau.

Chapitre II :

Présentation D'une Méthode De Dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque.

Introduction :

Ce chapitre traite plus particulièrement les éléments théoriques permettant de dimensionner les différentes composantes du système de pompage photovoltaïque. Qui sont le dimensionnement de la station de pompage et le dimensionnement de l'installation photovoltaïque

II.1.Dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque destiné a l'alimentation en eau potable :

Les différentes étapes pour le dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque sont :

- Dimensionnement d'un système de pompage.
- Dimensionnement d'une installation photovoltaïque.

II.1.1.Dimensionnement d'un système de pompage :

Pour un bon dimensionnement d'un système de pompage il faudrait d'abord identifier les besoins : tels que : la quantité d'eau nécessaire (le débit), la profondeur à laquelle l'eau doit être pompée, la hauteur à laquelle l'eau doit être remontée, la distance à laquelle l'eau doit être transportée, d'où la nécessité de calculer :

- L'estimation des besoins en eau d'une agglomération
- Besoins domestiques
- Besoins scolaires
- Besoins administratifs
- La hauteur manométrique totale HMT:

C'est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT=H_g + \Delta h_t \quad (II-1)$$

Avec :

H_g : hauteur géométrique (m)

Δh_t : les pertes de charge totale (m)

- L'énergie hydraulique (énergie nécessaire pour déplacer une quantité d'eau).
- L'énergie électrique qui sera consommée.

Donc le débit et la hauteur manométrique totale (HMT), nous a permis de faire le choix de la pompe adaptée à l'usage de notre projet.

II.1.2. Puissance absorbée par la pompe :

Une pompe est une machine qui fournit de l'énergie à un fluide en vue de son déplacement d'un point à un autre. L'expression générale de la puissance définie comme suit:

$$P = \frac{g \cdot Q \cdot HMT}{\eta} \quad (\text{II-2})$$

Avec :

η : rendement de la pompe en (%)

Q: débit refoulé par la pompe en (m³/s)

g: pesanteur (9.81m/s²)

II.1.3. Energie consommé par la pompe :

Energie consommé par la pompe définie comme suit :

$$E = p \cdot t \quad (\text{II-3})$$

Avec :

P : Puissance absorbée par la pompe (KWh)

t : c'est le temps de pompage par jour en (heur)

II.2. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour un site donné :

La méthode de dimensionnement d'une installation photovoltaïque consiste à déterminer la taille de chaque composante d'un système photovoltaïque pour satisfaire les besoins en énergie bien déterminée

Les différentes étapes pour le dimensionnement d'une installation photovoltaïque sont :

- Calcul des besoins en énergie électrique de la station de pompage.
- calcul du rayonnement global sur un plan horizontal.
- calcul du rayonnement global sur un plan quelconque.
- calcul de la surface du panneau solaire.
- calcul de la capacité de stockage.

II.2.1. Calcul des besoins en énergie électrique :

Il s'agit d'estimer l'énergie totale nécessaire chaque jour E (Wh/j) est la somme des consommations énergétiques des divers équipements constituant le système à étudier (le système de pompage), à savoir .la pompe, les lampes d'éclairage, les appareils électroniques, etc... ; Elle est donnée par la formule suivante [15] :

$$E = \sum_{i=1}^n E_i \quad (\text{II-4})$$

E_i : Énergie consommée par l'élément i

II.2.2. rayonnement global sur un plan quelconque :

Pour commencer les calculs vous devez chercher quelle est, dans votre région, la quantité d'énergie reçue chaque jour du soleil. Cette quantité est appelée irradiation journalière ou rayonnement global journalier ou rayonnement solaire intégré, elle s'exprime en Watt-heure par mètre carré par jour ($\text{Wh/m}^2/\text{j}$).

L'ensoleillement varie évidemment en fonction de la saison, il est donc souvent fourni en moyenne mensuelle. Dans la pratique c'est surtout la valeur du mois le plus mauvais qui va nous intéresser puisque objectif est de concevoir une installation solaire capable de couvrir les besoins en énergie pour un système de pompage d'eau pendant toute l'année.

Le mois de dimensionnement sera le mois le plus défavorable, c'est-à-dire celui dont le rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique nécessaire soit minimum.

Ci-dessous est représenté l'ensemble des calculs à effectuer pour déterminer le rayonnement journalier global sur plan horizontale, en connaissant au préalable le jour de l'année n , les coordonnées géographiques terrestres de la zone d'étude et les coordonnées du soleil.

II.2.2.1. Les coordonnées géographiques terrestres :

Un point sur la surface de la terre est repéré par ces coordonnées [16]

-Longitude λ :

C'est la mesure de l'angle entre le méridien du lieu et le méridien origine des longitudes (Greenwich en Angleterre). Les lieux qui sont situés à l'Est sont comptés avec le signe +. Le grand arc de cercle qui joint le pôle Nord, Greenwich et le pôle Sud s'appelle méridien origine. Il y a 23 méridiens séparés de 15° donnant naissance aux 24 fuseaux horaires.

-Altitude z :

L'altitude est l'élévation d'un lieu par rapport au niveau de la mer, mesuré en Km.

-Latitude φ :

Une latitude donne la localisation d'un point par rapport à l'équateur. Elle varie entre 0 et 90° . Positivement vers le pôle Nord et négativement vers le pôle Sud.

II.2.2.2. Les coordonnées du soleil :

La position apparente du soleil est repérée à chaque instant de la journée de l'année par deux systèmes de coordonnées.

a-Coordonnées horaires :

Les coordonnées horaires sont liées à l'heure de l'observation, et n'ont aucune relation avec la position de l'observateur sur la terre, elles ont comme plan de référence le plan de l'équateur. Les coordonnées horaires sont au nombre de deux:

-Déclinaison du soleil δ :

La déclinaison de soleil est l'angle que fait la direction d'observation du soleil avec sa projection sur le plan équatorial. Elle est exprimée en degrés ($^{\circ}$), minute ($^{\prime}$), et seconde ($^{\prime\prime}$), d'arc. Elle traduit l'inclinaison du plan équatorial par rapport au plan écliptique.

En considérant la déclinaison δ comme constante sur une journée, l'équation de Cooper fournit la relation qui relie ces deux grandeurs [17]

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[2\pi \times \frac{284+n}{365} \right] \quad (\text{II-5})$$

Avec :

n est le numéro du jour de l'année à partir de premier janvier.

La déclinaison solaire varie de $-23^{\circ}45'$ au solstice d'hiver à $+23^{\circ}45'$ au solstice d'été et elle est nulle aux équinoxes, et cette variation entraîne des variations de la hauteur du soleil pour un même site.

En juin, l'hémisphère nord se trouve rapproché du soleil ; le soleil est plus haut sur l'horizon pour une même heure et la durée du jour est plus grande. L'irradiation journalière est ainsi automatiquement augmentée par rapport au solstice d'hiver, en décembre. La Figure II.1 en donne les valeurs remarquables.

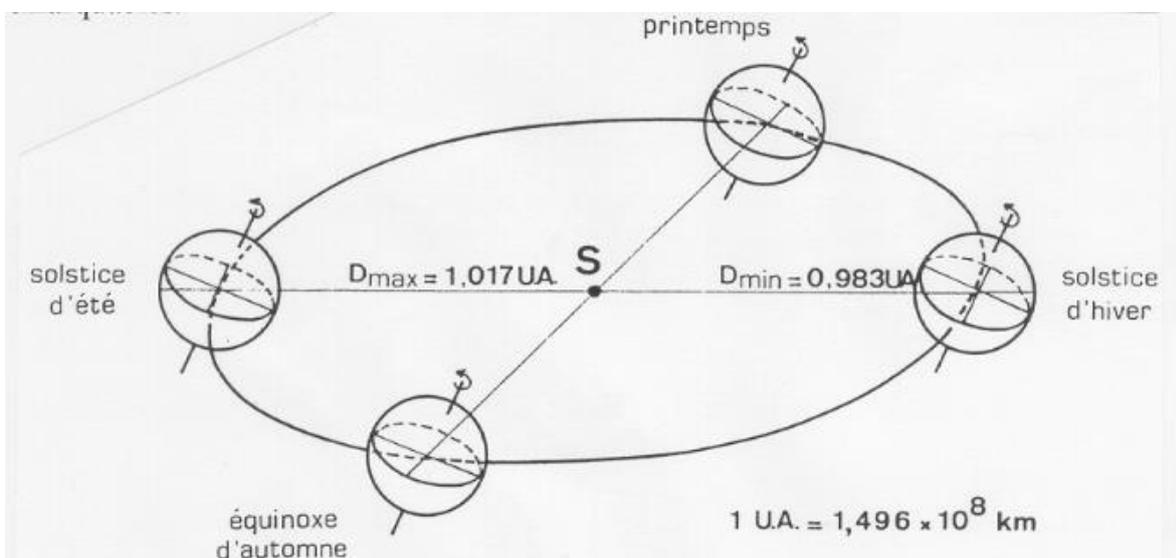


Figure II.1 : mouvement de rotation de a terre [18].

Tableau II.1 : Les valeurs de δ

Equinoxe de printemps :	21 Mars	$\delta = 0$
Solstice d'été :	22 Juin	$\delta = +23^{\circ}45'$
Equinoxe d'automne :	23 Septembre	$\delta = 0$
Solstice d'hiver:	22 Décembre	$\delta = -23^{\circ}45'$

-Angle horaire ω (ou AH) :

L'angle horaire ω (encore noté AH du soleil est calculé par la rotation journalière de la terre autour de son axe. C'est la mesure de l'arc de trajectoire solaire compris entre le soleil et le plan méridien du lieu exprimé en $^{\circ}$ d'angle, $\omega = 15(TSV-12)$ où TSV est le temps solaire vrai exprimé en heures.

A chaque heure qui s'écoule correspond une augmentation de l'angle horaire de 15° , soit encore 4mn de temps par $^{\circ}$ de longitude. [18]

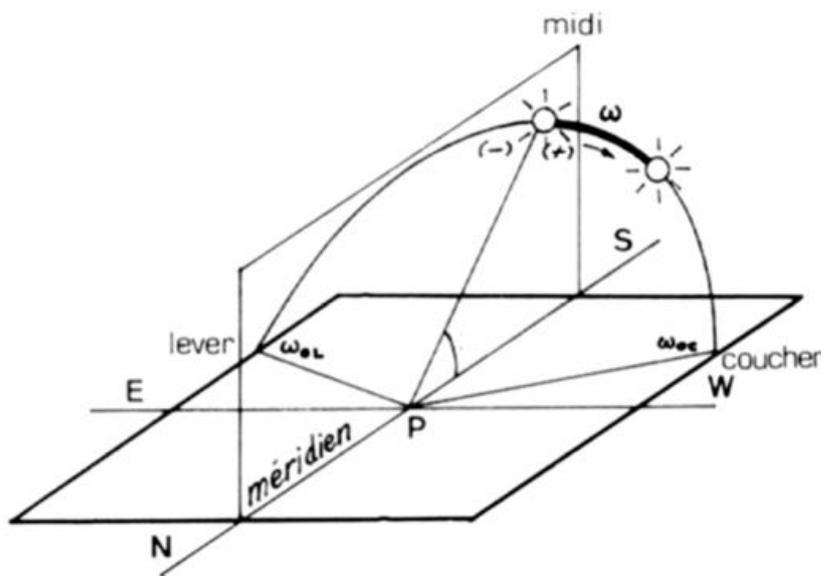


Figure II.2 : angle horaire de soleil [18]

Les différents temps :

-Temps solaire local :

La différence entre temps solaire local et temps universel est appelée correction de longitude.

La correction de longitude est donnée par la formule:

$$TSL = TU + \frac{\lambda}{15} \quad (II-6)$$

-Equation du temps :

Jusqu'en 1964, la mesure du temps était basée sur la rotation de la Terre : le jour était défini comme l'intervalle de temps entre deux passages du soleil par le même méridien. Toutefois, les jours solaires ne sont pas égaux, car l'angle ω que fait le soleil avec le méridien du lieu ne correspond pas exactement au temps solaire local bien que la terre tourne régulièrement sur elle-même ; en effet, l'expérience montre que les passages du soleil dans le plan méridien d'un lieu donné ne se succèdent pas avec exactement 24h d'intervalle et le midi vrai peut atteindre une avance de 16mn ou un retard de 14mn par rapport à 12h.

Selon l'époque de l'année. Deux facteurs interviennent dans cette variation :

- De l'excentricité de l'ellipse qui décrit la course de la terre autour du soleil, il résulte, d'après la loi de Kepler (loi des aires) que la vitesse orbitale au périhélie (Décembre) est plus grande qu'à l'aphélie (Juin). La Terre a donc une variation saisonnière de sa vitesse orbitale qui affecte l'heure de passage du soleil au méridien.

- D'autre part, l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'écliptique introduit une oscillation supplémentaire de la durée du jour solaire, un jour de novembre étant plus long d'une demi-minute qu'un jour de Mars.

Cet écart Δt entre temps solaire local (TSL) et temps solaire vrai (TSV) est désigné sous le terme d'équation du temps. En outre, le mouvement de la Terre dissipant de l'énergie au détriment de son énergie cinétique, celle-ci ralentit, et des mesures précises ont constaté qu'entre 1900 et 1974, la Terre a accumulé 44 secondes de retard dans sa rotation annuelle, ce qui signifie que la durée du jour moyen augmente de 1,6 s par an.

Nous reprenons l'expression proposée par Duffie et Beckman [19]:

$$\Delta t = 229,2(0,000075 + 0,001868.\cos B - 0,032077.\sin B - 0,014615.\cos 2B - 0,04089.\sin 2B) \quad (\text{II-7})$$

D'où :

$$B = (n - 1) \frac{360}{365} \quad (\text{II-8})$$

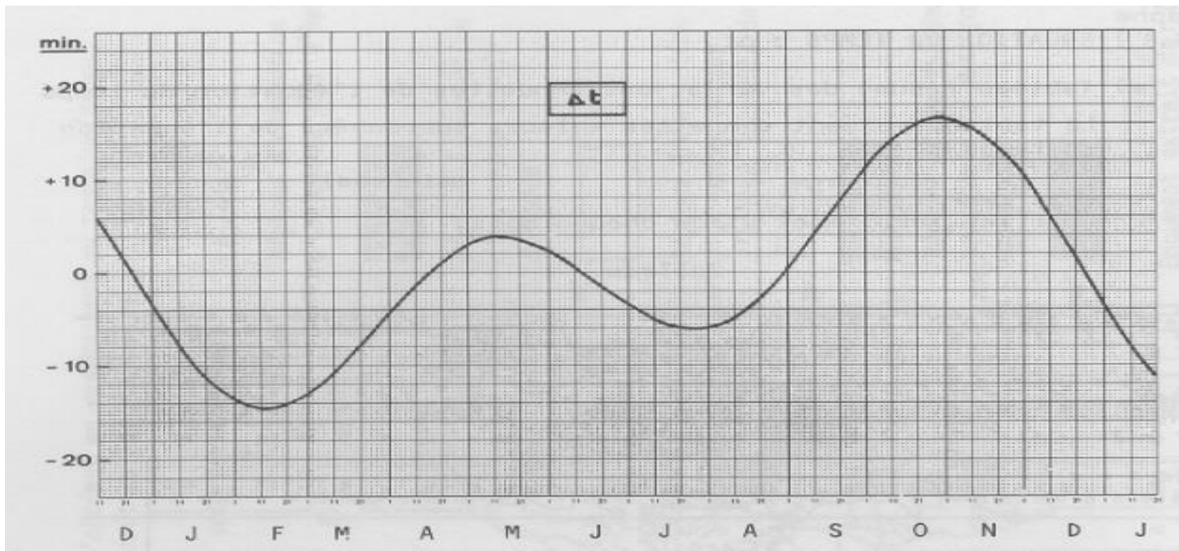


Figure II.3 : Graphe des variations annuelles de l'équation du temps [19]

-Temps solaire vrai :

C'est le temps solaire local corrigé avec l'écart calculé à partir de l'équation du temps, donnée astronomique universelle liée à l'excentricité de l'orbite de la terre autour du soleil :

$$TSV = TSL + \Delta t \quad (\text{II-9})$$

Pour un lieu de longitude λ , il existe une correspondance directe entre angle horaire ω , temps solaire vrai TSV, temps solaire local TSL et temps universel TU:

$$\omega = 15 \left(TU + \frac{\lambda}{15} + \Delta t - 12 \right) \quad (\text{II-10})$$

Avec :

TU : le temps universel.

-Temps universel :

Le temps universel (TU) est défini par le décalage horaire par rapport au méridien de Greenwich.

Cette formule n'est pas valable pour les heures de lever et de coucher du soleil. Il faut ainsi déterminer l'angle solaire au coucher, et au lever qui dépendent de la déclinaison et de la latitude du lieu [19].

$$\omega_0 = \arccos (-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (\text{II-11})$$

L'angle solaire de coucher est tout simplement l'opposé de l'angle solaire au lever

b-Coordonnées horizontales :

Les coordonnées horizontales dépendent du lieu d'observation. Elles ont comme plan de référence le plan horizontal. Perpendiculaire à la verticale du lieu. Un objet est repéré dans ce système de coordonnées par ces composantes [16]

-Hauteur angulaire de soleil (H) :

La hauteur angulaire de soleil, communément appelée hauteur de soleil ou élévation du soleil, est l'angle compris entre la direction apparente du soleil avec sa projection sur le plan horizontal du lieu considérée. Sa valeur est nulle au lever ou au coucher du soleil et maximale lorsque le soleil est à son zénith.

Elle varie au cours de la journée en fonction de la déclinaison δ , de l'angle horaire ω , et de la latitude ψ . de façon telle que :

$$\sin(h) = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega \quad (\text{II-12})$$

il faut noter que la hauteur angulaire de solaire intervient fortement sur la valeur de l'éclairement solaire journalier sur un plan horizontal.

-Azimut (A) :

C'est l'angle a compris entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le soleil. L'angle d'azimut est compté positivement vers l'Ouest. L'azimut est relié à l'angle horaire, la hauteur et la déclinaison par la relation:

$$A(\omega) = \arcsin\left(\frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos H(\omega)}\right) \quad (\text{II-13})$$

Et si nous souhaitons exprimer l'azimut indépendamment de la hauteur h , nous pouvons peut utiliser la formule :

$$A(\omega) = \arctan \frac{\sin(\omega)}{\sin(\varphi) \cos(\omega) - \cos(\varphi) \tan(\delta)} \quad (\text{II-14})$$

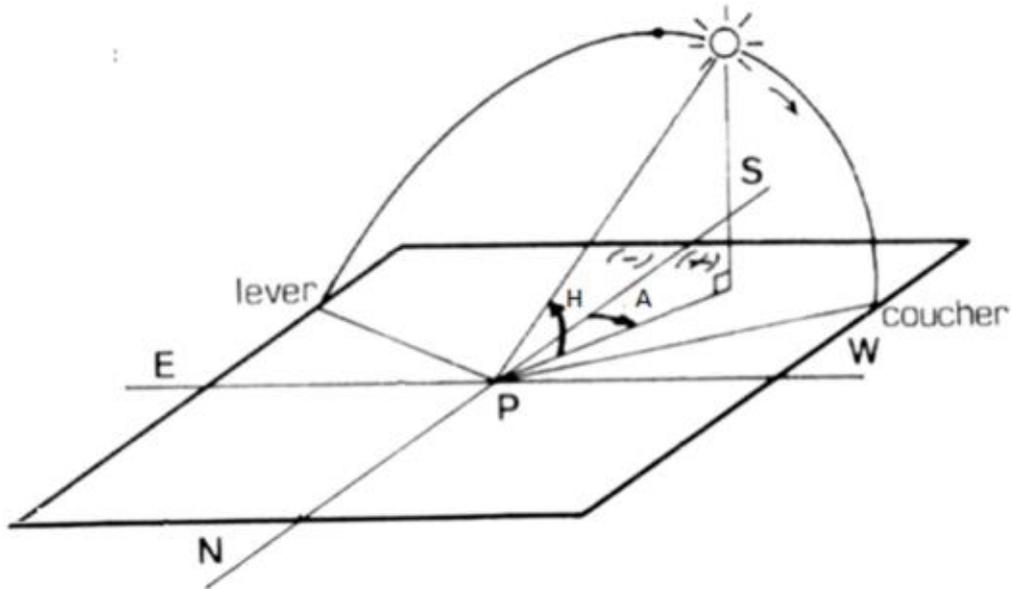


Figure II.4 : Hauteur angulaire et l'azimut de soleil par rapport à un plan [18].

II.2.2.3. Le rayonnement global sur un plan horizontal :

Pour calculer l'irradiation globale dans un plan horizontal, nous avons concocté la formule suivante qui tient compte de l'altitude z (km), à partir de la formule proposée par une commission de l'Organisation Météorologique Mondiale [18]:

$$G_h = (1300 - 57T_l) \exp\left(\frac{0.22z}{7.8}\right) \cdot \sin(h) \left(\frac{T_l+36}{33}\right) \quad (\text{II-15})$$

Avec :

G_h : Rayonnement global sur un plan horizontal (w/m^2)

Z : l'altitude de lieu (km)

T_l : Facteur de trouble de LINK

-Facteur de trouble de LINK

Il dépend du coefficient de diffusion d'Angström (qui donne la couleur du ciel) et de la hauteur d'eau condensable [18]:

$$T_L = 1.6 + 16\beta + 0.5 \ln(t) \quad (\text{II-16})$$

Avec :

B : coefficient de diffusion d'Angström

T : tension de vapeur de l'eau (pa)

II.2.3.Méthode de Calcul des composantes du rayonnement reçu sur un plan quelconque :**II.2.3.1.Composante diffuse pour une surface d'orientation quelconque :**

Pour estimer l'apport solaire sur une surface d'orientation quelconque, il faut clairement séparer le calcul de rayonnement diffus [20].

$$D = \frac{1+\cos i}{2} D_h + \frac{1-\cos i}{2} \alpha \cdot G_h \quad (\text{II-17})$$

Où :

D_h : L'irradiation diffuse sur un plan horizontal (w/m^2)

i : L'orientation du panneau solaire par rapport à l'horizontal ($^\circ$)

α : est le coefficient d'albédo du sol

G_h : le rayonnement global sur un plan horizontal (w/m^2)

La meilleure orientation des panneaux est en général vers le sud à une inclinaison de

$$i = \arctan\left(\frac{1}{\tan H_{\max}}\right) \quad (\text{II-18})$$

Avec :

$$H_{\max} = H(\omega=0)$$

Le rayonnement global G reçu par une surface horizontale se décompose en deux termes :

- Le rayonnement direct I_h

-Le rayonnement diffus D_h en provenance de toute la voûte céleste.

Nous aurons donc sur un plan horizontal :

$$G_h = D_h + I_h \quad (\text{II-19})$$

Pour calculer l'irradiation diffuse sur un plan horizontal D_h nous pouvons en première approximation, utiliser la formule empirique :

$$D_h = (0.9 - 0.8 \sigma) \cdot \alpha \cdot G_h \quad (\text{II-20})$$

Avec :

σ : la fraction d'insolation

α : le coefficient d'albédo

-Fraction d'insolation σ

C'est le paramètre représentatif des conditions de nébulosité du ciel. La nébulosité est le rapport entre la surface du ciel couverte par les nuages et la surface totale du ciel au-dessus du territoire correspondant. Cette notion n'étant que descriptive, on la relie à la fraction d'insolation qui est une grandeur mesurable dès qu'on connaît les durées d'insolation enregistrées par l'héliographe et qui s'en déduit par le rapport [18]:

$$\sigma = S / S_0 \quad (\text{II-21})$$

Avec :

S : durée d'insolation mesurée (heur)

S_0 : durée maximale d'insolation (heur)

La durée maximale S_0 est calculée par l'expression suivante :

$$S_0 = (2/15) \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (\text{II-22})$$

II.2.3.2. Composante direct pour une surface d'orientation quelconque

La composante directe reçue par le panneau est exprimée par l'angle horaire, l'inclinaison et l'orientation [18]:

$$I = \int_{-\omega_0}^{\omega_0} I(\omega) d\omega \quad (\text{II-23})$$

$$I = \int_{-\omega_0}^{\omega_0} \frac{I_h}{\sin(H(\omega))} (\sin(H(\omega)) \cos(i) + \cos(H(\omega)) \cos(Y - A(\omega)) \sin(i)) d\omega$$

Avec :

Y : Orientation des panneaux solaires par rapport au sud ($^\circ$)

Donc le rayonnement global reçu par le panneau sera :

$$G=I+D \quad (\text{II-24})$$

II.2.4. Nombre des panneaux photovoltaïques :

Une fois connus les besoins énergétiques d'un système de pompage d'eau et l'irradiation globale journalière sur un plan incliné, le nombre des panneaux solaires photovoltaïques est calculé par la formule suivante :

$$N_{\text{pann}} = \frac{P_{c.ch}}{P_{c.pann}} \quad (\text{II-25})$$

Avec :

$P_{c.ch}$: La puissance crête des champs photovoltaïques (Pc)

$P_{c.pann}$: La puissance crête du panneau photovoltaïque (Pc)

II.2.5. Dimensionnement des batteries de stockage :

Si vous installez un système photovoltaïque sur un site isolé, un parc de batteries solaires vous sera indispensable pour stocker l'énergie produite et la délivrer la nuit et quand l'ensoleillement ne sera pas suffisant pour alimenter vos consommateurs électriques

Le calcul de la capacité C_{bat} des batteries dépend de plusieurs données :

- N_j : le nombre de jours avec sans ensoleillement. En France, pour une utilisation annuelle, 5 jours de réserve en batteries sont nécessaires. En Afrique, nous prenons

3 jours ou 4 jours en intégrant la saison des pluies.

- C_m : la demande énergétique quotidienne exprimée en Wh/jour. Il s'agit de l'énergie nécessaire pour alimenter vos appareils électriques. D s'obtient en multipliant la puissance de chacun de vos appareils par leur durée d'utilisation quotidienne en heures.

- U : la tension en Volt sous laquelle est installée le parc de batteries (12 V, 24 V, 48 V..)

- D_e : la profondeur de décharge maximum des batteries.

La capacité de batteries est calculée par la formule suivante [21]:

$$C_{bat} = \frac{C_m \cdot N_j}{D_e \cdot U} \quad (\text{II-28})$$

Avec :

C_m : Consommation énergétique journalier (wh/jour)

N_j : Le nombre de jours avec sans ensoleillement (jour)

D_e : Coefficient de décharge de la batterie

U : Tension du panneau solaire (volt)

Conclusion :

Dans ce chapitre un bref aperçu a été donné sur les points suivants :

Présentation d'une méthode de dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque : estimation de la charge énergétique, Calcul de rayonnement global sur un plan incliné, le dimensionnement du générateur photovoltaïque et le dimensionnement d'une batterie pour satisfaire les besoins énergétiques dans les jours non éclairés.

Chapitre III :

Application d'un
système de pompage
PV sur le site de
CHAIBA

Introduction :

Dans la partie précédente de ce travail, nous avons bien détaillé la méthode de dimensionnement du système de pompage photovoltaïque. Il est alors intéressant d'appliquer cette méthode.

Pour cette partie pratique, nous avons choisi une ville parmi les villes de la wilaya de Bouira.

Dans ce chapitre, nous étudions le dimensionnement d'un système de pompage PV Fonctionnant par la méthode dite «Pompage avec batteries».

Le stockage de l'eau est réalisé par le biais d'un réservoir afin d'alimenté la ville de CHAIBA

III.1.Présentation de la zone d'étude :

La localité de CHAIBA se trouve dans la wilaya de BOUIRA Situé à une distance d'environ 20 km du chef-lieu de la wilaya. Dont la population avoisine de 200 habitants en 2015 avec un taux d'accroissement est égal a 3.2%.

Elle est limitée par :

La commune d'AIN ELHDJAR à l'Est.

La commune d'AIN BESSAM à l'Ouest.

La commune d'AIN ELTURK au Nord.

La commune d'OUED ELBERDI au Sud.

III.2.Présentation du système de pompage :

Cette étude est portée par la projection d'un réseau de distribution et une conduite de refoulement.

La conduite de refoulement est en PEHD $\Phi 75$ elle prend son départ à partir d'un puits, et qui sera implanté à une cote de terrain de 586m, et une profondeur de 10 ml.

La pompe fonctionnée 20 heures pour assurer la consommation maximale journalière de la ville de CHAIBA.

Notre pompe refoule un débit de $3.76\text{m}^3/\text{h}$ vers le réservoir de distribution par l'intermédiaire d'une conduite de 428 m de longueur à une hauteur manométrique totale :

$$\text{HMT} = H_g + \Delta h_t$$

Δh_t : perte de charge totale (m)

$$\Delta h_t = \Delta h_{lin} + \Delta h_{sin}$$

Δh_{lin} : perte de charge linéaire (m)

Δh_{sin} : perte de charge singulière (m)

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge linéaire pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbakh :

$$\Delta h_{lin} = \frac{8 \lambda L Q^2}{g \pi^2 D^5}$$

λ : Coefficient de frottement linéaire;

L : Longueur de la conduite (m) ;

Q : Débit véhiculé par la conduite (m^3/s) ;

D : Diamètre calculé de la conduite (m) ;

Le coefficient λ est obtenu par la formule suivante :

$$\lambda = (1,14 - 0,86Ln \frac{\varepsilon}{D})^{-2} \quad \text{(Formule de Nikuradzé)}$$

ε : La rugosité de la conduite (mm), pour notre calcul $\varepsilon = 0.03\text{mm}$

Donc :

$$\lambda = (1,14 - 0,86Ln \frac{0,03}{75})^{-2} = 0.014$$

$$\Delta h_{lin} = \frac{8 * 0.014 * 3.76 * 9.41^2}{9.81 * 3.14^2 * 0.075^5} = 0.208\text{m}$$

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à **15%** des pertes de charge linéaires.

Alors :

$$\Delta h_t = \Delta h_{lin} * 1.15 = 1.15 * 0.208$$

$$\Delta h_t = 0.24m$$

Donc :

$$HMT = 69 + 0.24 = 69.24 \text{ m}$$

Pour notre étude, le choix de la pompe utilisée est une pompe immergée.

III.3.Dimensionnement de l'installation photovoltaïque :

III.3.1.Calcul des besoins énergétiques du système de pompage :

La consommation journalière est calculée selon la formule suivante :

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

III.3.1.1.Calcul la puissance de la pompe :

$$P = \frac{g * Q * HMT}{\eta}$$

$$P = \frac{9.81 * 0.00104 * 69.24}{0.82} = 0.87 \text{ kwh}$$

$$E_p = (P * T_f)$$

$$E_p = (0.87 * 20)$$

$$E_p = 17.32 \text{ kwh/jour}$$

La consommation énergétique des autres équipements (lampes...etc.) sont estimées de 10 % de la consommation de la pompe

$$E = 17.32 * 1.1$$

$$E = 19.05 \text{ kw/jour}$$

Afin de rester dans une plage confortable et éviter la surcharge de l'installation d'alimentation nous devons multiplier la consommation calculée par un coefficient de sécurité C_s qui est évalué à 1.5 (Génie Electrique).

La consommation majorée E_m aura la valeur suivante :

$$E_m = E * C_s = 19.05 * 1.5$$

$$E_m = 28.58 \text{ kwh/jour.}$$

E_m La consommation journalière majorée

III.3.2. Les données de base de la zone d'étude :

III.3.2.1. Les coordonnées géographiques terrestres de CHAIBA :

Pour le site de CHAIBA, Les coordonnées géographiques terrestres sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Les coordonnées géographiques terrestres de CHAIBA

Latitude :	36°12' N
Altitude	586 m
Longitude	3°36' E

Source :Google Earth

III.3.3. Principes de calcul de l'énergie solaire :

Le dimensionnement des panneaux solaires doit se faire dans le cas le plus défavorable à savoir le jour où le nombre d'heures d'ensoleillement soit minimal.

Avant d'entrer dans le calcul de l'irradiation solaire, certains principes de base méritent d'être rappelés, notamment plusieurs variables qui seront mentionnées à plusieurs reprises par la suite

III.3.3.1. Calcul de la déclinaison :

Le jour le plus court de l'année est le 21 Décembre. Nous allons à présent calculer l'irradiation globale reçu par un panneau solaire tout au long de cette journée qui nous aidera par la suite à dimensionner les panneaux ainsi que les batteries d'accumulation.

Sa valeur en degrés est donnée par l'équation de Cooper

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[2\pi \times \frac{284+n}{365} \right]$$

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[2\pi \times \frac{284+356}{365} \right] = -23,45^\circ$$

III.3.3.2. Angle horaire de soleil :

On peut également déterminer les heures précises de levée et de couché du soleil, connaissant ainsi la durée totale d'insolation (exposition au soleil).

$$\omega_0 = \arccos (-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$$

-Angle horaire au lever de soleil :

$$\omega_{\text{lever}} = -\omega_0$$

$$= -\arccos (-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$$

$$= -\arccos (-\tan 36.2 \cdot \tan -23,45)$$

$$\omega_{\text{lever}} = -71.49^\circ$$

-Angle horaire au coucher de soleil :

$$\omega_{\text{coucher}} = \omega_0$$

$$= \arccos (-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$$

$$= \arccos (-\tan 36.2 \cdot \tan -23,45)$$

$$\omega_{\text{coucher}} = 71.49^\circ$$

Pour éviter le lever et le coucher de soleil nous allons corriger l'angle horaire par

$$-0.05^\circ$$

Donc :

$$\omega_{\text{lever}} = -71.44^\circ$$

$$\omega_{\text{coucher}} = 71.44^\circ$$

III.3.3.3. Les heures précises de levée et de couché du soleil :

Heure du lever :

$$T_{lever} = \frac{\omega_{lever}}{15} + 12$$

$$T_{lever} = \frac{-71.44}{15} + 12 = 7.237h = 7h14m13s$$

Heure du coucher :

$$T_{coucher} = \frac{\omega_{coucher}}{15} + 12$$

$$T_{coucher} = \frac{71.44}{15} + 12 = 16.762h = 16h45m43s \text{ (temps solaire vrai)}$$

III.3.4. Calcul des Coordonnées horizontales :

III.3.4.1. Calcul de la hauteur angulaire maximal de soleil :

La hauteur maximal du soleil selon les données du site sera de :

$$H_{max} = \arcsin(\sin \varphi . \sin \delta + \cos \varphi . \cos \delta).$$

$$H_{max} = \arcsin(\sin 36.2 . \sin -23.45 + \cos 36.2 . \cos -23.45).$$

$$H_{max} = 30^{\circ}.36$$

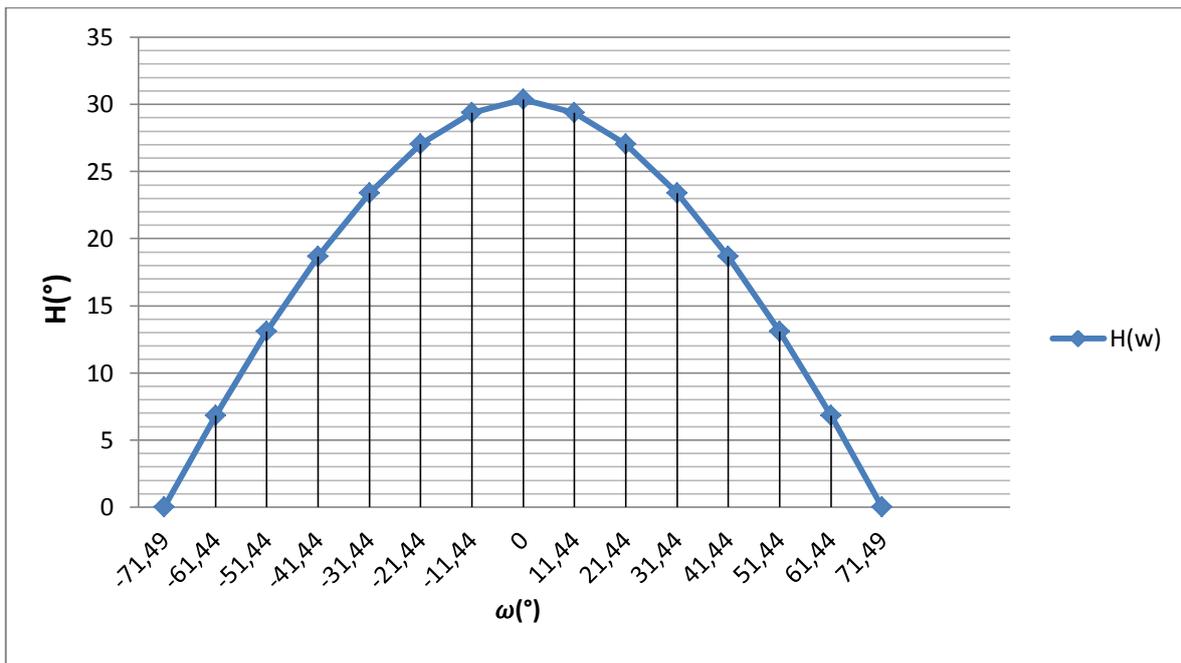


Figure III.1: La hauteur du soleil en fonction l'angle horaire

III.3.4.2. Rayonnement global horizontal :

Selon l'Atlas Solaire Algérien, et pour la Wilaya de BOUIRA, le rayonnement global horizontal moyen est estimé à 510 wh/m².

III.3.4.2. Calcul de rayonnement diffus sur un plan horizontal:

L'irradiation diffuse sur un plan horizontal D_h est calculée par la formule (II-20) dans le chapitre précédent.

-Calcul de la fraction d'insolation :

$$\sigma = S / S_0$$

-Durée d'insolation mesurée :

Les diverses valeurs de la durée d'insolation moyenne mensuelle mesurée pour l'année 2014 d'après la station météorologique de la wilaya de BOUIRA sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : la durée d'insolation moyenne mensuelle mesurée pour l'année 2014

Mois	jan	Fev	mars	Avr	Mai	juin	juill	aout	sep	oct	nov	dec
S (h)	175	182	201	297	346	326	368	348	250	285	153	153

-Durée maximale d'insolation :

$$S_0 = (2/15) \cos^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$$

$$S_0 = (2/15) \cos^{-1}(-\tan 36.2 \cdot \tan -23.45)$$

$$S_0 = 9.53 \text{ h}$$

Donc:

$$\sigma = 5.1 / 9.53 = 0.535$$

L'irradiation diffuse sur un plan horizontal D_h sera :

$$D_h = (0.9 - 0.8 \cdot 0.535) \cdot 0.2 \cdot 510$$

$$D_h = 48.144 \text{ w/m}^2$$

On déduit alors le rayonnement direct sur un plan horizontal

$$I_h = G_h - D_h$$

$$I_h = 510 - 48.144$$

$$I_h = 461.856 \text{ w/m}^2$$

III.3.4.3. Calcul de rayonnement global sur un plan incliné :

Avant de calculer le rayonnement global reçus par un plan incliné il faut d'abord calculer le rayonnement diffus et direct sur le plan incliné

a-Calcul de rayonnement diffus sur un plan incliné :

Le rayonnement diffus sur un plan incliné D est calculé par la formule suivante :

$$D = \frac{1 + \cos i}{2} D_h + \frac{1 - \cos i}{2} \alpha \cdot G_h$$

b-Calcul de la meilleure inclinaison :

$$i = \arctan\left(\frac{1}{\tan H_{max}}\right)$$

$$i = \arctan\left(\frac{1}{\tan 30.36}\right)$$

$$i = 59.64^\circ$$

Alors le rayonnement diffus sur un plan incliné sera :

$$D = \frac{1 + \cos 59.64}{2} 48.144 + \frac{1 - \cos 59.64}{2} \cdot 0.2 * 510$$

$$D = 61.462 \text{ w/m}^2$$

On peut utiliser les panneaux solaires mobiles c'est à dire les panneaux avec un support mobiles donc on cherche la position des panneaux par rapport à l'horizontal a chaque mois pour garder les mêmes rayonnements globaux reçus

Les valeurs de l'orientation sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau III.3: variation de l'orientation par rapport à l'inclinaison du soleil

Mois	N° de jour	δ (°)	φ (°)	Orientation i (°)
Jan	21	-20,1699	36,2	56,3699
Fév	52	-11,2866	36,2	47,4866
Mars	82	0,32876	36,2	35,8712
Avr	113	12,2047	36,2	23,9952
Mai	143	20,4973	36,2	15,7026
Juin	174	23,4419	36,2	12,7580
Juil	204	20,0855	36,2	16,1144
Aout	235	11,1422	36,2	25,0577
Sept	265	-0,49312	36,2	36,6931
Oct	296	-12,3448	36,2	48,5448
Nov	326	-20,5767	36,2	56,7767
Déc	356	-23,4499	36,2	59,6499

c-Calcul de rayonnement direct sur un plan incliné:

Le rayonnement direct reçu sur un plan incliné pour le 21 décembre est:

$$I = \int_{-\omega_0}^{\omega_0} \frac{I_h}{\sin(H(\omega))} (\sin(H(\omega)) \cos(i) + \cos(H(\omega)) \cos(Y - A(\omega)) \sin(i)) d\omega$$

Orientation des panneaux vers le sud : $Y=0^\circ$

$$I = \int_{-71.44}^{71.44} \frac{I_h}{\sin(H(\omega))} (\sin(H(\omega)) \cos(59.64) + \cos(H(\omega)) \cos(-A(\omega)) \sin(59.64)) d\omega$$

$$I = 4.95.10^3 \text{ w/m}^2$$

On a trouvé le résultat de l'intégrale d'après un programme sur le logiciel MATLAB (ANEEXE I)

Donc le rayonnement global reçu par les panneaux solaire sera:

$$G = I+D = 61.462+4.95.10^3$$

$$G = 5.0114.10^3 \text{ w/m}^2 = 5.0114 \text{ kw/m}^2$$

III.3.5. Nombre des panneaux solaires:

III.3.5.1.Calcul de la puissance crête du champ photovoltaïque :

En utilisant des panneaux solaires de 260Wc (Marque BenQ GreenTriplex)

(Voir ANNEXE II)

$$P_{c.ch} = \frac{E_m}{G}$$

$P_{c.ch}$: la puissance crête du champ photovoltaïque (wc)

E_m : La consommation énergétique journalière majorée (kwh)

G : Le rayonnement global reçu par les panneaux solaire (kw/m²)

$$P_{c.ch} = \frac{E_m}{G} = \frac{28.58}{5.0114} = 5.70 \text{m}^2 \cdot \text{h} = 2.0531 \cdot 10^4 \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

$$P_{c.ch} = 2.0531 \cdot 10^4 \text{ wc}$$

Le nombre des panneaux solaires est calculé par la formule suivante :

$$N_{\text{pann}} = \frac{P_{c.ch}}{P_{c.\text{pann}}} = \frac{2.0531 \cdot 10^4}{260} = 82$$

Donc le nombre des panneaux solaire nécessaires est 82 panneaux avec les dimensions suivantes :

Longueur du panneau :Lp 1.639m

Largeur du panneau :Hp 0.983m

III.3.6.Calcul de la capacité de stockage :

$$C_{\text{batteries}} = \frac{C_m \cdot N_j}{D_e \cdot U}$$

Nombre de jours d'autonomie : Nj=2 jours

Tension nominale du panneau : U=24V

Coefficient de décharge : De =0.5 Pour une batterie à sulfures de plomb

$$C_{\text{batteries}} = \frac{28.58 \cdot 2}{0.5 \cdot 24}$$

$$C_{\text{batteries}} = 1.7148 \cdot 10^7 \text{ C}$$

Nous allons utiliser des batteries de 24V à 330Ah

$$C_{batterie}=330Ah=11.88 \cdot 10^5 C$$

$$N_{batteries} = \frac{C_{batteries}}{C_{batterie}}$$

$$N_{batteries} = \frac{1.7148}{11.88} * 10^2 = 14.43 \text{ batteries}$$

Donc le nombre de batteries nécessaire pour une autonomie de 2 jours est de :

15 batteries

III.4. Entretien de système PV :

III.4.1. Entretien des panneaux solaires photovoltaïques :

Les panneaux photovoltaïques sont réputés fiables mais nécessitent néanmoins quelques opérations d'entretien.

On a longtemps pensé que la pluie à elle-seule suffirait à nettoyer des panneaux photovoltaïques, mais nous savons aujourd'hui qu'un entretien régulier de ces derniers est nécessaire pour conserver un bon niveau de rendement. En effet, des études montrent clairement une baisse significative du rendement des panneaux solaires année après année sans entretien régulier de l'installation, notamment à cause des feuilles mortes qui s'accumulent sur les panneaux, les oiseaux qui laissent quelques petits « cadeaux » au passage, la poussière et bien entendu la pollution sont autant de phénomènes extérieurs qui non seulement altèrent la performance d'un panneau solaire, mais en plus réduisent sa durée de vie. [22]

Avant de vous lancer le nettoyage, voici quelques recommandations :

-Utilisez de l'eau tempérée : une eau trop froide pourrait engendrer un choc thermique qui serait dommageable pour le panneau

-Le nettoyage doit être doux : pas de pression car un jet puissant peut détériorer les joints, ni de détergents qui abîmeraient la surface. En outre, vous risquez de rayer vos panneaux en utilisant une raclette.

-Enfin, pour votre sécurité et pour l'intégrité de votre matériel, ne marchez jamais sur vos panneaux solaires : vous risquez de glisser d'une part et d'autre part, de provoquer des microfissures.

La société belge assemble et distribue des kits de nettoyage pour panneaux solaires. Ceux-ci sont composés [23] :

- d'un manche télescopique en aluminium 1,1mm de section, pouvant atteindre une longueur de 7m ;
- d'une brosse semi-souple en aluminium renforcé ;
- d'une alimentation en eau intégrée



Figure III.2: kit de nettoyage pour les panneaux solaires [23]

III.4.2. Entretien de l'onduleur solaire :

Une fois installé, un système photovoltaïque ne demande que peu d'entretien. Cependant, certains gestes sont à effectuer régulièrement pour s'assurer de son bon fonctionnement, et pour garantir un rendement optimal de votre installation. L'onduleur, en tant que pièce centrale de votre dispositif, doit faire l'objet d'un nettoyage et d'une vérification au moins une fois par an. Voici quelques conseils pour adopter les bonnes habitudes.

Il est tout d'abord recommandé de dépoussiérer son onduleur tous les ans notamment au niveau des entrées d'air, et de s'assurer que les grilles de ventilations ne soient pas obstruées.

Il en va de même pour le local dans lequel votre onduleur est installé : vous devez vous assurer de la propreté des dispositifs de ventilation. Si le local en question est poussiéreux, il est d'ailleurs conseillé d'effectuer cette opération plus d'une fois par an.

Un contrôle complet de l'onduleur consiste ensuite à vérifier les points suivants. [24]

POINTS DE CONTROLES

- Vérifiez que les câbles de connexion AC et DC sont correctement serrés
- Regardez qu'il n'y ait pas de trace d'échauffement et/ou de corrosions au niveau des connexions.
- Nettoyez les coffrets électriques AC et DC pour les onduleurs à air comprimé.
- Vérifiez le fonctionnement des ventilateurs internes.
- Contrôlez la pile
- Vérifiez le fonctionnement sans mode erreur de l'onduleur après une remise en service.

III.4.3. Entretien des batteries

Pour un bon stockage d'énergie il faut un bon entretien de notre part et pour cela nous allons contrôler la tension et les connexions des batteries ainsi nous avons utilisé un régulateur qui va protéger la batterie contre les surcharges et régler la tension de sortie du champ de stockage pour une bonne utilisation.

Il faut toujours prévoir une bonne ventilation des batteries pour éviter l'accumulation des gaz explosifs. Et pour cette raison nous allons mettre le champ de stockage dans un local spécial pour une bonne protection. [25]

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats d'une étude qui a conduit au dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque pour l'alimentation en eau potable de la localité de CHAIBA wilaya de BOUIRA.

Selon l'étude, le générateur photovoltaïque adéquat est constitué de 82 panneaux photovoltaïques (Marque BenQ GreenTriplex). Ainsi, le nombre des batteries pour assurer les jours d'autonomies est 15 batteries.

A la fin nous avons présenté les méthodes d'entretien des composantes de système solaire photovoltaïque pour assurer le bon fonctionnement du système.

CONCLUSION GENERALE

La wilaya de BOUIRA dispose naturellement d'un potentiel solaire non négligeable. Le nombre d'heures d'ensoleillement dépasse 3000 h/an. Ce constat qualitatif favorise l'exploitation et l'épanouissement de cette ressource énergétique.

Le travail présenté dans ce mémoire concerne un aperçu sur le système de pompage photovoltaïques destiné pour l'alimentation en eau potable. Ce système se présente comme une solution idéale pour l'alimentation en eau pour les régions peu peuplées, isolées et enclavées.

Les contributions de ce travail dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque sont résumées comme suit :

- la première partie de ce mémoire, nous a permis d'analyser les différents types d'énergie solaire (thermique, photovoltaïque et thermodynamique), les différents composants du système de pompage PV, comme le générateur photovoltaïque, le groupe électropompe et la partie stockage d'énergie.

- pour la deuxième partie de ce travaille nous avons présenté la méthode de dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque, cette méthode permettre de dimensionner une installation de pompage photovoltaïque pour satisfaire les besoins en eau d'une consommation bien déterminée. Elles sont basées essentiellement sur l'évaluation des besoins d'eau et la HMT, le calcul de l'énergie consommé, la détermination de l'énergie solaire disponible et le dimensionnement de chaque composante.

- Dans la partie finale, nous avons présenté les résultats d'une étude qui a conduit au dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque pour l'alimentation en eau potable de la localité de CHAIBA wilaya de BOUIRA.

Il est cependant important de signaler que, souvent, le calcul de rayonnement solaire comporte un certain degré d'incertitude. Cette incertitude est principalement due à un raison essentielle liée au l'estimation difficile du rayonnement solaire sur un plan horizontal dans l'Algérie en général.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] B. Flèche, D. Delagnes, « Energie solaire photovoltaïque », juin 2007, p5
- [2] Bendjamâa Ibrahim, « Modélisation et commande d'un système De stockage photovoltaïque », mémoire de magister, tlemcen.2011-2012, p9
- [3] Helali Kamilia, « Modélisation D'une Cellule Photovoltaïque », mémoire de magister, Tizi-Ouzou ,2012
- [4] « Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique », Ministère de l'Energie et des Mines, mars 2011.
- [5] www.arebor-energie.fr/encyclopedie
- [6] Anne Labouret, Michel Viloz, « Conception et dimensionnement d'installations photovoltaïques raccordées au réseau » 5eme édition Paris, 2012 p9, ISBN 978-2-10-057247-2
- [7] Eric Michel, Arnaud Deves. Energie photovoltaïque : Application au traitement de l'eau potable et des eaux usées en zones rurale. FNDE n°12. 2003, P14, p28
- [8] C. Bernard, J.Chauvin, D. Lebrun, J.F Muraz, P. Stassi « Station solaire autonome pour l'alimentation des antennes de l'expérience de radio détection à l'observatoire. Pierre.Auger.».2006
- [9] Gacem Fatma, « simulation des systèmes de pompage photovoltaïque destiné pour l'alimentation en eau potable », mémoire de magister, Blida 2008 p 34
- [10] Remi LARONDE, « Fiabilité et durabilité d'un système complexe dédié aux énergies renouvelables » Université d'Angers , septembre 2011, p61
- [11] Mohamed Lakhdar LOUAZENE « Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla » Batna ,2008, p34 - 35
- [12] A. Labonne, « Alimentation d'une pompe à Burkina Faso »,2004.
- [13] J. Royer, T. Djiako, E. Schiller, B. Sada Sy. Le pompage photovoltaïque. Editions Multimonde. Québec, Canada. 1998.
- [14] I.J. Karassik, W.C. Krutzsch, W.H. Fraser and J.P. Messina. Pump Handbook. Second Edition. McGraw-Hill International Editions, 1985.
- [15] : Fogelman et Régis Montloin, « Installations Photovoltaïques dans l'habitat isolé » livre édité par : EDISUD, 1983.
- [16] TRAHY Fatiha, « prédiction de l'irradiation solaire globale pour la région de Tizi-Ouzou par les réseaux de neurones artificiel » mémoire de magister, Tizi Ouzo, 2011.
- [17] « Analyse de projets d'installation photovoltaïque » ministère de ressources naturelles, canada 2001-2004

[18] Alain Ricaud . « Gisement solaire et transferts énergétiques », université de cergy-pontoise france, Janvier 2011, p27-38

[19] K.Danel,L.Gautret « génération du disque solaire des communes de l'ouest ARER », Mars 2008

[20] Abdelmadjid kaddour, « Modélisation et simulation d'un concentrateur parabolique solaire à moteur Stirling en vue d'un rendement optimal », mémoire de magister, Tlemcen 2012/2013, p 16-19

REFERENCES SITOGRAPHIQUES

[21] <http://www.batterie-solaire.com>

[22] <http://www.quelleenergie.fr/questions/entretien-panneaux-solaires>

[23] <http://www.photovolta-clean.net/nettoyage-panneaux-solaires.php>

[24] <http://blog.alma-solarshop.fr/comment-entretenir-son-onduleur-solaire>

[25] <http://www.tracesdhuile.net/forum/batterie-gel-vt2133.htm>

ANNEXES

Annexe I : le résultat de l'intégrale d'après un programme sur le logiciel MATLAB

```
function [ y ] = IntegraleAN()
gamma =0;

i=59.64;
Ih=461.85;
a=sin(i)*Ih;

w = -71.44 : 0.1 : 71.44;
b=a./sinH(w);
c=(cos(i).*sinH(w));
d=cosH(w).*cos(Afw(w));
l=(c+d);

f=b.*l;
disp('Calcul par la méthode de trapez:');
t=trapz(f)
disp('Calcul par la méthode des rectangles :');
y = sum(f);

end

function [z] = sinH(w)
psi =36.2;
segma =-23.45;
a=(sin(psi)*sin(segma));
b=cos(psi)*cos(segma);
z =a+(b.*cos(w));
end

function [z] =cosH(w)
y=asin(sinH(w));
z=cos(y);
end

function [y] = Afw(w)
segma =-23.45;
a=cos(segma);
x =(a.*sin(w));
t=cosH(w);
m=x./t;
k= asin(m);
y=-1.*k;
end
```

Résultat de calcul :

>> IntegraleAN()

Calcul par la méthode de trapez:

t = 4.953e+003

Calcul par la méthode des rectangles :

ans = 4.9609e+003

Annexe II : Choix du panneau solaire photovoltaïque

Green Triplex PM245P01 (245 ~ 260 Wp)

Temperature Coefficient

NOCT	46 ± 2 °C
Typ. Temperature Coefficient of P _N	-0.48 % / K
Typ. Temperature Coefficient of V _{OC}	-0.36 % / K
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.05 % / K

* NOCT: Normal Operation Cell Temperature, measuring conditions: irradiance 800 W/m², AM 1.5, air temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

Mechanical Characteristics

Dimensions (L x W x H)	1639 x 983 x 40 mm (64.53 x 38.70 x 1.57 in)
Weight	19.5kg (43 lbs)
Front Glass	High transparent solar glass (tempered), 3.2 mm (0.13 in)
Cell	60 multicrystalline solar cells, 156 x 156 mm (6" x 6")
Cell Encapsulation	EVA
Back Sheet	Composite film (White)
Frame	Anodized aluminum frame (Black)
Junction Box	IP-67 rated with 3 bypass diodes
Cables	1 x 4 mm ² (0.04 x 0.16 inch ²), length: each 1.2 m (47.24 in)
Connector Type	MC4 compatible

Operating Conditions

Operating Temperature	-40 ~ +85 °C
Ambient Temperature Range	-40 ~ +45 °C
Max. System Voltage UL	1000V
Serial Fuse Rating	15 A
Maximum Surface Load Capacity	Tested up to 2400 Pa according to UL1703

Dimensions mm [inch]

