



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa - Adrar
Faculté Des Sciences et de la Technologies
Département Des Sciences de la matière

Mémoire De Fin D'étude En Vue De L'obtention De
Diplôme de Master
Option : PHYSIQUE ENERGETIQUE ET ENERGIES
RENOUVELABLES

Thème

CONTRIBUTION A UNE ETUDE TECHNO-ECONOMIQUE D'UN SYSTEME DE
POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE SUR LE SITE D'ADRAR

Évalué le : septembre 2020

Présenté Par :

- MOULAY H'oriya
- KIAL Fatiha

Devant le jury :

Dr.HARROUZ Abdelkader

Président

Dr.BOUSSAID Mohammed

Examineur

Dr.MANSOURI Smail

Encadreur

Année universitaire :2019-2020

Résumé

Le but de ce travail faire une comparaison technique et économique d'un système de pompage fonctionner par trois mode de sources d'énergies sont : énergie solaire, un groupe électrogène et par réseaux Sonalgaz. La wilaya d'Adrar est très vaste et aussi possédé une grande terrestre pour exploitera dans le domaine d'agronomie. Pour faire cette etude nous élaboré les points suivants:

- Une introduction sur le rayonnement solaire et le système photovoltaïque (les panneaux, modélisation d'un panneauetc)
- Le pompage (définition, dimensionnement, l'installations, modélisation,)
- Etude d'un système au site d'Adrar (zone 70 Timimoune)
- Comparaison techno-économie de ces systèmes - Une algorithmé de choix doit être établi

Mots clés: gisement solaire, l'énergie photovoltaïque, dimensionnement, Système de Pompage photovoltaïque, panneaux solaires, pompes immergées, forage, analyse économique.

Abstract

The purpose of this work is to make a technical and economic comparison of a Pumping Operating System three modes of energy sources are: Solar energy, a Generator and by Sonalgaz networks. The wilaya of Adrar is very large and also has a large area to contribute to the field of agronomy. To do this study, we elaborate the following points:
-An introduction to solar radiation and the photovoltaic system (panels, modeling a panel, etc.)

- Pumping (definition, sizing, installations, modeling, ...)
- Study of a System at the Adrar site (zone 70 Timimoun)
- Techno-economic comparison of these systems
- An algorithm of choice must be established

Key words : Solar field, Photovoltaic energy, Sizing, Photovoltaic Pumping System, Solar Panels, Submerged Pumps, Drilling, Economic analysis.

ملخص:

الهدف من هذا العمل إجراء مقارنة تقنية واقتصادية لنظام ضخ يعمل من قبل ثلاثة أنماط من مصادر الطاقة هي: الطاقة الشمسية , مولد, وشبكات السونلغاز.ولاية أدرار واسعة جدا وتمتلك أيضا أرضية كبيرة لاستغلالها في مجال الهندسة الزراعية. للقيام بهذه الدراسة نطور النقاط التالية:

- مقدمة للإشعاع الشمسي ونظام الطاقة الضوئية (لوحات, ونماذج لوحات...الخ)
- الضخ (تعريف, تحجيم, تركيب, النمدجة,...)
- دراسة نظام في موقع أدرار (منطقة 70 تيميمون)
- مقارنة تقنية الاقتصاد من هذه الأنظمة.
- يجب إنشاء خوارزمية اختيار.

الكلمات المفتاحية : الطاقة الشمسية, الطاقة الكهروضوئية, التحجيم, نظام ضخ الضوئية, الألواح الشمسية, المضخة المغمورة, الحفر, التحليل الاقتصادي.

Dédicace

Je dédie ce modestes travail à :

A qui n'a jamais cessé de m'encourager et qui s'est Toujours
sacrifier pour mon bien être et ma réussite.

Maman AMRANE FATIMA

à celui qui m'a appris a toujours gardé la tête haute et a ne jamais renoncer a mes rêve :
Mon père à ceux que j'aime et qui m'ont soutenue tout au long de ce projet:

Mes frères et sœurs,

Mon oncle KIAL ASSADIK

A mon binôme **Moulay H'oriya** et toute ma famille, **KIAL**

A tous mes amis du département de sciences et technologie, Faculté sciences de matière,
spécialité physique énergétique et énergies Renouvelables de L'université d'Adrar.

Surtout mes camarades de 2^{eme} master promotion 2020

Enfin Je dédie très Chaleureusement mon travail à mes amis qui ont toujours été à mes
Côtés, qui n'ont jamais douté de moi et à qui je suis fort reconnaissant et tous ceux que j'ai
Pa pu citer.

Je vous remercie tous.

Fatíha

Dédicace

Je dédie ce modestes travail à :

Mes très chers parents,

Mes frères et sœurs,

Toute ma famille,

A mon binôme KIAL Fatiha,

Toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribué d'une manière ou une autre à
ma réussite scolaire et universitaire,

Toute la promotion Master physique énergétique.

H'oriya

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années d'études et que grâce à lui que ce travail a pu être réalisé.

Nous tenons à remercier notre promoteur **Dr. MANSOURI SMAIL** pour avoir accepté de nous encadrer, avoir apporté son aide et ses conseils précieux et pour sa gentillesse durant toute la période de la préparation de ce projet.

Nous remercions les membres du jury d'avoir examiné notre travail.

Nous remercions Monsieur **Djaafri Mhammed** qui nous a aidé et nous accompagnera fin de réaliser notre travail malgré ses circonstances.

Tous mes remerciements est a mes parents pour tous les efforts qui m'ont donnée d'après mon enfance.

Nous remercions l'entreprise **Oungal** d'avoir donné les informations qui détermine ce travail.

Toute notre gratitude à tous nos enseignants qui nous ont formés. Nous tenons également à remercier infiniment tous ceux qui nous ont Aidé de près ou de loin Pour la réalisation de ce modeste travail.

Table des matières

Résumé

Abstract

Dédicace

Remerciements

Table des matières

Introduction générale :1

Chapitre 01:L'énergie solaire (systèmes solaires)

1. Introduction:5

1.1 Situation géographique de la région ADRAR:.....5

1.2 Partie 1: gisement solaire.....6

1.2.1 Repérage et mesures d'ensoleillement :.....6.

1.3 Partie 2: l'énergie solaire photovoltaïque.....12

1.3.1 Les différents types de cellules solaires (cellules photovoltaïque.....13

1.3.2 Principe de fonctionnement:.....13

1.3.3 Les paramètres des cellules photovoltaïque.....14

1.3.4 Schéma équivalent :.....16

1.3.5 Influence de la température et l'éclairage sur le rendement des cellules PV :.....16

1.4 Conclusion :.....16

Chapitre 02: solaire pompage

2-1 Introduction.....18

2.1 Notion hydraulique:18

2.1.1 Débit :.....19

2.2 Hauteur manométrique totale :.....19

2.2.1 Pertes de charge :.....19

2.2.2 Niveau statique:.....19

2.2.3 Niveau dynamique:	19
2.2.4 Rabattement :	19
2.2.5 Rabattement maximal :	19
2.3 Les composants d'un système de pompage solaire :	20
2.3.1 Le générateur photovoltaïque :	20
2.3.2 Types des pompes solaires :	21
2.3.3 La motopompe.	21
2.3.4 Le choix de la pompe :	22
2.3.5 Le convertisseur :	22
2.3.6 Contrôle MPPT:	24
2.3.7 La partie de stockage :	24
2.4 Le système de pompage photovoltaïque :	25
2.5 Conclusion.	26

Chapitre 03 : Dimensionnement d'un système pompage solaire au site d'Adrar

3.1. Introduction.	28
3.1 Le système de pompage solaire pour l'agriculture :	28
3.2 Méthode de dimensionnement.	30
3.3 Besoins journaliers en eau.	31
3-3.1 L'eau à Adrar :	31
3.3.2 Evaluation des besoins en eau :	31
3.3.3 Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire:	31
3.3.4 Détermination de l'énergie solaire disponible :	33
3.3.5 Inclinaison du générateur photovoltaïque :	33
3.3.6 Mois de dimensionnement :	33

3.3.7	Dimensionnement du générateur photovoltaïque :	35
3.3.8	Dimensionnement du moteur:	36
3.3.9	Dimensionnement de la pompe:	36
3.3.10	Dimensionnement des tuyauteries:	37
3.4	METHODE GRAPHIQUE:	38
3.5	Application d'un système de pompage PV sur le site de Sabaain:	39
3.5.1	Les caractéristiques d'un système de pompage étudié:	39
3.5.2	Présentation de site:	39
3.5.3	Présentation de logicielle LE Lab:	39
3.5.4	Hauteur manométrique totale (HMT):	40
3.5.5	Les pertes de charges:	41
3.5.6	Choix de la pompe:	41
3.5.7	Résultat Le Lab:	42
3.5.8	Taille du générateur PV:	43
3.5.9	Le convertisseur DC/AC (onduleur) :	45
3.5.10	La capacité du réservoir :	45
3.6	Conclusion:	46

Chapitre 04: L'étude comparative entre pompage photovoltaïque et pompage basé sur un moteur électrogène et pompage par réseau Sonal gaz (site isolée) .

4-1	Introduction	48
4.1	Ressources électrique de la Wilaya d'Adra	48
4.1.1	Système photovoltaïque :	48
4.1.2	Réseau Sonal gaz :	48
4.1.3	Groupe électrogène :	48

4.2Etude économique comparative Photovoltaïque-Réseau –Electrogène.....	49
4.3Analyse économique et technique :.....	49
4.3.1Analyse économique du pompage photovoltaïque.....	49
4.3.2Analyse économique de pompage en utilisant le réseau SONELGAZ.....	53
4.3.3Systèmes de pompage par groupe électrogène.....	54
4.3.4Caractéristique importantes :.....	55
4.4Résultats comparatif:.....	59
4.4.1Etudes comparatives entre les trois systèmes:.....	59
4.5Algorithme principal.....	60
4.5Conclusion:.....	63
CONCLUSION GENERALE:	64
Bibliographie	66
.Annexe 1:.....	74
Annexe 2:.....	75
Annexe3.....	77
Annexe4 :.....	77

Liste des figures :

Figure.1.1: frontières de la région d'ADRAR	6
Figure1.2: Mouvement de rotation de la Terre	8
Figure1.3: Repère équatorial	9
Figure1.4: Rayonnement direct, diffus et global.....	12
Figure I.5: Moyennes mensuelles de l'irradiation solaire journalière globale sur différents plan de collecte (2011-2016)	13
Figure 2.3: Système de pompage photovoltaïque utilisant une motopompe à courant continue a l'intermédiaire d'un hacheur.	26
Figure 2.4: Système de pompage photovoltaïque avec une motopompe à courant alternatif à l'intermédiaire d'un onduleur.	27
Figure 2.5: schéma général d'un système de pompage photovoltaïque	29
Figure 3.1: Générateur solaire.	32
Figure 3.2: Pompe immergée.	33
Figure 3.3: Onduleur.	33
Figure 3.4: Tuyaux.	33
Figure4.1: Les trois sources énergétiques utilisées pour le pompage d'eau.	53
Figure4.2: le groupe électrogène	53
Figure 4.3 : Algorithme général pour choix le système.....	65

Liste des tableaux:

Tableau1.1: Spécification du site d'ADRAR.....	7
Tableau3.1: Coefficient K_{ac} pour différents types d'accessoires dans la tuyauterie.....	33
Tableau3.2: Les valeurs globales de l'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.....	34
Tableau 3.3 : Résultats des calculs.....	42
Tableau 3.4 : les caractéristiques électrique de pompe.....	43
Tableau 3.5 : Caractéristiques du panneau.....	45
Tableau4.1:Les estimations des durées de vie des composants.....	51
Tableau4.2:Cout d'investissement du système de pompage photovoltaïque.....	52
Tableau4.3: Cout d'investissement du système de pompage avec réseau.....	53
Tableau4.4:Cout d'investissement du système de pompage avec la motopompe électrogène.....	59
Tableau4.5 : la Résultats de comparaison entre les trois systèmes de pompage.....	60

Liste des abréviations :

λ : longitude φ :

latitude

δ : Déclinaison solaire

D : Diamètre

ω : Angle horaire

TSV: est le temps solaire vrai exprimé en heures.

H : angle de soleil

A : angle d'azimut

TL : temps légal ou local

TU : temps universel

TSL : temps solaire local

Et : équation de temps

J : jour

TS : temps solaire vrai

$I_{b\beta}$: Le rayonnement solaire direct

I_{bn} : l'intensité du rayonnement solaire direct reçu par une surface réceptrice normale aux rayons du soleil.

$I_{d\beta}$: Le rayonnement solaire diffus

I_{dh} : la composante diffuse du rayonnement solaire d'une surface horizontale

$I_{r\beta}$: Le rayonnement solaire réfléchi par le sol environnant

I_{gh} : est le rayonnement solaire global reçu par une surface horizontale

I_{cc} : courant de court-circuit

V_{co} : tension de circuit ouvert

I_s : courant de saturation

FF: Facteur de forme

V_m : tension correspondante à la puissance maximale fournie

I_m : courant correspondant à la puissance maximale fournie.
 P_m : puissance maximale
 η : rendement
 R_s : résistance série
 R_p : résistance parallèle
 I_{obs} : courant d'obscurité
 I_{ph} : courant photo généré
 I_d : courant diode
HMT : La hauteur manométrique totale
 H_g : Hauteur géométrique
 Q : débit de la pompe
 P_c : Pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites
 D_c : diamètre de conduite
mCE : mètres de colonnes d'eau
 N_s : niveau statique
 N_d : niveau dynamique
 H_r : hauteur de réservoir
 R_m : Rabattement maximal
CC(A) : courant continu
AC(A) : courant alternatif
MPPT : Point de puissance maximale
 $E_h(Wh)$: énergie hydraulique
 $V_a(m^3)$: volume d'eau
 $h(H_{MT})$: hauteur totale
 Q_p : débit d'essai
 $H(m)$: La hauteur totale de pompage $Q_A(m^3/h)$:
débit apparent f : coefficient de friction des parois
de la tuyauterie $v(m/s)$: vitesse moyenne du fluide
 $L(m)$: longueur de la tuyauterie
 $D(m)$: diamètre de la tuyauterie

K_{ac} : coefficient dépendant du type d'accessoire

$G_{dm}(\beta)$ (W/m): L'irradiation solaire

β : L'inclinaison du générateur photovoltaïque

CSM : conditions standards de mesure

P_p : puissance de sortie sous CSM

η_g : rendement du générateur à la température de référence (25 °C)

$A(m^2)$: surface active du générateur

G_{ce} : éclairage dans les CSM (1000 W/m²)

η_{pv} : rendement moyen journalier du générateur dans les conditions d'exploitation

$G_{dm}(\beta)$: irradiation moyenne journalière incidente sur le plan des modules à l'inclinaison β (kWh/m²/jour)

γ : coefficient de température des cellules

T_c : température moyenne journalière des cellules durant les heures d'ensoleillement

$E_h(Wh)$: énergie hydraulique moyenne mensuelle η_{MB} : rendement du sous-système moteur-pompe.

$P_h(KW)$: puissance hydraulique nécessaire $P_e(KWc)$:

la puissance électrique crête η_{MB} : rendement crête du sous-système moteur-pompe

K : coefficient qui varie de 0,75 à 1,40

C_{GPV} : Le coût du générateur PV

P_M : Prix du module

N_M : Nombre de modules

C_{Ond} : cout de l'onduleur

C_{Mp} : cout de motopompe

C_{Res} : cout de réservoir

C_{pui} : cout de puits

C_{Acc} : coût d'accessoires

A_{Tot} : L'amortissement total
 E_{Tot} : L'entretien et la maintenance totale
 $AGPV$: Amortissement du générateur
 $AOnd$: Amortissement de l'onduleur
 AMp : Amortissement du groupe motopompe
 $ARes$: Amortissement du réservoir
 $Apui$: Amortissement du puits
 $AAcc$: Amortissement des accessoires
 C : le coût de l'investissement initial de chaque composant
 N : Durée de vie active du composant
 E_h : L'énergie hydraulique (donné par le constructeur) η_{MP} : Le rendement du groupe motopompe (donné par le constructeur) t_p : Le temps nécessaire du pompage par jour
 $ITot$: l'investissement initial total
 C_{GE} : Coût du Groupe Electrogène
 AGE : Amortissement du groupe électrogène
 AMp : Amortissement du groupe électropompe
 NH : Nombre d'heures de fonctionnement du groupe électrogène.
 X : La distance séparant le site d'installation à la vile
 C_{Tran} : Le coût de transport par Km
 C_{divl} : Le coût de prise en charge
 C_d : Coût du carburant
 C_l : Coût des lubrifiants
 $Cons/an$: consommation annuelle
 $Cons /h$: Consommation horaire (donnée constructeur)
 P : Prix de litre du carburant
 T : température (°C)
 PV : photovoltaïque

Les constantes :

$$\rho = 0.25$$

ρ_a : densité de l'eau (1000 kg/m^3)

g : accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Introduction générale

Introduction générale :

L'eau et l'énergie sont des éléments essentiels de la continuité dans la vie. mais le problème est l'absence ces éléments dans zones isolées, surtout l'énergie surtout l'énergie qui est en essentielle pour obtenir de l'eau (pour faire fonctionner la pompe) qu'elle soit alimenté par l'électricité obtenez par Sonelgaz généré par le soleil (l'énergie solaire), les exploites des plusieurs façons, y a compris l'agriculture.

Les pompes sont définies comme des convertisseurs d'énergie qui transportent soulèvent compriment les fluides à l'aide de tuyaux consommant de l'énergie naturelle, il y a plusieurs facteurs qui dépendant du choix de la bonne pompe d'eau:

- capacité et hauteur de la pompe requises.
- température requise pendant l'infusion de liquide.
- la viscosité de matériau à pomper.
- le type milieu utilisé en termes de sa capacité à forme la rouille.

Les énergies renouvelables se présentent sous cinq usages :

- **La biomasse** désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale (algues incluses), animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie par combustion
- **L'énergie éolienne** est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie provenant du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur.
- **La géothermie** désigne l'énergie géothermique issue de l'énergie de la Terre qui est convertie en chaleur.
- **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.
- **L'énergie solaire** pourrait permettre de répondre à une grande partie de la demande mondiale en électricité. Il existe trois gammes :
 - Le solaire photovoltaïque demande l'utilisation exclusivement de très grandes surfaces (contrairement à des éoliennes installées sur des surfaces agricoles). Le stockage par batterie étant très limité, cette technologie n'est envisageable qu'à petite échelle sur des surfaces comme les toitures, et des abris de parking qui ne sont pas valorisables autrement.
 - Le solaire thermique sans concentration permet de fournir de l'eau chaude sanitaire.
 - La gamme thermodynamique à concentration semble aujourd'hui être une alternative plausible pour répondre à la problématique mondiale de production d'énergie.

Dans ce travail on choisit l'énergie solaire qui est bien détaillée. Depuis la fin des années 1990, le marché du solaire photovoltaïque connaît une croissance très rapide (plus de 30% par an) [1].

L'utilisation de l'énergie solaire est devenue indispensable en Algérie, ce qui rend intéressant.

L'utilisation de pompage solaire, plusieurs régions demeurent non connectées au réseau public d'électricité [2].

L'utilisation photovoltaïque de l'énergie solaire consiste à convertir directement le rayonnement lumineux en électricité et cette conversion est basée sur l'absorption de photons dans un matériau semi-conducteur qui fournit des charges électriques, donc du courant, dans un circuit extérieur.

L'utilisation de l'énergie solaire pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation reste toujours le souci quotidien des populations des régions rurales et sahariennes.

Notre travail est une étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque appliquée à un site Saharien (région d'Adrar). Il comporte quatre chapitres ainsi qu'une introduction et une conclusion générale.

Une pompe photovoltaïque se présente principalement selon deux façons de fonctionnement, avec ou sans batterie : la batterie utilisée stocke l'électricité produite par les modules, tandis que le fonctionnement sans batterie, communément appelé « pompe au fil du soleil », utilise un réservoir pour stocker l'eau jusqu'au moment de son utilisation.

Le choix de la région d'Adrar est basé sur l'effet que l'Algérie en particulier et les pays de l'Afrique du Nord en général, ont un grand potentiel solaire. Les taux d'irradiation solaire effectués par satellites de l'Agence Spatiale Allemande (ASA), montrent des niveaux d'ensoleillement exceptionnels de l'ordre de 1200 kWh/m²/an dans le Nord du Grand Sahara. Par contre, les meilleurs taux d'irradiation solaire en Europe sont de l'ordre de 800 kWh/m²/an limités à la partie sud de l'Europe [3].

La présente mémoire est structurée en quatre chapitres en plus d'une conclusion générale.

Le premier chapitre, nous avons donné des explications générales sur l'énergie solaire (systèmes solaires), on va étudier des notions générales sur l'énergie solaire dans le monde, le rôle de l'Algérie d'exploitation de l'énergie solaire de but d'amélioration leur

économique et les projets de l'Algérie dans la région Sahariennes et en particulièrement la Wilaya d'Adrar.

Le deuxième chapitre, présente une explication principalement sur le système de pompage solaire d'eau, on va poser les types de ce système, les principales composants avec les types des pompes solaires, et les parties stockage (système pompage avec batterie et système pompage au fil de soleil).

Le troisième chapitre dimensionnement d'un système pompage solaire au site d'Adrar, on calcule l'énergie solaire et énergie hydraulique, Nous avons calculé toutes les dimensions du système pompage, nous avons utilisé une application LE LAB pour nous aide à explorer le type de pompe adaptée au pompage de l'eau dans la zone étudiée, nous choisissons une région d'agriculture de sabaine (Timimoune) wilaya d'Adrar.

Le quatrième chapitre fera une étude économique comparative entre un système de pompage d'eau par le réseau sonal gaz et un système de pompage photovoltaïque et groupe électrogène, et étude incluant le cout d'investissement et l'amortissement et la valeur actualisée des couts d'exploitation et d'entretien sur prévue des systèmes de pompage.

Finalement une conclusion générale résumera tous les résultats obtenus dans ce présent mémoire.

Chapitre 01: L'énergie solaire (systèmes solaires)

1.1 Introduction :

L'énergie solaire désigne une source énergétique dont la matière première est le soleil. L'énergie est directement transmise par le soleil sous forme de lumière et de chaleur à l'échelle de la planète.

Nous appliquons notre étude sur le site d'ADRAR, qui est caractérisée par une position géographique stratégique et plusieurs facteurs favorisant, sa situation géographique. ADRAR dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. Grâce à divers procédés, l'énergie solaire peut être transformée en une autre forme d'énergie utile pour l'activité humaine, notamment en chaleur, et en électricité.

Dans ce chapitre, nous commençons par la présentation de quelques notions fondamentales d'astronomie, avec les composantes des rayonnements solaires, après on va parler en générale sur les cellules photovoltaïques.

1.2 Situation géographique de la région ADRAR:

Le mot Adrar signifie en langue berbère "montagne". Issue du découpage administratif de 1974, la Wilaya d'Adrar s'étend sur la partie Nord du Sud-ouest Algérien [4].

La région d'Adrar, compte onze (11) Daïra et (28) et vingt-huit communes réparties à travers un chapelet de 294 Ksour (localités) éparpillées au niveau de trois régions : le Gourara (Timimoune), le Touat (Adrar) et le Tidikelt (Aoulef). Cette Wilaya est limitée par

- La Wilaya d'El-Bayedh : au Nord.
- La Wilaya de Bechar : au Nord-Ouest.
- La Wilaya de Tindouf : à l'Ouest.
- Le Mali : au Sud.
- La Mauritanie : au Sud-ouest.
- La Wilaya de Tamanrasset : au Sud-est.
- La Wilaya de Ghardaïa : au Nord-est.



Figure1.1: frontières de la région d'ADRAR [5]

Partie 1: gisement solaire

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire. De par sa situation géographique [6].

1.2.1 Repérage et mesures d'ensoleillement :

1.2.1.1 Repérage du soleil dans le ciel

1.2.1.1.1 Longitude λ

Un point à la surface de la terre est localisé par deux coordonnées angulaires : la latitude ' φ ' et la longitude ' λ '. Cette dernière la mesure de l'angle entre le méridien du lieu et la méridienne origine des longitudes (Greenwich en Angleterre). . Les régions qui sont situées à l'Est sont comptées 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 [7].

1.2.1.1.2 Latitude ϕ

La latitude ‘ ϕ ’ permet de localiser la distance angulaire d’un point arbitraire par rapport à l’équateur. Elle change de 0° à l’équateur à 90° au pôle Nord [8].

Des informations du site d'ADRAR sont données par les grandeurs météorologiques suivant:

Latitude($^\circ$)	27.88N
Longitude($^\circ$)	0.28W
Altitude(m)	264
Albédo	0.35

Tableau1.1: Spécification du site d'ADRAR.

1.2.1.1.3 Déclinaison solaire δ :

La déclinaison solaire δ est l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial terrestre. Cet angle varie au cours des saisons. La Figure 1.1 en donne les valeurs remarquables .Par la relation suivant:

$$\delta = 23.45 * \sin \frac{(360*284+n)}{365} \quad (1.1)$$

Avec n nombre de jours écoulés depuis le 1^{er} janvier

La déclinaison étant une fonction sinusoïdale, elle est pratiquement stationnaire durant les périodes qui encadrent les solstices d'été et d'hiver.

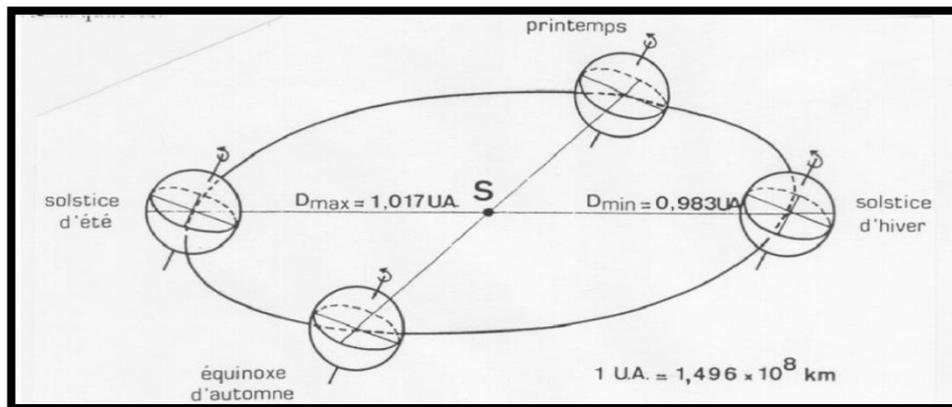


Figure1.2: Mouvement de rotation de la Terre [9]

1.2.1.1.4 Angle horaire :

L'angle horaire (ω) du soleil est déterminé par la rotation diurne 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($^{\circ}$) et est donné par l'expression suivant:

$$\omega = 15(\text{TSV} - 12) \quad (1.2)$$

TSV : est le temps solaire vrai exprimé en heures.

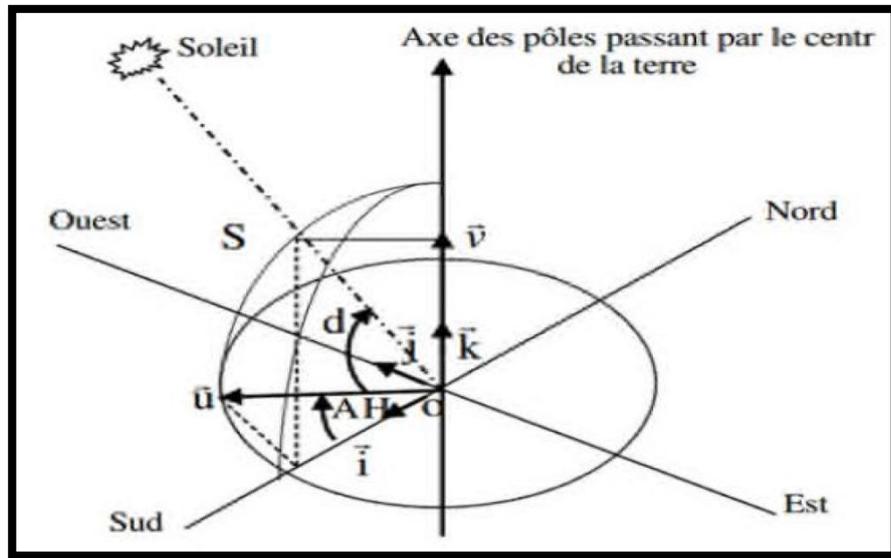


Figure1.3: Repère équatorial

1.2.1.2 Mouvement apparent:

1.2.1.2.1 Hauteur du soleil :

C'est l'angle (h) formé par le plan horizontal au lieu d'observation et la direction du soleil, Et donné par la relation:

$$\sin h = \sin \phi * \sin \delta + \cos \phi * \cos \delta * \cos \omega \quad (1.3)$$

où l'on rappelle que ϕ δ ω , sont respectivement la latitude du lieu, la déclinaison du soleil et l'angle horaire

1.2.1.2.2 Azimut :

C'est l'angle a compris entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le soleil.

L'azimut solaire est relie a l'angle horaire, la hauteur et la déclinaison par la relation:

$$\sin a = \cos \delta * \frac{\sin \omega}{\cos h} \quad (1.4)$$

1.2.1.3 Les cinq temps:

1.2.1.3.1 Temps universel:

C'est le temps solaire moyen du méridien de Greenwich GMT (Greenwich Mean Time) qui est le méridien central du fuseau horaire. Pour en déduire le temps légal ou local

(TL), il convient d'ajouter au temps universel le décalage du fuseau horaire

$$TL = TU + \text{décalage} \quad (1.5)$$

1.2.1.3.2 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 [10]:

$$TSL = TU + \lambda/15 \quad (1.6)$$

1.2.1.3.3 Equation du temps:

C'est la différence du temps et elle est appelée équation de correction du temps. Elle varie en fonction du jour et de la longitude et est donnée par l'expression suivant [11,12]:

$$Et = 9,87 * \left[\sin 720^\circ \left[\frac{J-81}{365} \right] \right] - 7,53 * \cos \left[360^\circ \left[\frac{J-81}{365} \right] \right] - 1,5 * \sin \left[\frac{360(J-81)}{365} \right]. \quad (1.7)$$

1.2.1.3.4 Temps solaire vrai:

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

$$TS = TSL + \Delta t \quad (1.8)$$

1.2.1.4 Rayonnement solaire:

1.2.1.4.1 Composantes du rayonnement solaire :

Au niveau du sol, l'ensoleillement global reçu par une surface plane d'inclinaison quelconque est constitué de trois composantes principales:

1_ Rayonnement solaire direct:

Le rayonnement solaire direct " $I_{b\beta}$ ", qui dépend de la hauteur du soleil et de l'état du ciel, est calculé à partir de la relation:

$$I_{b\beta} = I_{bn} * \cos(\beta) \quad (1.9)$$

Où " I_{bn} " est l'intensité du rayonnement solaire direct reçu par une surface réceptrice normale aux rayons du soleil.

2_ Rayonnement diffus:

Le rayonnement solaire diffus " $I_{d\beta}$ " dépend de l'état de clarté du ciel et de la position du soleil dans le ciel. En considérant que l'atmosphère au-dessus du récepteur est isotrope (pas de direction privilégiée du rayonnement diffus), le rayonnement solaire diffus reçu par une surface quelconque est donné par la relation:

$$I_{d\beta} = I * \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \quad (1.10)$$

Dans laquelle: I_{dh} : est la composante diffuse du rayonnement solaire d'une surface horizontale $1 + \cos(\beta) / 2$ est un facteur géométrique qui tient compte de la partie de la voûte céleste vue par la surface réceptrice.

3_ Rayonnement réfléchi:

Le rayonnement solaire réfléchi par le sol environnant " $I_{r\beta}$ " est calculé à partir de l'expression suivante :

$$I_{r\beta} = \rho * I_{gh} * \frac{1 - \cos(\beta)}{2} \quad (1.11)$$

Dans laquelle I_{gh} : est le rayonnement solaire global reçu par une surface horizontale,

ρ : Coefficient de réflexion du sol ou albédo qui varie selon la nature du sol, et dont la valeur moyenne est estimée à $\rho = 0.25$.

4_ Rayonnement solaire global:

Un plan reçoit un flux global qui résulte de la superposition des trois composantes: Direct, diffus et réfléchi. Sa valeur sur une surface varie notablement selon sa position et son orientation.

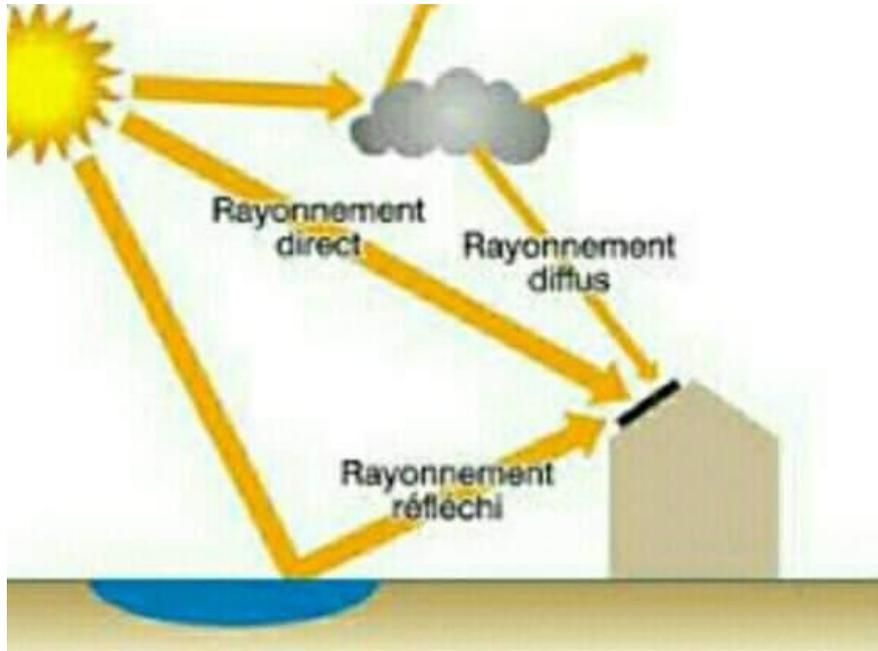


figure1.4:Rayonnement direct, diffus et global [13]

L'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien d'ADRAR. A l'aide dispositif de pyranomètre obtenu cette résultats: Rayonnement global sur un plan horizontal : 2, 23 Mwh /m² /ans

- Rayonnement global sur un plan incliné à la latitude du lieu : 2 ,37 Mwh/m² /ans
- Rayonnement direct normal : 2 ,38 Mwh /m² /ans.
- Rayonnement diffus : 0 ,7 Mwh /m² /ans

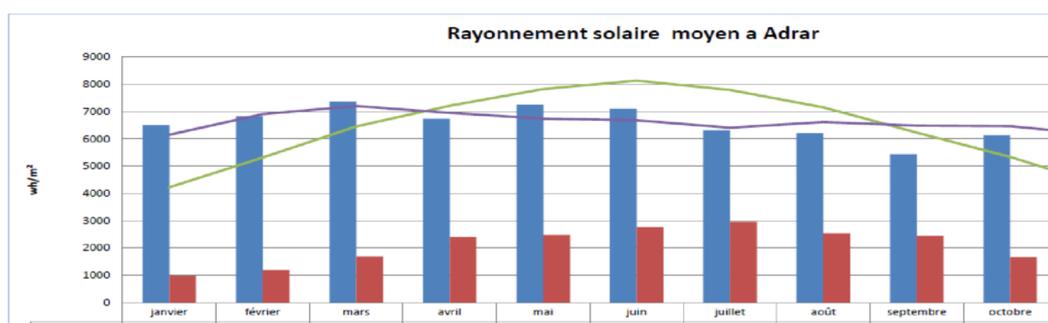


figure1.5: Moyennes mensuelles de l'irradiation solaire journalière globale sur différents plan de collecte (2011-2016) [14]

Partie 2: l'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque C'est la conversion de l'énergie lumineuse en énergie

électrique avec des matériaux semi-conducteurs [15], Le matériau de base utilisé actuellement est le silicium. Celui-ci se trouve en très grande quantité sur notre planète puisqu'il constitue environ 28% de l'écorce terrestre [16].

1.3.1 Les différents types de cellules solaires (cellules photovoltaïque)

Il existe différents types de cellules solaires ou cellules photovoltaïques. Chaque type de cellule est caractérisé par un rendement et un coût qui lui sont propres. Cependant, quel que soit le type, le rendement reste assez faible : entre 8 et 23 % de l'énergie que les cellules reçoivent. Actuellement, il existe trois principaux types de cellules:

1.3.1.1 Les cellules monocristallines :

Elles ont le meilleur rendement (de 12 à 18% voir jusqu'à 24.7 % en laboratoire). Cependant, elles coûtent trop chers due à leur fabrication complexe.

1.3.1.2 Les cellules poly cristallines :

Leur conception est plus facile et leur coût de fabrication est moins important. Cependant leur rendement est plus faible : de 11% à 15% jusqu'à 19.8% en laboratoire).

1.3.1.3 Les cellules amorphes :

Elles ont un faible rendement (5% à 8%, 13% en laboratoire), mais ne nécessitent que de très faibles épaisseurs de silicium et ont un coût peu élevé. Elles sont utilisées couramment dans de petits produits de consommation telle que des calculatrices solaires ou encore des montres. L'avantage de ce dernier type est le fonctionnement avec un éclairage faible (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment) [17].

1.3.2 Principe de fonctionnement:

La cellule photovoltaïque classique biface en silicium est constituée d'une jonction PN (Figure 1.6). Cette dernière est la juxtaposition de deux zones, l'une comportant un fort excès d'électrons libres - partie N - et l'autre comportant un fort défaut d'électrons libres (ou excès de trous) – partie P. La jonction PN engendre un champ électrique dans la zone de charge d'espace, à l'interface des deux zones N et P.

Les photons incidents créent des porteurs dans les zones N et P et dans la zone de charge d'espace. Ces porteurs ont un comportement différent suivant la région où ils sont générés : 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 photocourant de diffusion ; dans la zone de charge d'espace, les paires électron/trou créées par les photons incidents sont dissociées par le champ électrique : les électrons vont aller vers la région N, les trous vers la région P. on aura un photo-courant de génération.

Ces deux contributions s'ajoutent pour donner un photo-courant résultant I_{ph} . C'est un courant de porteurs minoritaires. Il est proportionnel à l'intensité lumineuse.

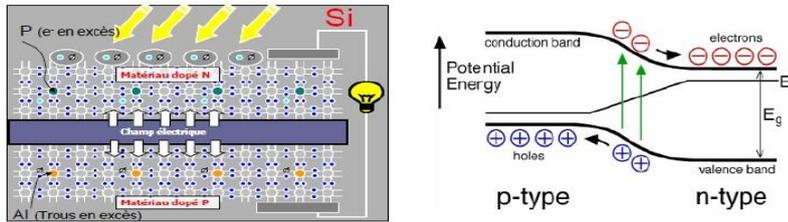


figure1.6:Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque avec le diagramme énergétique [18]

1.3.3 Les paramètres des cellules photovoltaïques

Les paramètres des cellules photovoltaïques, extraits des caractéristiques courant tension, permettent de comparer différentes cellules éclairées dans des conditions identiques. Ces paramètres sont définis comme suit :

1.3.3.1 Courant de court-circuit (I_{cc}) :

Le courant de court-circuit est le courant qui circule à travers la jonction sous illumination sans application de tension. Il croit avec l'intensité d'illumination de la cellule et dépend de la surface éclairée, de la longueur d'onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs et de la température.

1.3.3.2 Tension de circuit ouvert (V_{co}) :

La tension de circuit ouvert est la tension mesurée lorsqu'aucun courant ne circule dans le dispositif photovoltaïque. Elle dépend essentiellement du type de cellule solaire (jonction PN, jonction Schottky), des matériaux de la couche active et de la nature des contacts couche active-électrode. De plus, elle dépend de l'éclairement de la cellule.

On peut facilement avoir l'expression de V_{co} dans le cas d'un courant nul:

$$V_{co} = \frac{KT}{q} * \ln \left(\frac{I_{cc}}{I_s} - 1 \right) \quad (1.12)$$

I_{cc} : courant de court circuit, courant lorsque $V=0$.

I_s : courant de saturation

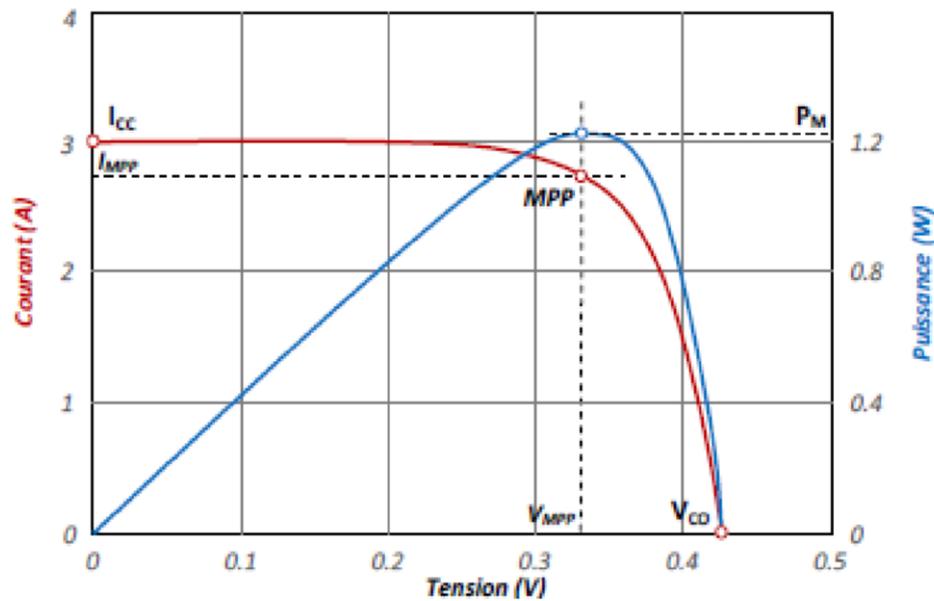


Figure1.7: caractéristique électrique d'une cellule PV [19].

1.3.3.3 Facteur de forme FF

On peut définir le facteur de remplissage ou facteur de forme FF par la relation suivante:

$$FF = \frac{V_m \cdot I_m}{V_{co} \cdot I_{cc}} \quad (1.13)$$

V_m : tension correspondant à la puissance maximale fournie

I_m : courant correspondant à la puissance maximale fournie.

Le point de fonctionnement est imposé par la résistance de charge et non par la cellule elle-même. Un choix judicieux de la résistance de charge permettra donc d'obtenir la puissance maximale, soit $P_m = I_m \cdot V_m$.

1.3.3.4 Le rendement

C'est le rendement énergétique externe de conversion de puissance. Il est défini par la relation suivante:

$$\eta = \frac{V_m \cdot I_m}{P_{\text{incidente}}} \quad (1.14)$$

Ce rendement peut être optimisé en augmentant le facteur de forme, le courant de court-circuit et la tension à circuit ouvert. C'est un paramètre essentiel, car la seule connaissance de sa valeur permet d'évaluer les performances de la cellule.

1.3.4Schéma équivalent :

On y retrouve le générateur de courant I_{ph} correspondant au courant photo généré ainsi que les résistances complémentaires, R_s (résistance série) et R_p (résistance parallèle), et un diode d (le courante diode représente le courant d'obscurité I_{obs})

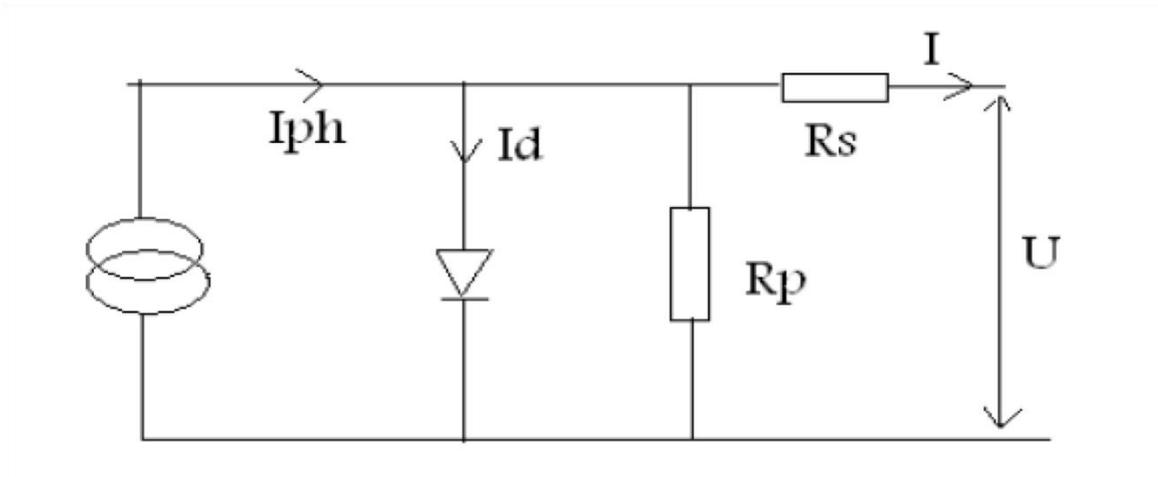


Figure1.8:schéma électrique d'une cellule solaire [20]

1.3.5Influence de la température et l'éclairage sur le rendement des cellules PV :

L'augmentation de l'éclairage améliorer la puissance maximale P_M , mais pour l'accroitre de la température diminue la performance de rendement des cellules PV.

1.4 Conclusion :

Dans l'étude que nous allons présentée dans le premier chapitre de ce mémoire, La conversation photovoltaïque d'énergie solaire ouvre la possibilité de produire de l'électricité sans entraîner de pollution atmosphérique, et cet par l'exploitation de ses caractéristique et sa situation géographique de région d'ADRAR.

Chapitre02 :

Pompage solaire

2.1 Introduction

Dans nos région, Nous avant exploitée l'eau ventrale dans l'activité journal surtout dans l'agronomie. Pour extraite cette l'eau ventrale en utilise le pompe qui actionner par l'électricité, et ce dernière elle est produite par différente technique, nous chosions la technique de conversion du rayonnement solaire par générateur photovoltaïque, parce que c'est la meilleure technique pour les zones rurales les sites isolés.

Dans ce chapitre, nous présentons les accessoires principaux d'un système de pompage Photovoltaïque.

2.2 Notion hydraulique:

On va commencer par des Données nécessaires pour dimensionner la pompe solaire et ses composants.

2.2.1 Débit :

Quantité d'eau que la pompe peut fournir durant un intervalle de temps donné. En pompage, le débit est habituellement donné en litres par heure (l/h). En pompage solaire, le débit (ou le besoin en eau) est souvent exprimé en m³ par jour.

2.3 Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique totale (HMT) d'une pompe est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement [21].

. Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT = H_g + P_c \quad (2.1)$$

Avec : H_g Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation [22].

Elle est calculée par la formule suivante:

$$H_g = H_r + H_d = H_r + N_s + R_m \quad (2.2)$$

Où :

H_r : hauteur de réservoir(m)

N_d : niveau dynamique (m)

N_s : niveau statique (m)

R_m : Rabattement maximal

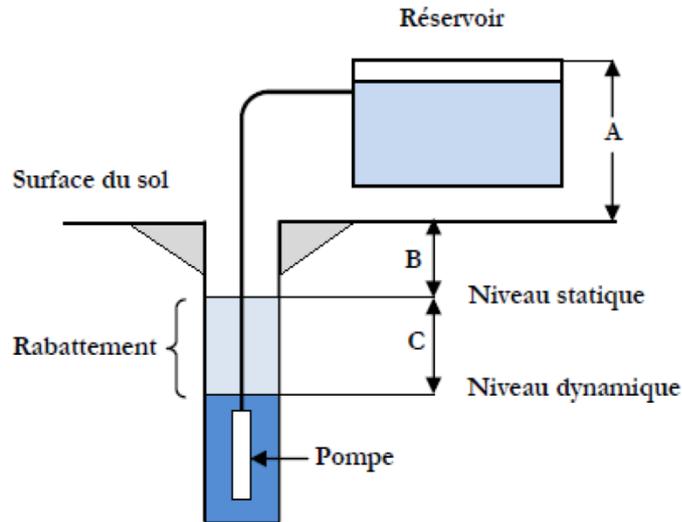


figure2.1: hauteur manomètre totale.

2.3.1 Pertes de charge :

Chutes de pression produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la longueur des conduites (D), de leur diamètre (d_c) et du débit de la pompe (Q). Elles s'expriment en mètres de colonnes d'eau (mCE) Le diamètre des conduites est calculées afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de la hauteur manométrique (HMT)

2.3.2 Niveau statique:

Le niveau statique (N_s) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage.

2.3.3 Niveau dynamique:

Le niveau dynamique (N_d) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau pour un pompage à un débit donné. Pour le calcul de la HMT, le niveau dynamique est calculé pour un débit moyen. [23]

2.3.4 Rabattement :

La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique.

2.3.5 Rabattement maximal :

est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe [24].

2.4 Les composants d'un système de pompage solaire :

Généralement, un système de pompage photovoltaïque est constitué d'un générateur Photovoltaïque, un sous-système de pompage et un réservoir d'eau. Le stockage de L'eau dans les réservoirs est la solution adoptée par rapport au stockage électrochimique dans les batteries. Le pompage de l'eau à l'aide de l'énergie photovoltaïque est utilisé pour l'alimentation en eau potable et pour la petite irrigation [25].

2.4.1 Le générateur photovoltaïque

La cellule solaire est l'unité de base du système qui convertit l'énergie solaire en électricité de façon directe à courant continu, elle produit une puissance max lorsque l'intensité du rayonnement solaire atteint $G=1000 \text{ W / m}^2$ à une température égale à $T=25 \text{ }^\circ \text{C}$ (dans des conditions nominales). Le générateur photovoltaïque généré par la collection des modules photovoltaïques en série ou en parallèle de but d'obtenir une puissance plus grande de l'électricité.

2.4.1.1 Raccordement des panneaux solaires:

On distingue trois types de raccordement :

2.4.1.1.1 Raccordement en série : dans ce mode la tension augmente mais le courant reste le même.

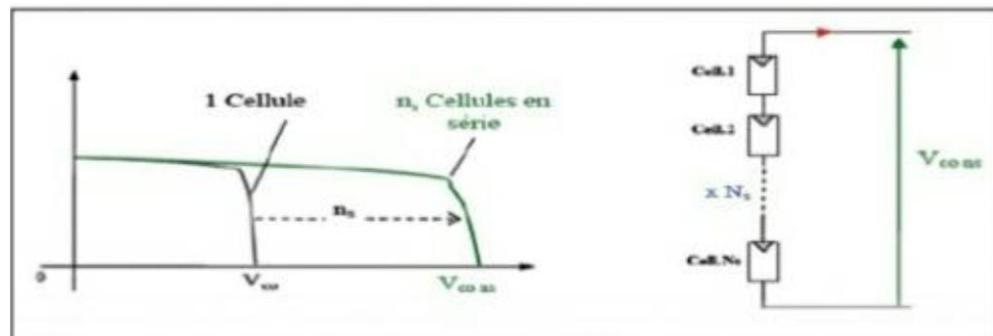


figure2.2: Raccordement en série

2.4.1.1.2 Raccordement en parallèle:

dans ce mode le courant augmente mais la tension reste elle-même.

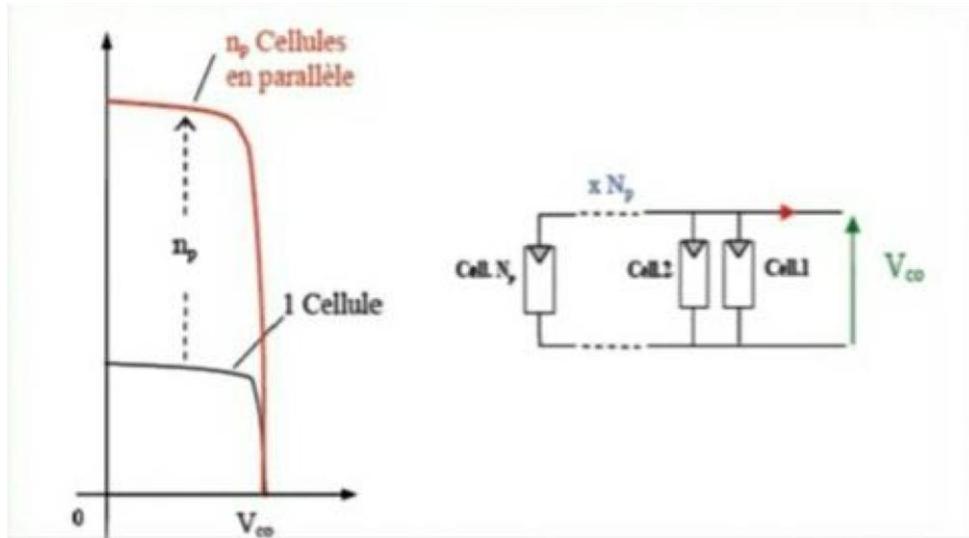


Figure2.3: Raccordement en parallèle.

2.4.1.1.3 Raccordement mixte:

(série-parallèle) dans ce mode le courant et la tension augmentent.

Le générateur photovoltaïque est un l'élément le plus important dans le système de pompage solaire, il est constitué d'une ou plus des modules photovoltaïques, pour obtenir une puissance suffisante à la pompe, sachant que le nombre des panneaux dépend de la puissance de la pompe choisie.

2.4.2 Types des pompes solaires :

Les pompes à eau solaires sont des pompes fonctionnant grâce à un moteur électrique dont l'énergie provient des cellules photovoltaïques disposées sur des panneaux solaires et captant l'énergie lumineuse du soleil. Ces pompes sont la pompe volumétrique et la pompe centrifuge.

2.4.2.1 Pompe volumétrique :

2.4.2.1.1 Définition et principe

Le déplacement du fluide est dû aux transports d'un volume V_0 à chaque rotation. Les pompes volumétriques ou à capacité variable sont des pompes dans lesquels l'écoulement du fluide résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide. Une pompe volumétrique comporte toujours une pièce mobile dans une pièce creuse qui déplace le liquide en variant le volume contenu dans la pièce creuse.

2.4.2.1.2 Types de pompes volumétriques :

On distingue deux types : les pompes oscillantes et les pompes rotatives [26].

2.4.2.2 Pompe centrifuge:

2.4.2.2.1 Définition et principe:

De fonctionnement Les pompes centrifuges sont productrices de courant hydraulique. Dans les pompes centrifuges, l'énergie mécanique est tout d'abord transformée en énergie cinétique. Le fluide est aspiré axialement, sous l'effet de la rotation de l'impulseur, dans le corps de la pompe où il est accéléré radialement dans l'aube avant d'être refoulé. L'arbre est mis en mouvement grâce à un moteur électrique représente les éléments essentiels de la pompe centrifuge.

2.4.2.2.2 Les types de Pompe centrifuge

2.4.2.2.2.1 La pompe de surface centrifuge :

Pompe de surface est une pompe utilisée pour pompée l'eau de surface ou pour pompée L'eau de réservoir plus bas vers réseau ou autre réservoir haut d'une technologie d'aspiration-refoulant à un niveau d'eau le plus bas est située à moins de 7 mètres.

2-4.2.2.2.2 La pompe immergée centrifuge:

La pompe immergée est une pompe installée dans l'eau de forage à un débit dépasse à $2 \text{ m}^3/\text{h}$ et à niveau d'eau le plus bas est situé à plus de 7 mètre [27].

2.4.3 La motopompe:

La motopompe constituée d'un moteur électrique et la pompe.

2-4.3.1 Le moteur:

Le moteur électrique d'une électropompe, que se soit en courant continu (CC) ou alternatif (AC), permet de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique

2.4.3.2 La Pompe:

La pompe est l'appareille qui permet de transporter un fluide d'une source plus bas vers un point haut ; Quelle que soit la pompe, elle est constituée de trois parties distinctes [28]:

* La partie motrice, qui fournit la puissance nécessaire au pompage.

*La transmission, qui transmet cette puissance à la partie hydraulique.

*La partie hydraulique, qui transmet cette puissance à l'eau pour la déplacer (l'aspirer et/ou la refouler) [29].

2.4.4 Le choix de la pompe :

Le choix d'une pompe se portera également sur sa capacité à répondre aux conditions variables du site. Nous avons vu que le débit d'une pompe volumétrique est moins affecté par la variation de la HMT alors que la pompe centrifuge verra son débit diminuer rapidement à mesure que la HMT augmente. La hauteur de refoulement d'une pompe centrifuge est en fonction du carré de la vitesse du moteur. À mesure que la HMT augmente, le rendement de la pompe diminue très rapidement ; le moteur devrait tourner beaucoup plus rapidement pour fournir un même débit [30].

2.4.5 Le convertisseur :

Pour convertir de l'énergie produit par le générateur photovoltaïque, on utilise soit le hacheur ou bien l'onduleur.

2.4.5.1 Le convertisseur hacheur:

L'impédance d'entrée d'un convertisseur statique du type CC/CC doit être adaptée afin de forcer le générateur photovoltaïque à travailler au point de puissance maximale. Ce convertisseur peut fournir une tension continue variable à partir d'une tension continue fixe. Les convertisseurs statiques du type cc/cc se divisent généralement en trois catégories : abaisseur de tension (hacheur dévolteur), élévateur de tension (hacheur survolteur) et abaisseur-élévateur de tension (hacheur dévolteur survolteur) .Il utilise pour la pompe qui alimente sur le courant continue.

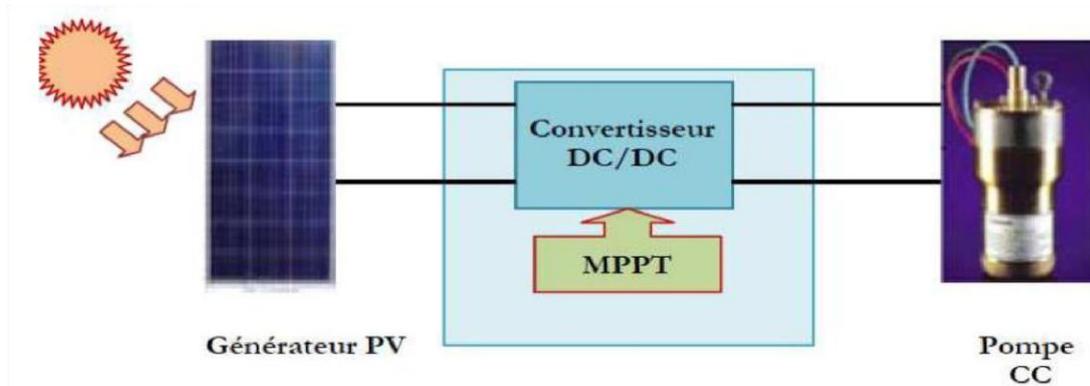


figure2.1: Système de pompage photovoltaïque utilisant une motopompe à courant continue a l'intermédiaire d'un hacheur.

2.4.5.2 Le convertisseur onduleur :

La fonction principale de l'onduleur est de transformer le courant continu, produit par les panneaux solaires en un courant alternatif CC/AC pour actionner le groupe moteur pompe alimente à un courant alternatif. Le rendement de l'onduleur est généralement élevé pour valoriser au mieux l'énergie produite par le générateur.

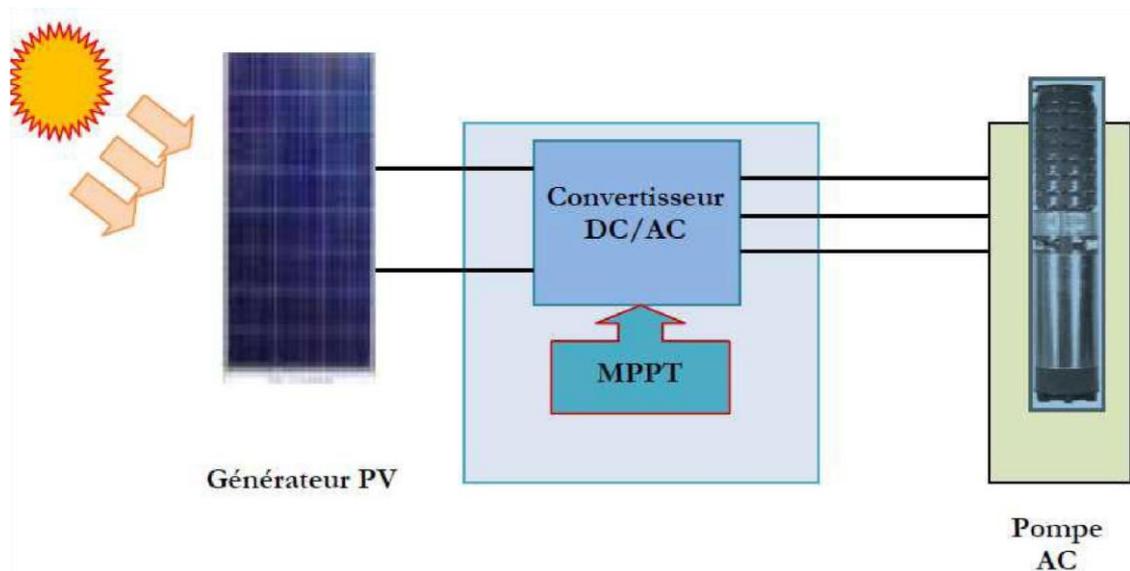


Figure 2.2: Système de pompage photovoltaïque avec une motopompe à courant alternatif à l'intermédiaire d'un onduleur [24].

2.4.6 Contrôle MPPT:

Un contrôleur MPPT, de l'anglais Maximum Power Point Tracker, est une commande associée à un étage d'adaptation permettant de faire fonctionner un générateur électrique non linéaire de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance.

Les systèmes MPPT sont généralement associés avec les générateurs photovoltaïques. Permet alors de piloter le convertisseur statique reliant la charge (une batterie par exemple) et le panneau photovoltaïque de manière à fournir en permanence le maximum de puissance à la charge [31].

2.4.7 La partie de stockage :

2.4.7.1 Système de pompage avec batterie :

Le système de pompage avec batterie permet de stocker l'électricité dans les batteries .Il permet d'utiliser de l'électricité aussi en absence du soleil. Ce système est de leurs batteries sont coûteuses, peu durables, nécessitent beaucoup d'entretien et peuvent engendrer une baisse de rendement de l'ordre de 20 à 30%, ce qui limite fortement l'intérêt de cette solution

2.4.7.2 Système de pompage au fil du soleil :

Le système de pompage au fil du soleil permet de transporter l'eau de puits ou forage vers le réservoir ou un bassin pour le stocker puis l'utiliser selon le besoin. Le pompage s'arrête :

- lorsque l'éclairement solaire est trop faible.
- lorsque la citerne est pleine (flotteur/interrupteur de niveau).

Le pompage ne s'arrête pas s'il y a une trop pleine hydraulique [32].

Cette solution est fiable et moins coûteuse que la précédente, mais ces pompes n'ont pas un débit constant et ne fonctionnent pas en dessous d'un certain niveau d'éclairement (fin et début de journée notamment). Leur rendement étant plus faible en dehors de la puissance nominale de fonctionnement, il est nécessaire d'installer un adaptateur de charge [27].

2.5 Lesystème de pompage photovoltaïque :

Généralement, le pompage photovoltaïque fonctionne au fil du soleil c'est-à-dire sans stockage électrochimique. Ainsi, le pompage est sans doute l'une des plus pertinentes utilisations de l'énergie solaire photovoltaïque. Il offre une très grande simplicité

D'exploitation et de fiabilité à moindre coût, qui l'ont avantage par rapport à l'utilisation de Batteries d'accumulateurs.

L'évolution progressive, matériaux et des gammes de performances permet aujourd'hui de considérer le pompage solaire comme une technologie mature.

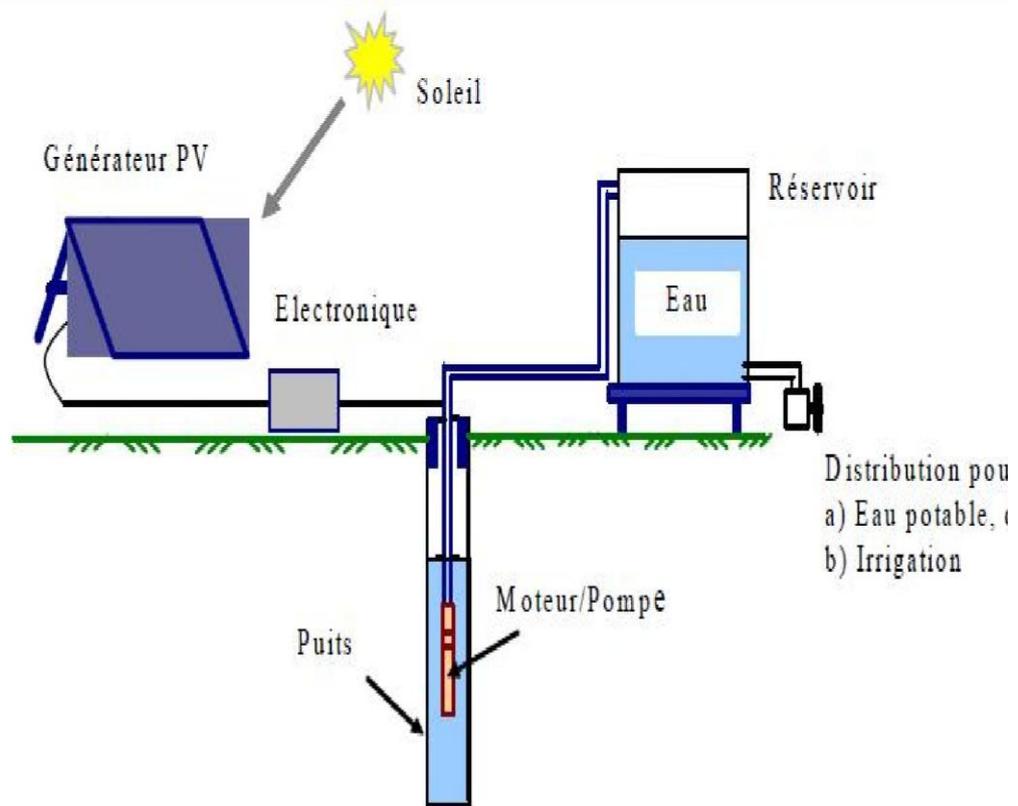


Figure 2.3: schéma général d'un système de pompage photovoltaïque [25]

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous traitons principalement les éléments nécessaires qui permettent à la réalisation d'un système de pompage solaire. Nous avons décrit les différents types de raccordement des panneaux solaires (Association en série, association en parallèle et association mixte), et montré l'intérêt du pompage dit « au fil du soleil » et le pompage avec stockage d'énergie.

Chapitre 03 :

Dimensionnement d'un système

pompage solaire au site d'Adrar

3.1 Introduction

Le dimensionnement des systèmes pompage PV est toujours confronté à deux critères essentiels qui sont le gisement solaire et la pompe, entre lesquels se trouvent les dispositifs de conversion et de régulation pour gérer l'énergie mise en jeu et le système de stockage pour pallier à la non disponibilité de la source solaire.

Le dimensionnement d'une installation pompage photovoltaïque repose sur la détermination du nombre nécessaire de panneaux solaires constituant le champ photovoltaïque suffisant pour couvrir les besoins de la pompe ainsi que la capacité de charge de la batterie [33].

3.2 Le système de pompage solaire pour l'agriculture :

L'utilisation du système solaire pour le pompage d'eau de puits/forage vers le bassin/réservoir pour l'irrigation des plantes représente la solution économique la plus efficace pour les agricultures à cause des caractéristiques d'ensoleillement d'Adrar 3000 heures/an et la durée de vie de ce système. Ce système de pompage au fil du soleil compose :

- D'un générateur photovoltaïque.
- Un moto- pompe (moteur électrique et pompe immergée/de surface)
- Un convertisseur (hacheur/onduleur)
- Les tuyaux
- Un contrôleur



Figure 3.1:Générateur solaire [34].



Figure 3.2: Pompe immergée [34].



Figure 3.3: Onduleur [34].



Figure 3.4: Tuyaux [34].

3.3 Méthode de dimensionnement

Le dimensionnement du système de pompage photovoltaïque concerne essentiellement le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque, le choix de la pompe et le choix

du contrôleur répondants au service requis dans les conditions de référence. La démarche analytique adoptée dans le cadre de notre étude s'articule autour de quatre étapes suivantes:

- Besoins journaliers en eau.
- Dimensionnement et choix de la pompe.
- Energie solaire disponible et dimensionnement du champ photovoltaïque.
- Choix des composants.

Cette étude permet de déterminer et de faire le choix des différents composants : Le panneau solaire, la pompe, les batteries et le convertisseur d'une station de pompage solaire au fil du soleil.

3.4 Besoins journaliers en eau

Quantité d'eau ou besoin journalier est définie par l'agriculteur ou l'intéressé. Elle s'exprime en m³/jour [19].

3.4.1 L'eau à Adrar :

La wilaya d'Adrar est une région très riche en eau souterraine. D'après certaines études, la capacité des eaux souterraines est de l'ordre de 60.000 milliards de mètres cubes jusqu'à la prochaine dizaine d'années, avec une éventuelle utilisation de 155 m³/s et puisée par différents moyens :

- Les foggaras au nombre de 900 avec un débit de 3.68 l/s,
- Les puits au nombre de 600 avec un débit moyen de 02 l/s,
- Les forages au nombre de 414 avec un débit moyen de 16.4 l/s [27].

3.4.2 Evaluation des besoins en eau :

Les besoins d'eau pour l'irrigation dépendent du type de culture, des facteurs météorologiques comme la température, l'humidité, la vitesse du vent, l'évapotranspiration du sol, la saison de l'année considérée et de la méthode d'irrigation. Pour notre étude les besoins journaliers moyens mensuels en eau de m³/jour.

Cependant, il est important de se baser sur la pratique et l'expérience locale. La capacité du réservoir sera déterminée selon les besoins en eau journalières et l'autonomie requise du système.

3.4.3 Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire:

Une fois définies les besoins nécessaires en volume d'eau pour chaque mois de l'année et les caractéristiques du puits, nous pouvons calculer l'énergie hydraulique moyenne journalière et mensuelle nécessaire à partir de la relation :

$$Eh = \frac{g \rho a v a h}{3600} \quad (3.1)$$

où

E_h : énergie hydraulique (Wh/jour) , h (H_{MT}) hauteur totale (m)

V_a : volume d'eau (m³/jour), ρ_a : densité de l'eau (1000 kg/m³) g :

accélération de la pesanteur (9,81m/s²)

Durant le processus de pompage, le niveau d'eau à l'intérieur du puits tend à baisser, jusqu'à ce que la vitesse avec laquelle la régénération du puits arrive à équilibrer la quantité pour que l'on puisse pomper l'eau de nouveau. L'abaissement du niveau d'eau dans le puits dépend d'un certain nombre de facteurs, comme le type et la perméabilité du sol et l'épaisseur de l'aquifère. La hauteur totale de pompage est la somme de la hauteur statique et de la hauteur dynamique :

$$h = h_s + h_d \quad (3.2)$$

Dans le cas de puits qui présentent des variations importantes du niveau d'eau en fonction du débit, on peut ajouter un terme correctif et cette équation devient :

$$H = h_s + h_d + \frac{h_d - h_s}{Q_p * Q_A} \quad (3.3)$$

où

h_s : niveau statique (m), Q_p : débit d'essai (m³/h) h_d :

niveau dynamique (m), Q_A : débit apparent (m³/h)

La hauteur statique h_s est la distance entre le niveau statique de l'eau dans le puits jusqu'au point le plus élevé auquel on doit pomper l'eau. La hauteur dynamique h_d représente les pertes d'eau dans la tuyauterie. La formule de Darcy-Weisbach permet le calcul de la hauteur dynamique :

$$H_d = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad (3.4)$$

Où

f : coefficient de friction des parois de la tuyauterie v :

vitesse moyenne du fluide (m/s) L : longueur de la

tuyauterie (m) D : diamètre de la tuyauterie (m) g :

accélération de la pesanteur (m/s²)

Dans le cas où le système de tuyauterie aurait un autre type d'accessoires (vannes, coudes, té, jonctions, ...), nous pouvons calculer les pertes de charge dans chaque élément additionnel comme :

$$H_d = K_{ac} * \frac{v^2}{2g} \quad (3.5)$$

Où K_{ac} est un coefficient dépendant du type d'accessoire. Dans le tableau, on donne une série de valeurs de K_{ac} pour différents accessoires.

Accessoire	Coefficient K_{ac}
Jonction du réservoir à tuyauterie connexion au ras de la paroi	0,5
Jonction de tuyauterie au réservoir	1,0
Coude 45°	0,35 à 0,45
Coude 90°	0,50 à 0,75
Tés	1,50 à 2,00
Vannes de contrôle (ouverte)	3,0

Tableau3.1: Coefficient K_{ac} pour différents types d'accessoires dans la tuyauterie

Une autre méthode pour tenir compte des accessoires du circuit est d'ajouter à la longueur réelle de la tuyauterie (seulement pour effet de calcul) des longueurs de tubes de même diamètres que le conducteur en étude, capables de causer les mêmes pertes de charge occasionnés par les pièces qu'elles substituent. De cette façon, n'importe quel accessoire peut être substitué par une longueur fictive. En général, on recommande que la hauteur dynamique ne dépasse pas 10 % de la hauteur totale de pompage [35].

3.4.4 Détermination de l'énergie solaire disponible

La méthode de dimensionnement utilisée est basée sur les calculs des valeurs moyennes journalières mensuelles de l'irradiation solaire disponible et de l'énergie hydraulique nécessaire.

3.4.5 Inclinaison du générateur photovoltaïque :

L'inclinaison β des modules photovoltaïques (PV) par rapport au plan horizontal doit se faire de manière à optimiser le rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique nécessaire.

3.4.6 Mois de dimensionnement :

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.

Comme idée de principe, à chaque inclinaison β , correspond un mois le plus défavorable. Le mois de dimensionnement à l'inclinaison optimale sera précisément celui qui présente le plus petit rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique.

L'irradiation solaire $G_m(\beta)$ et l'énergie hydraulique nécessaire E_h correspondantes à ce mois serviront pour le choix des composantes du système [36].

Le tableau ci-après donne les valeurs de rayonnement global journalier mensuel calculé sur la moyenne mensuelle pour les rayons incidents sur un plan incliné d'un angle optimale sur le site d'ADRAR :

Période	L'hiver			Printemps			L'été			L'automne		
Mois	Déc.	Jan	Fév.	Mar s	Avri .	Ma i	Ju n	Juil .	Aout	Sept	Oct.	Nov.
G(KW/m ²)	6.2	6.3	6.9	7.05	7.2	6.3	7.5	7.1	7	6.1	5.8	5.6

Tableau3.2 : Les valeurs globales de l'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.

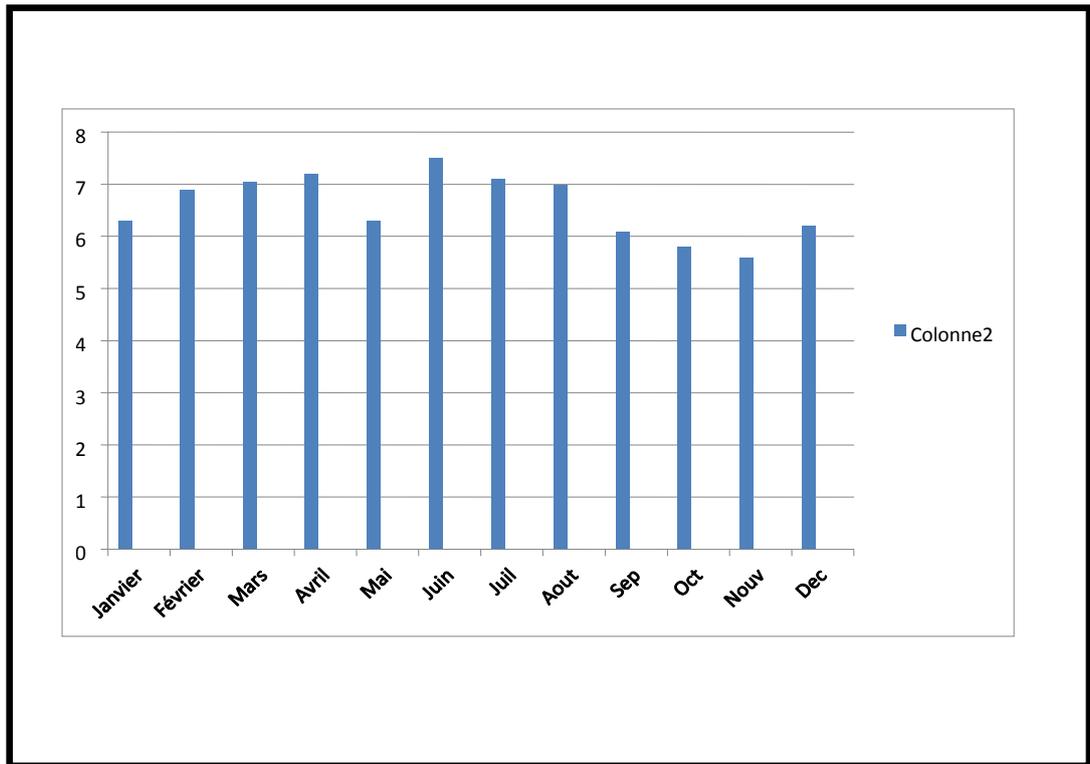


Figure 3.5 : l'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.

3.4.7 Dimensionnement du générateur photovoltaïque :

La puissance de sortie d'un générateur photovoltaïque sous les conditions standards de mesure, CSM, (éclairage $G_{ce} = 1000 \text{ W/m}^2$ et température de cellule $T_{c,ref} = 25 \text{ °C}$) [37] est:

$$P_p = \eta_g * A * G_{ce} \quad (3.6)$$

Où

P_p : puissance de sortie sous CSM (W) η_g : rendement du générateur

à la température de référence (25 °C)

A : surface active du générateur (m²)

G_{ce} : éclairage dans les CSM (1000 W/m²)

L'énergie électrique journalière, E_e , est donnée par :

$$E_e = \eta_{pv} * A * G_{dm}(\beta) \quad (3.7)$$

Où

η_{pv} : rendement moyen journalier du générateur dans les conditions d'exploitation $G_{dm}(\beta)$: irradiation moyenne journalière incidente sur le plan des modules à l'inclinaison β (kWh/m²/jour)

Le rendement η_{pv} peut être calculé à l'aide de l'expression:

$$\eta_{pv} = F_m [1 - \gamma(T_c - T_{c,ref})] * \eta_g \quad (3.8)$$

Où

F_m : facteur de couplage, défini comme le rapport entre l'énergie électrique générée sous les conditions d'exploitation et l'énergie électrique qui se générerait si le système travaillait au point de puissance maximum.

γ : coefficient de température des cellules. γ prend des valeurs entre 0,004 et 0,005 /°C pour des modules au silicium mono et poly cristallin, et entre 0,001 et 0,002 pour des modules au silicium amorphe.

T_c : température moyenne journalière des cellules durant les heures d'ensoleillement.

L'énergie électrique nécessaire est liée avec l'énergie hydraulique par l'expression:

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{MP}} \quad (3.9)$$

Où

E_h : énergie hydraulique moyenne mensuelle (kWh) η_{MB} : rendement du sous-système moteur-pompe.

En substituant les équations (7), (8) et (9) dans (6), nous obtenons pour la puissance crête du générateur:

$$P_p = G_{ce} / [1 - \gamma(T_c - T_{c,ref})] * G_{dm}(\beta) * E_h / F_m \eta_{MB} \quad (3.10)$$

3.4.8 Dimensionnement du moteur:

Le moteur doit être capable de supporter la puissance crête du générateur photovoltaïque.

3.4.9 Dimensionnement de la pompe:

Le débit crête Q (m³/h) est calculé par la relation:

$$Q = \frac{3.6 P_h}{g_h} \quad (3.11)$$

où

P_h : puissance hydraulique nécessaire (W)

g : accélération de la pesanteur (9.81m/s^2)

h : hauteur manométrique totale (m)

La puissance hydraulique crête (P_h) nécessaire en fonction de la puissance électrique crête fournie par le générateur photovoltaïque (P_e) est donnée par :

$$P_h = P_e \cdot \eta_{MB} \quad (3.12)$$

Où

η_{MB} : rendement crête du sous-système moteur-pompe.

3.4.10 Dimensionnement des tuyauteries:

Le diamètre des tuyauteries peut être estimé en utilisant des tableaux ou des graphes qui expriment les pertes par frottements en fonction du débit pour chaque diamètre de la tuyauterie.

En pratique, il se présente le problème de fixer la hauteur dynamique h_d pour des considérations économiques. En effet, si nous augmentons le diamètre D de la tuyauterie, h_d diminue. Economiquement parlant, une augmentation de D suppose une augmentation des dépenses d'installation, mais en même temps une diminution des pertes d'énergie.

Le diamètre le plus économique sera celui qui réduit au minimum la somme des coûts de la tuyauterie et de l'énergie perdue par frottements [38].

Il est possible d'obtenir analytiquement les diamètres des tuyauteries de pompage qui s'approximent à ceux qui minimisent les coûts des installations par la formule de Bresse [35]:

$$D = K\sqrt{Q} \quad (3.13)$$

D : diamètre de la tuyauterie (m)

K : coefficient qui varie de 0,75 à 1,40

Q : débit crête de la pompe (m^3/s)

L'équation de continuité est:

$$Q = (\pi D^2 / 4) V \quad (3.14)$$

Choisir la valeur K équivaut à fixer la vitesse moyenne du fluide (v). Enfin en substituant dans l'équation de continuité la valeur de Q prise de la formule de Bresse, nous avons:

$$V = \frac{4}{\pi K^2} \quad (3.15)$$

Quelque soit la formule employée, les diamètres obtenus diffèrent fréquemment des diamètres commerciaux. Il suffit de prendre la valeur du diamètre commercial le plus proche et d'ajouter les calculs en conséquence.

3.5 METHODE GRAPHIQUE:

En se basant sur les équations intérieures, nous pouvons représenter un diagramme qui nous permet de déterminer d'une manière approximée la taille du générateur photovoltaïque pour une demande connue d'énergie hydraulique pour le mois de dimensionnement. La méthode permet le calcul de la puissance crête à l'aide de tracé de droites dans le diagramme cité, en reliant les différentes valeurs d'énergie hydraulique et électrique avec les valeurs de rendements du sous-système moteur-pompe et l'irradiation moyenne journalière, que nous supposons connues.

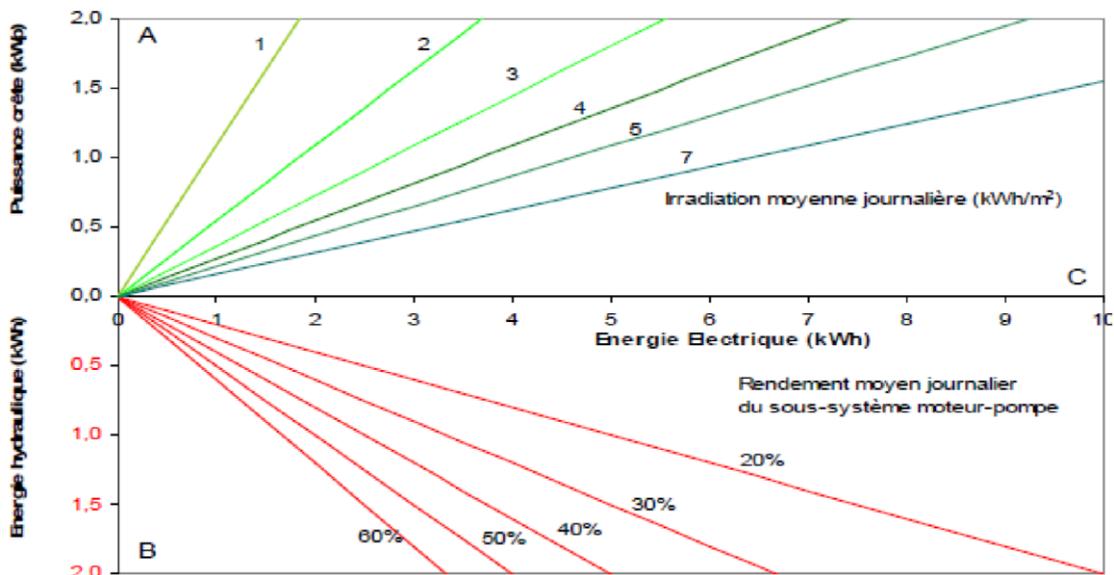


Figure 3.6 : Diagramme pour déterminer la taille du générateur photovoltaïque nécessaire pour couvrir une demande d'énergie hydraulique [36].

3.6 Application d'un système de pompage PV sur le site de Sabaain:

3.6.1 Les caractéristiques d'un système de pompage étudié:

La hauteur de réservoir est 1.2m au sol.

Le niveau statique N_s est 20m .

La pompe est posée dans une profondeur de 35m .

Le débit d'eau Q est entre 2.5 et 4 l/s .

La durée suffisante pour remplir le bassin est 10 heures .

Le rendement de motopompe η_{MP} est 98%.

Débit journalière 72 m³/j.

3.6.2 Présentation de site:

La zone sabaain située au point 70 km au nord –est de Timimoune désignée pour la remise en état agricole sur une superficie de 1504 hectares pour 385 agriculteurs [39].

- La région agricole étudiée a une surface de (05) hectares.

- Cette région est irriguée par deux systèmes différents qui sont: la goutte à goutte et l'irrigation traditionnelle.

3.6.3 Présentation de logicielle LE Lab:

Le lab pour choisir votre pompe solaire. Dimensionnez votre pompage solaire facilement, en seulement 2 clics. Dimensionnement solaire pour site isolé.

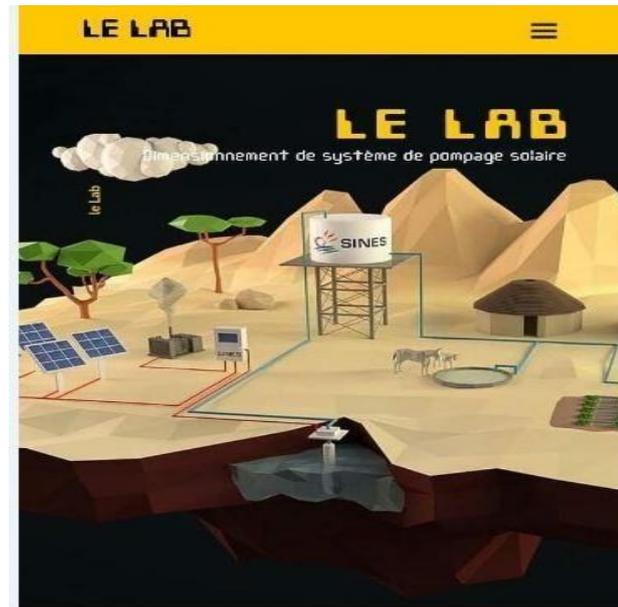


Figure3.7: logicielle le lab



Figure3.8: logicielle le lab [40].

3.6.4 Hauteur manométrique totale (HMT):

La HMT d'une pompe:

$$HMT = H_g + P_c \quad (3.16)$$

$$H_g = N_d + H_r \quad (3.17)$$

$$N_d = N_s + R_{max} \quad (3.18)$$

$R_{max}=15$: est le rabattement maximum.

$$N_d=20+15=35$$

$$H_g = 35 + 1.20 = 36.20\text{m}$$

3.6.5 Les pertes de charges:

$$P_c = 0.1 \cdot H_g \quad (3.19)$$

$$P_c = 0.1 \cdot 36.20 = 3.620 \text{ m}$$

les pertes de charge

est 3.620 m

$$\text{Alors } HMT = 36.20 + 3.620 = 39.82$$

m La hauteur manométrique totale HMT = 39.82 m

3.6.6 Choix de la pompe:

Nous choisissons la pompe en fonction du débit et de la hauteur manométrique totale

3.6.6.1 Débit horaire:

$$Q_h = \frac{\text{Débit journalière}}{\text{Nombre des heures d' ensoleillement maximale}} \quad (3.20)$$

$$Q_h = 72/10 = 7.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pour notre exemple le débit journaliers maximale requis est de 72 m³/j et l'énergie d'ensoleillement la plus faible pour le mois de décembre est égale à 6200 Wh/m³/j

Par logiciel le lab prenons : le pompe de LORENTZ **ps2 4000c-sj8 15**

Et onduleur **Lorentz ps2 4000 Controller** de puissance max 4KW et tension 375v,

intensité 14A. $\eta = 98\%$

Les résultats des calculs sont présents dans le tableau ci-après :

Niveau statique	Rabattement	Niveau dynamique	Hauteur du réservoir	Perte charge totale	Hauteur manométrique	débit horaire de la pompe
$N_s(m)$	$R_{max}(m)$	$N_d(m)$	$H_r(m)$	$P_c(m)$	HMT(m)	$Q_h(m^3/h)$
20	15	35	1.2	3.620	39.82	7.2

Tableau 3.3 : Résultats des calculs.

3.6.7 Résultat Le Lab

3.6.7.1 Les caractéristiques de la pompe immergée :

3.6.7.2 Caractéristiques électrique :

Marque LORENTZ	
Type : Pompe immergée PS2-4000 C-SJ8-15	
Débit max. : 13m ³ /h	
HMT max. : 80 m	
Diamètre de forage min. : 6.0 in	
Prix : 478779.79 DA	
Moteur Ecdrive 4000-C (sans balaie)	
Puissance : 4.0 KW	
Efficacité max. : 92 %	
Vitesse du moteur 900-3300 rpm	
Classe d'isolation : F	
Submersion max. : 150 m	
Matériel : AISI 304/316	
Classe de protection : IP 68	
Contrôleur	
Type : PS 4000	
Puissance max. : 4.0 KW	
Tension nominale : >238 V	
Tension d'entrée max. : 375 V	
Intensité du moteur max. : 14 A	
Efficacité max. : 98%	
Température ambiante : -40 ... 50 °c	

Tableau3.4:les caractéristiques électriques de pompe [41]

3.6.8 Taille du générateur PV:

Selon la puissance demandée par le groupe moteur-pompe et l'irradiation journalière incidente sur le plan du générateur, on calcule la puissance du générateur PV, après on détermine le nombre de modules constituant le générateur suivant la puissance du module PV choisie

3.6.8.1 La puissance hydraulique:

$$P_h = P_e * \eta \quad (3.21)$$

$$P_h = 4000 * 0.98 = 3920 \text{ w}$$

3.6.8.2 Energie requise pour la pompe :

$$E_{\text{éle}} = Ch * Q * \frac{HMT}{\eta_{MP}} \quad (3.22)$$

$$E_{\text{éle}} = 2.725 * 72 * 39.82 / 0.98 = 7972.13 \text{ wh/j}$$

3.6.8.3 Calculons de l'énergie hydraulique nécessaire:

$$E_h = E_e * \eta_{MP} \quad (3.23)$$

$$E_h = 7812.684 \text{ wh/j}$$

3.6.8.4 La puissance crête

$$P_{\text{crête}} = \frac{E_{\text{éle}}}{G} * F_c \quad (3.24)$$

$$P_{\text{crête}} = (7972.13 * 0.65) / 6.2 = 1978.19 \text{ W}$$

❖ Dans notre application, le panneau solaire choisi est de type monocristallin 250Wc et tension de 35.78V. Pour un onduleur de tension 238V.

3.6.8.5 Nombres de modules:

Le nombre total de modules

(N_M) constituant le générateur PV est calculé par la formule suivante:

$$N_M = P_c / P_M \quad (3.25)$$

$$N_M = 1978.19 / 250 = 7.91 = 8$$

Avec:

P_c : La puissance crête du générateur

P_M : La puissance du module PV

3.6.8.6 Nombre de modules en série:

Pour trouver la tension convenable à l'alimentation d'une charge donnée par la mise en série de plusieurs modules PV, le nombre de ces modules est calculé par l'expression suivante ::

$$NMS = \frac{V_{ch}}{V_M} \quad (3.25)$$

Avec:

V_{ch} : La tension nominale de la charge (l'onduleur).

V_M : La tension nominale du module.

$$NMS = \frac{V_{ch}}{V_M} = \frac{238}{35.78} = 6.65 = 7$$

3.6.8.7 Nombre de modules en parallèle:

La mise en parallèle de modules donne l'intensité nécessaire à la charge. Le nombre de branche est calculé par l'équation suivante :

$$N_p = \frac{NM}{N_{ms}} \quad (3.26)$$

$$N_p = \frac{8}{7} = 1.14 = 1$$

3.6.8.8 Correction de la puissance crête:

$$P_c = 150 * 13 = 2000w$$

Caractéristiques électriques	Caractéristiques physiques de la fabrication
Puissance crête (WC) selon CTS* : 250wc	Longueur : 1640mm
Tolérance de la puissance : ± 3 %	Largeur : 992mm
Courant à puissance max. (IMAX) :6.99A	Epaisseur : 35mm
Tension à puissance max. (VMAX) :35.78V	Poids : 21Kg
Courant de court-circuit (ICC) :7.23A	
Tension de circuit ouvert (VCO) :43.58V	
T°C d'utilisation :5.25°C	

Tableau 3.5 : Caractéristiques du panneau.

3.6.9 Le convertisseur DC/AC (onduleur) :

Il a pour rôle, la conversion du courant continu produit par les panneaux en courant alternatif identique à celui du réseau. Il est donc indispensable pour l'alimentation des charges à courant alternatif. Le choix de l'onduleur dépend des caractéristiques électriques de la pompe alimentée (puissance, tension). Pour le besoins de notre étude [24].

3.6.10 La capacité du réservoir :

Rappelons que la technique de pompage choisi pour notre cas est le pompage dit « au fil de soleil ». Le stockage de l'eau est effectué dans un réservoir. La capacité de ce dernier est calculée pour répondre au besoin d'eau pendant les jours d'autonomie. Celui-ci varie d'un à plusieurs jours. Pour notre exemple, la capacité de stockage est calculée pour assurer deux jours d'autonomie.

3.7 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons présenté le dimensionnement d'une installation de pompage photovoltaïque pour irriguer cinq hectare dans le site sabaain. Nous avons présenté les différents éléments de ce système photovoltaïque qui sont : un générateur photovoltaïque constitué de deux panneaux en séries et sept panneaux en parallèles, une électropompe, un onduleur, un régulateur et réservoir et autre accessoire. Il est cependant important de signaler que, souvent, le calcul de la taille du générateur comporte un certain degré d'incertitude. Cette incertitude est principalement due à deux raisons essentielles : la première est liée au caractère aléatoire du rayonnement solaire qui est souvent peu connu. La deuxième est liée à l'estimation difficile des besoins d'eau demandés. Il est ainsi conseillé de prendre des précautions quant au choix du type de pompe et de la taille du générateur.

**Chapitre 04:L'étude
comparative entre
pompage photovoltaïque et
pompage basé sur un
moteur électrogène et
pompage par réseau
Sonelgaz.**

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous réaliserons une étude comparative de trois systèmes de pompes, notre étude consiste alors à évaluer les coûts représentatifs d'un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil, qui est comparée avec une autre installation présentant les mêmes caractéristiques et fonctionnant à l'aide d'un groupe électrogène, ainsi que le système de pompage fonctionnant avec l'électricité conventionnelle

(SONELGAZ), avec en tenant compte l'amortissement des éléments du système. Puis on compare les résultats obtenus.

Dans nos calculs, le choix de la durée de vie du système est lié au fait que la durée de vie moyenne estimée des modules photovoltaïques est de 20ans.

4.2 Ressources électrique de la Wilaya d'Adrar :

4.2.1 Système photovoltaïque :

Au niveau de la Wilaya d'Adrar, l'énergie solaire est la bonne source d'électricité et qui est une solution pour alimenter tous les sites surtout les qui sont éloignées au réseau Sonelgaz, par ce que cette source d'électricité est fiable et produit l'énergie par grande puissance à cause la durée d'ensoleillement de la Wilaya et économique plus rentable a moyenne terme et non polluante.

4.2.2 Réseau Sonal gaz :

Le réseau de Sonal gaz représente la première source d'électricité qui consommée par les habitants dans différentes domaine, mais il existe des sites très éloignée comme les régions agricoles qui sont en manque d'installation des réseaux électrique pour subvenir à leurs besoins en électricité (pour le pompage d'eau par exemple).

4.2.3 Groupe électrogène :

L'utilisation des groupes électrogènes dans les régions éloignées est la solution adéquate pour alimenter les habitants et suffisante pour leurs besoins comme l'agriculture. Ceci d'une part et d'autre part en raison de, l'indisponibilité régulière du carburant, ces sujets se doivent de procéder par le stockage en masse de cette ressource [27].

4.3 Etude économique comparative Photovoltaïque-Réseau

–Electrogène

Dans la partie suivante de ce chapitre, nous étudierons et analyserons les trois techniques de pompage séparément (pompage photovoltaïque –pompage par groupe électrogène- pompage par électricité (Sonel gaz)). Le premier est basé sur un système d'énergie solaire photovoltaïque. Le deuxième est, par contre, conventionnel et utilisé plus fréquemment dans les régions sahariennes. Le troisième est basé sur l'électricité de Sonel gaz. Nous concluons sur la base d'une présentation comparative des résultats.

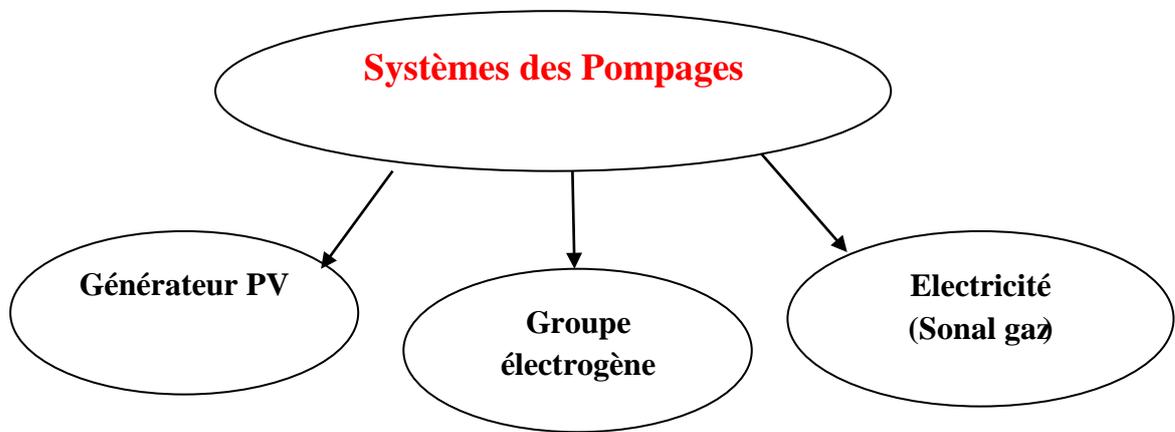


Figure4.1: Les trois sources énergétiques utilisées pour le pompage d'eau. [24]

4.4 Analyse économique et technique :

L'objectif de notre étude consiste à donner une analyse économique afin d'évaluer les coûts représentatifs d'un système de pompage qui utilise l'énergie solaire et celui qui utilise l'énergie de SONELGAZ ainsi que le système de pompage avec groupe électrogène, en incluant le coût d'investissement, d'exploitation et d'entretien sur une durée de vie prévue du système. Cette étude aboutit à une estimation du coût du mètre cube d'eau pompée par nos systèmes de pompage [19].

4.4.1 Analyse économique du pompage photovoltaïque :

En général, le calcul des coûts de la production d'électricité par l'énergie solaire photovoltaïque obéit aux mêmes règles que les solutions classiques. Nous étudierons

séparément les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation et les coûts d'entretien et de maintenance.

4.4.1.1 Calcul de l'investissement initial total:

L'investissement initial permet à l'utilisateur de savoir quel est le prix qu'il va devoir payer lors de l'installation de son système. Le coût total I_{tot} est calculé par l'expression suivante [42] :

$$I_{tot} = C_{GPV} + C_{Ond} + C_{Mp} + C_{Res} + C_{pui} + C_{Acc} \quad (4.1)$$

Sachant que :

- C_{GPV} : Le coût du générateur PV est calculé par:

$$C_{GPV} = P_M * N_M \quad (4.2)$$

Avec :

- P_M : Prix du module

- N_M : Nombre de modules

- C_{Ond} , C_{Mp} , C_{Res} , C_{pui} , C_{Acc} sont respectivement coût de l'onduleur, motopompe, réservoir, puits et accessoires.

4.4.1.2 Calcul des coûts sur la durée de vie

Nous utilisons la méthode dite le calcul des coûts sur la durée de vie (life cycle cost).

Le coût global annuel de la valeur actualisée est calculé par l'expression suivante:

$$CGA = A_{Tot} + E_{Tot} \quad (4.3)$$

Avec :

A_{Tot} : L'amortissement total.

E_{Tot} : L'entretien et la maintenance totale.

4.4.1.3 Calcul de l'amortissement total

Pour calculer le coût de l'énergie en tenant compte de l'amortissement sur le temps, on prend en compte dans nos calculs, la durée de vie des composants ainsi que les profits réalisés sur toute la durée active du système [24]

L'amortissement annuel total du système A_{Tot} est donné par la formule :

$$A_{Tot} = A_{GPV} + A_{Ond} + A_{Mp} + A_{Res} + A_{pui} + A_{Acc} \quad (4.4)$$

Pour chaque composant, l'amortissement est calculé de la façon suivante :

- ✓ Amortissement du générateur :

$$AGPV = \frac{CGPV}{N1} \quad (4.5)$$

- ✓ Amortissement de l'onduleur :

$$A_{Ond} = \frac{COnd}{N2} \quad (4.6)$$

- ✓ Amortissement du groupe motopompe :

$$AMp = \frac{CMp}{N3} \quad (4.7)$$

- ✓ Amortissement du réservoir :

$$A_{Res} = \frac{Cres}{N4} \quad (4.8)$$

- ✓ Amortissement du puits :

$$A_{pui} = \frac{Cpui}{N5} \quad (4.9)$$

- ✓ Amortissement des accessoires :

$$AAcc = \frac{CA}{N6} \quad (4.10)$$

Nous remarquons que l'amortissement de chaque composant est de la forme :

$$A = \frac{C}{N} \quad (4.11)$$

Avec : C : le coût de l'investissement initial de chaque composant

N : Durée de vie active du composant.

On note que les hypothèses retenues, relatives à la durée de vie pour chacun des éléments du système, sont données ci-après

Equipements	Générateur PV	Onduleur	puits	Réservoir	Groupe électrogène	Motopompe	Accessoires
Durée de vie (an)	20	5	20	20	10	15	20

Tableau 4.1: Les estimations des durées de vie des composants

Chapitre 04 : Etude comparative entre trois systèmes de pompage

Nous représentons dans le tableau 4.2 les couts d'investissement du système de pompage Photovoltaïque.

Désignation	Prix unitaire	Quantité	Montant (DA)
Panneau	25000.00	8	200000.00
Pompe + contrôleur	440230.00	01	440230.00
Câbles + accessoires	8000.00	01	8000.00
Fusible	6000.00	02	12000.00
Disjoncteur	4300.00	02	8600.00
Robinet d'arrêt	520.00	02	520.00
Coude 90°	150.00	03	450.00
Installation du système	15000.00	01	15000.00
Réservoir	000000.00	00	000000.00
Interrupteur sectionneur	6400.00	00	6400.00
Parafoudre(system protection)	5000,00	01	5000,00

Total	006600.00
-------	-----------

Tableau4.2:Cout d'investissement du système de pompage photovoltaïque

4.4.2Analyse économique de pompage en utilisant le réseau

SONELGAZ

Dans le tableau 4.3 nous illustrons les couts d'investissement du système de pompage qui utilise l'énergie électrique de SONELGAZ.

Désignation		Prix unitaire	Quantité	Montant (DA)
Transformateur de distribution		640000.00	20	12800000.00
Support	Support arrête	168000.00	50	8400000.00
	Support alimenté	62000.00	450	27900000.00
N	N volte	11000.00	450	4950000.00
	N double	20000.00	50	1000000.00
	N simple	11000.00	20	220000.00
Eclateur		20000.00	40	1200000.00
IACM		520000.00	50	5000000.00
Pense	Pence d'encrage	60000.00	50*06	18000000.00
	Pence d'alignement	60000.00	620*00	81000000.00
Les chaines isolateurs (03 éléments)		2250.00	5910	13297500.00
Conducteur (section 93.5m)		470.00 pour 1Kg	70*10 ³ *3= 52500m	6168750.00

Etrier	1300.00	5910	7683000.00
Installation du système	12000.00	500	6000000.00
Consommation par trimestre		3	26501.77
Total			195519392.00

Tableau4.3: Cout d'investissement du système de pompage avec réseau
SONELGAZ

4.4.3Systèmes de pompage par groupe électrogène



Figure4.2: le groupe électrogène

Pour la même station de pompage nous alimentons la motopompe par un groupe électrogène.

Le nouveau système est composé par :

- Le groupe électrogène
- Le groupe électropompe
- La partie hydraulique (puits, réservoirs,..)
- Les accessoires

Le groupe électrogène est utilisé comme alimentation de secours ou sur le chantier pour produire de l'électricité.

4.4.4 Caractéristique importantes :

- Essence
- Diesel
- Régulation
- Type de démarrage

- Puissance

4.4.4.1.1 Description d'un groupe électrogène :

La production d'électricité est une technologie utilisée depuis long temps. Un groupe électrogène se compose donc d'une génératrice et d'un moteur thermique pour

l'entraîner. La génératrice se caractérise par la puissance électrique qu'elle peut délivrer. L'alimentation électrique que fournit un groupe électrogène peut être monophasée. Les génératrices récentes disposent de plusieurs sécurités et systèmes électroniques de régulation qui garantissent une production de courant stable (notamment en tension, exprimée en Volts) et une détection de défauts fiable et rapide (protection thermique, magnétique, différentielle etc.).

Le moteur thermique du groupe électrogène peut être à gaz, solaire, essence ou diesel.

Dans notre exemple, nous mentionnons la description et les caractéristiques suivant:

4.4.4.2 Les différents types de groupes électrogènes:

Tous les groupes électrogènes fonctionnent sur le même principe mais tous n'utilisent pas la même technologie et n'offrent pas les mêmes possibilités.

4.4.4.3 Trois types de groupes électrogènes se différencient :

- Les groupes électrogènes à essence
- Les groupes électrogènes diesel
- Les groupes électrogènes insonorisés [44]

4.4.4.4calcul de puissance:

La puissance P du groupe électrogène est calculée par la formule suivante :

$$P = \frac{E_h}{\eta_{MP}} * t_p \quad (4.12)$$

Avec

E_h : L'énergie hydraulique (donné par le constructeur)

η_{MP} : Le rendement du groupe motopompe (donné par le constructeur) t_p

: Le temps nécessaire du pompage par jour.

4.4.4.5Calcul de l'investissement initial total:

De la même manière que pour le système de pompage solaire, à partir du moment où les composants du système sont choisis, le coût total de l'investissement est calculé comme suit :

$$ITot = CGE + CMp + CRes + Cpui + CAcc \quad (4.13)$$

Sachant que :

C_{GE} : Coût du Groupe Electrogène.

C_{Ond} , C_{Mp} , C_{Res} , C_{pui} , C_{Acc} : Sont respectivement coût de l'onduleur, motopompe, réservoir, puits et accessoires.

4.4.4.6Calcul de L'amortissement total:

Nous utilisons la même méthode (dite le calcul des coûts sur la durée de vie) pour calculer l'amortissement annuel total du système par la formule :[24]

$$ATot = AGE + AMp + ARes + Apui + AAcc \quad (4.14)$$

Sachant que pour chaque composant, l'amortissement est calculé comme suit :

- ✓ Amortissement du groupe électrogène :

$$AGE = \frac{CGE}{N1} \quad (4.15)$$

✓ Amortissement du groupe électropompe :

$$AMp = \frac{C_{Mp}}{N2} \quad (4.16)$$

✓ Amortissement du réservoir :

$$ARes = \frac{C_{Res}}{N3} \quad (4.17)$$

✓ Amortissement du puits :

$$Apui = \frac{C_{pui}}{N4} \quad (4.18)$$

✓ Amortissement des accessoires :

$$AAcc = \frac{C_{Acc}}{N5} \quad (4.19)$$

4.4.4.7 Calcul de L'entretien et de la maintenance annuel total :

L'évaluation du coût annuel de l'entretien et de la maintenance $C_{e/m}$ du groupe électrogène est déterminée par l'expression suivante :

$$C_{e/m} = 5\% * CGE * NH + X * C_{Tran} + C_{divl} \quad (4.20)$$

C_{GE} : Coût du Groupe Electrogène.

NH: Nombre d'heures de fonctionnement du groupe électrogène.

X : La distance séparant le site d'installation à la vile.

C_{Tran} : Le coût de transport par Km.

C_{divl} : Le coût de prise en charge.

Pour les autres composants, le calcul du coût annuel de l'entretien et de la maintenance est réalisé par la même manière utilisée dans le cas précédent du système de pompage par énergie solaire PV et réseaux SONELGAZ.

4.4.4.8 Calcul de l'exploitation annuel total :

Le coût d'exploitation du groupe électrogène est évalué sur la base des données relatives à la plaque des caractéristiques électriques ainsi que la consommation en carburant et en lubrifiant du groupe électrogène. On calcule le coût d'exploitation annuel total $C_{d/l}$ par la formule [44]:

$$C_{d/l} = C_d + C_l \quad (4.21)$$

C_d : Coût du carburant

C_l : Coût des lubrifiants

Sachant que, d'une part :

$$C_d = P * \text{Cons}/\text{an} + X * C_{\text{Tran}} \quad (4.22)$$

P: Prix de litre du carburant.

X : La distance séparant le site d'installation à la ville.

C_{Tran} : Le coût de transport par Km.

Et Cons/an est la consommation annuelle calculée par :

$$\text{Cons}/\text{an} = \text{Cons}/j * 365 \quad (4.23)$$

Avec Cons/j la consommation journalière.

$$\text{Cons}/j = \frac{\text{Cons}}{h} * NH \quad (4.24)$$

NH : Nombre d'heures de fonctionnement du groupe électrogène.

Cons/h : Consommation horaire (donnée constructeur)

D'autre part : Le coût des lubrifiants C_l

$$C_l = P * \text{Cons}/\text{an} * 20\% \quad (4.25)$$

P: Prix de litre du carburant.

Dans le tableau 4.4 nous illustrons les coûts d'investissement du système de pompage qui utilise la motopompe électrogène

Chapitre 04 : Etude comparative entre trois systèmes de pompage

Désignation	Prix unitaire	Quantité	Montant (DA)
Groupe électrogène	580000.00	1	580000.00
Motopompe	56000.00	1	56000.00
Installation du système	13000.00	1	13000.00
Coude 90°	150.00	3	450.00
Robinet d'arrêt	520.00	2	1040.00
Réservoir	100000.00	1	100000.00
Accessoires	8000.00	1	8000.00
Coûts de la maintenance	4000.00	40	160000.00
Consommation moyenne du carburant (21 L/j)	45.00	153300	6898500.00
total			7816990.00

Tableau4.4: Cout d'investissement du système de pompage avec la motopompe électrogène.

4.5 Résultats comparatif:

4.5.1 Etudes comparatives entre les trois systèmes:

Les coefficients de Comparaisons	Système photovoltaïque	Réseau Sonal gaz	Groupe électrogène
Amortissement	37198.66	247753.04	39333.3/3
Exploitation	0	0	345065
Coût global (DA)	$794400.00 \times 300.8 = 238955520$	195519329.00	$7816990 \times 300.8 = 2351350592.00$

Tableau4.5 : la Résultats de comparaison entre les trois systèmes de pompage.

❖ **Note:** Nous avons multiplié par 300.8 car réseau Sonalgaz fournit l'électricité a tout la région agricole sabaine c'est a dire a1504 hectare, mais notre étude a système pompage photovoltaïque et groupe électrogène était de seulement a 5hectares.

4.6 Algorithme principal

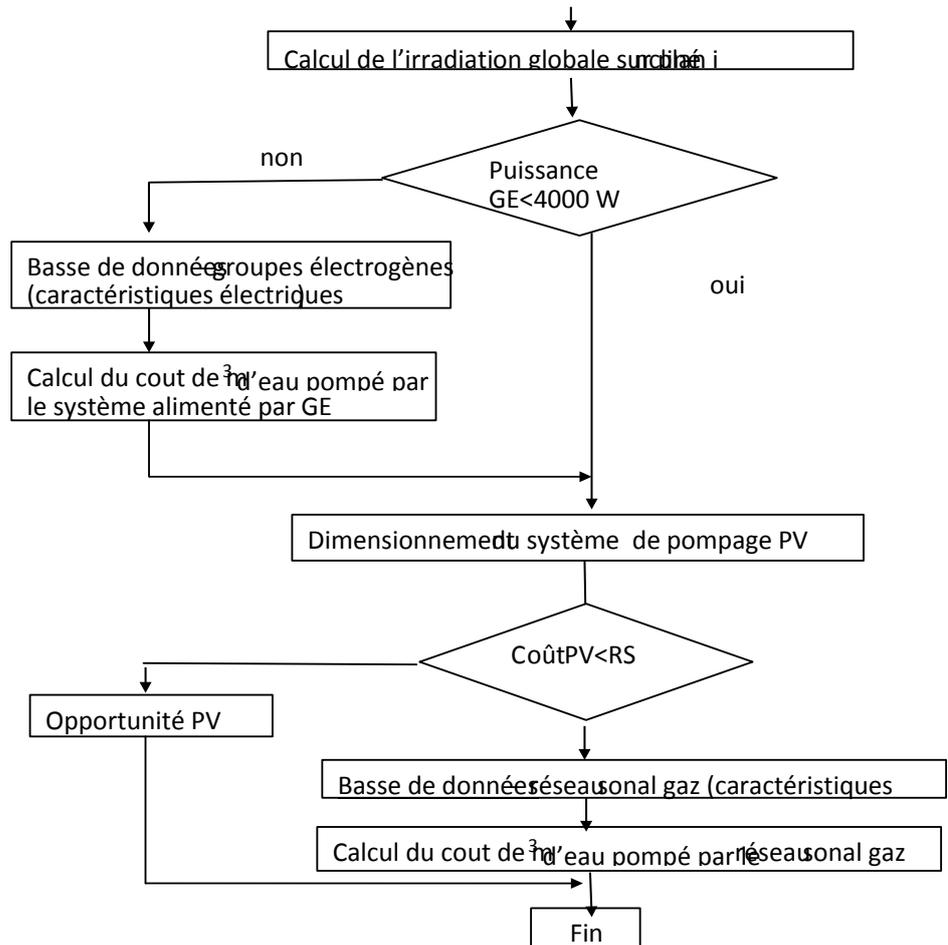
Un algorithme général pour la détermination du coût du mètre cube d'eau pompé par les trois systèmes de pompage étudiés a été élaboré et développé. Vu la taille des groupes électrogènes, nous considérons que pour des puissances inférieures à

4000 Watts, l'option énergie solaire est automatiquement retenue (effet d'échelle).

Par contre si la puissance requise est supérieure à 4000 Watts, l'option utilisation d'un groupe électrogène sera retenue avec l'évaluation du coût du m³ d'eau puisée par ce système conventionnel. Si non le cout PV inférieur groupe électrogène

, l'option utilisation le réseau Sonelgaz .L'organigramme de cet algorithme de comparaison est constitué principalement de différent blocs et schématisé dans la figure suivant

- Entrées des données (caractéristique de puits...)
- Utilisation des différentes base de données élaborées
- Blocs de calcul pour la déterminations de certains paramètres(énergie, irradiation , Coûts...)



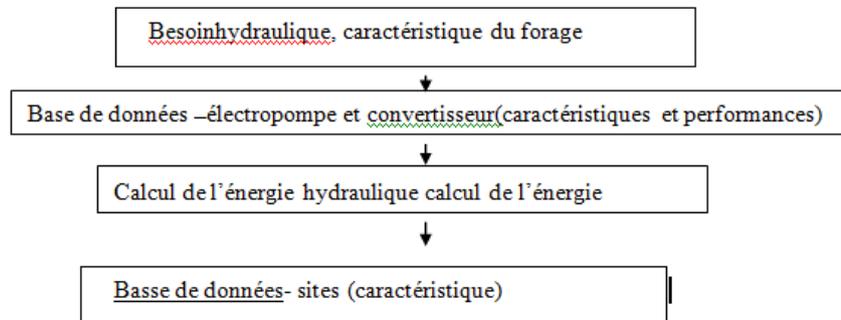


Figure4.4 : algorithme principale

4.7 Conclusion:

Nous concluons que le système de pompage photovoltaïque représente la solution économique la plus fiable dans le domaine énergétique pour les sites éloignés comme le site sabain.

CONCLUSION GENERALE

La demande mondiale en énergie évolue rapidement et les ressources naturelles de l'énergie telles que l'uranium, le gaz et le pétrole diminuent en raison d'une grande divulsion et développement de l'industrie ces dernières années .Pour couvrir Les besoins en énergie, des recherches sont conduits à l'énergie renouvelable. Une des énergies renouvelables qui peut honorer la demande est l'énergie solaire photovoltaïque, c'est une énergie propre, silencieuse, disponible et gratuite.

La problématique qui se pose était sur le cout d'un système de pompage d'eau surtout dans le domaine d'agriculture à cause de la grande consommation de l'électricité, l'éloigne de réseau sonel gaz et aussi le cout de consommation par la pompe à les surfaces d'agriculture, on utilise l'énergie conventionnelle par groupe électrogène. Mais cette énergie présente plusieurs contraintes, comme le transport du combustible et les entretiens périodiques pour les moteurs diesels.

Dans Ce présent travail, nous avons réalisé étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque dans le site sabaain.

On décomposé ce travail à quatre chapitres, Le premier chapitre était tourné des notions fondamentales de l'énergie solaire et les phénomènes de rayonnement solaire et les techniques d'évaluation des irradiations Journalières sur le site partant d'une base de données météorologiques. A cet effet, nous avons constaté que Wilaya d' Adrar possède un gisement solaire important, elle est classée parmi les zones les plus privilégiées pour les applications des systèmes solaires.et par suite Nous avons présenté les type et les caractéristique des panneaux photovoltaïque et ses principe de fonctionnement.

Le deuxième chapitre était sur le système de pompage solaire nous présentons des notions générale de ce système, les types des pompes solaires, les composants, les types du système de pompage ils sont de deux types:

système de pompage avec batterie et système de pompage au fil du soleil (qui nous avons choisi)

En troisième chapitre , nous avons entamé les techniques de dimensionnement de système de pompage PV au fil du soleil, il est basé sur le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque, mais avant en utilisant logiciel 'le Lab' pour le choix de la pompe et le choix du contrôleur a un besoin d'eau avec un hauteur manométrique total . A la dernière chapitre dans ce travail, nous fait une étude technique et économique comparative entre

des résultats d'un système étudié par groupe électrogène et autre par Sonel gaz et le système de pompage PV.

Enfin, On concluons que l'utilisation d'un système de pompage solaire dans les régions d'agricultures dans les site isolée (ex: sabaine) représente la solution le plus idéale de deux parts plus importants qui sont technique et économique à cause de la possibilité d'utilisation (gisement solaire de site sabaine), la durée de production de l'énergie (10 heures) , la facilité de transporter les composants de ce système et le cout de ce système qui est en diminution à chaque année malgré que les résultats restent valables uniquement dans le cas de la politique de subvention sur l'électricité.

La région de sabaine ,dont les habitants souffrent depuis de nombreuses années de l'absence de réseaux électrique ,car c'est une région isolée, et abandonnée par de nombreux agriculteurs. Nous pouvons la récupérer et exploiter ses terres fertiles et ses nappes phréatiques et obtenir des récoltes abondantes au moindre cout en utilisant l'énergie solaire.

Bibliographie

- [1] Anne Labouret.MichelVolloz, Énergie solaire photovoltaïque, 2^o édition, DUNOD, Paris, 2003,2005, pp01.
- [2] : DEGLA Mohammed larbi-BEN AHMED Bachir, « Dimensionnement d'un Système de Pompage Photovoltaïque », Mémoire de master 2017, Université kasdiMerbah Ouargla.
- [3] : OUDRANE Abdellatif, contribution à la modélisation et au développement des système de chauffage solaire à usage individuel, thèse pour l'obtention du titre de doctorat es-science en génie mécanique, école nationale polytechnique d'ORAN – Maurice audin ,2017- 2018, pp 21.
- [4] : Gisement solaire, <http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/6837/1/Analyse-despertes-thermiques.pdf> (29/10/2017).
- [5] : A. Ricaud, Gisement solaire et transferts énergétiques Energies Renouvelables, Université de Cergy Pontoise, 2011.
- [6] : J. Bahraoui-Buret, M.N. Bargach, Iereetimation du gisement solaire marocain à partir des mesures au sol, 1995.
- [7] : J. Bahraoui-Buret Etude du Rayonnement solarire a Rabot A. Khtira, revue internationale d'heliotechnique, pp.207–21, 1984.
- [8] : EQUIPE GISEMENT SOLAIRE /DIVISION PHOTOVOLTAIQUE, «<la chaine de mesure énergétique>>, Unité de Recherche en Energies Renouvelable Milieu Saharien [URER-MS], Adrar 2011.
- [9] : Cooper 1969.
- [10] : H. Maamar, Etude et Effet de l'Orientation de deux Pièces d'un Habitat en Pierre Situé à Ghardaïa, thèse de magister de l'université Abou-BakrBelkaïd – Tlemcen, 2011. [11] : K. Kerkouche, Evaluation de l'irradiation solaire globale sur une surface inclinée selon différents modèles pour le site de Bouzaréah, Revue des Energies Renouvelables vol. 16N°2, 2013, pp.269-284.
- [12] : A. Oudrane ,B.Zeghmati,X.chesneau and B.Aour,Modeling the radiate and energy balance of a building located in the Adrar region , Recueil de Mecanique Vol.1,n°002,2016,pp.079-087.
- [13] : B. Zitani, Etude et Modélisation du Comportement en Régime Transitoire d'un Capteur Solaire Plan, thèse de magistère, université Badji Mokhtar–Annaba, 2007. [14]

- : Equipe potentiel solaire, Unité de Recherche en Energies Renouvelable Milieu Saharien [URER-MS], Adrar.
- [15] : Ch. Ngo, L'énergie ressources technologies et environnement, 3ème édition, Dunod, Paris, 2008.
- [16] : J. Bernard, Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing, 2004.
- [17] : B. Flèche, D. Delagnes, « Energie solaire photovoltaïque », juin 07, STI ELT Approche générale.
- [18] : Prof Jean-Marie Tarascon Le photovoltaïque: Principes et filières inorganiques, organiques, hybrides 2 Mars 2011.
- [19] : Mr. Bessoltane Ismail et Mr. Hamit Issaka Doudoua , étude technico-économique de système de pompage photovoltaïque, en comparaison aux autres productions d'eau, cas de la région de Mostaganem , mémoire présente pour obtenir le diplôme de master en génie électrique , Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 2018-2019 ,page 10.
- [20] : BENCHERRAT Abdennebi ,étude de transfert des films minces de silicium monocristallin dans la réalisation de cellule solaire à faible budget thermique, mémoire de master , université Abou-BeKkr BELKAID –Tlemcen- , 2011_2012 ,pp 11,12,13.
- [21] : Mohamed lakhdarlouazene, Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla, Mémoire de magister pour obtenir le titre de magister en électrotechnique, Université el hadj lakhdar – Batna, 2008, pp35.
- [22] : C.SERIR, «optimisation des systèmes de pompage photovoltaïque», Ingénieur d'Etat en Electromécanique ; Université Bejaia, 2011/2012.
- [23] : STI ELT ELECTROTECHNIQUE Approche générale-Scribd-PDF.
- [24] : Connaissances-de-base-en-pompes-volumétrique_ french, machines a fluide hydrauliques pompes volumétriques.
- [25] : Yousfi Fatiha,étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque appliquée à un site saharien (région d'Adrar),mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master en physique énergétique,université d'Adrar, 2017 /2018, pp 32.
- [26] : POMPES MOTORISEES/PRESENTATION GENERALE, l'équipe technique du ReFEA.

- [27] : IEPF/Universite d'Ottawa/EIER/CREPAManuel de cours a l'intention des ingenieursetdes techniciens par Jimmy Royer Thomas Djiako, Eric Schiller, BocarSadaSy.sousladirectiondeEric Schiller, le pompage photovoltaïque.
- [28] : M.S. Aït Cheikh et al. « Maximum power point trackingusing a fuzzylogiccontrolscheme », Laboratoire des Dispositifs de Communication et de ConversionPhotovoltaïque Département d'Electronique, Ecole Nationale Polytechnique, Algérie, 2007.
- [29] : Rev. Energ. Ren. : Valorisation (1999) 101-104. L'Energie Solaire et les Régions Sahariennes - Exemple de la Region d'Adrar -B.Bouzidi, Laboratoire d'Energie Photovoltaïque, Centre de Développement des Energies Renouvelables. PDF. [30] : BENDAOU BENCHERKI, Etude des performances d'une électrification rurale basée sur des systèmes mini réseaux hybrides de production d'électricité, résumé de mémoire présenté pour obtenir le diplôme de magister, université hassibabenBouali Chleff, 2011, pp2.
- [31] : POMPE A EAU SOLAIRES, Présentation générale-2014.
- [32] :P. Silvestre, 'Fundamentos de Hidráulica General', Limusa, Mexico, 381 p., 1983.
- [33] : Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 19 - 26, Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Bouzaréah, Alger, Faculté de Génie Electrique, U.S.T.H.B., B.P. 32, El-Alia, Bab-Ezzouar, Alger, pp 21.
- [34]:'Handbook on Solar Water Pumping'', Intermediate Technology Power & Partners, Reading, 124 p., 1984.
- [35]:C. Mataix, 'Mecánica de Fluidos y Maquinashidraulicas'', Castillo, Madrid, 582 p., 1970.
- [36]: B.Chabot From cost to prices: « Economic analysis of PV energy and services progress in photovoltaic's research and applications », Vol 6.P55-68 (1998).
- [37]: B. Bouzidi, « Analyse de la faisabilité et la rentabilité économique de systèmes de pompage d'eau par énergie solaire photovoltaïque », mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger
- [38] : Hicham Bahtoum, étude des différents montages et différents branchement des panneaux solaires, mémoire pour l'obtention du diplôme de master en physique, université L'ARBI REN M'HIDI (OUM EL BOUAGHI), 2014, pp42 ,43.

[39]<http://www.algerie-monde.com/wilayas/adrar>.

[40]www.alliancesoleil.com.

[41]<http://www.djazairess.com>.

[42]<https://www.lelab-42sines.fr>.

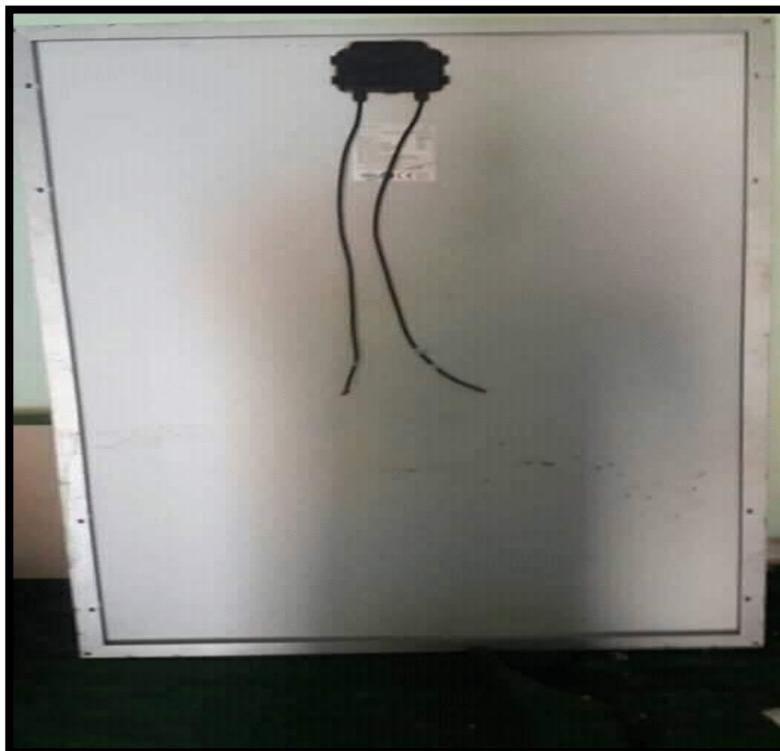
[43]Lorentzpumps.co.za.

[44]Consiel.manomano.fr.www.achatmat.com

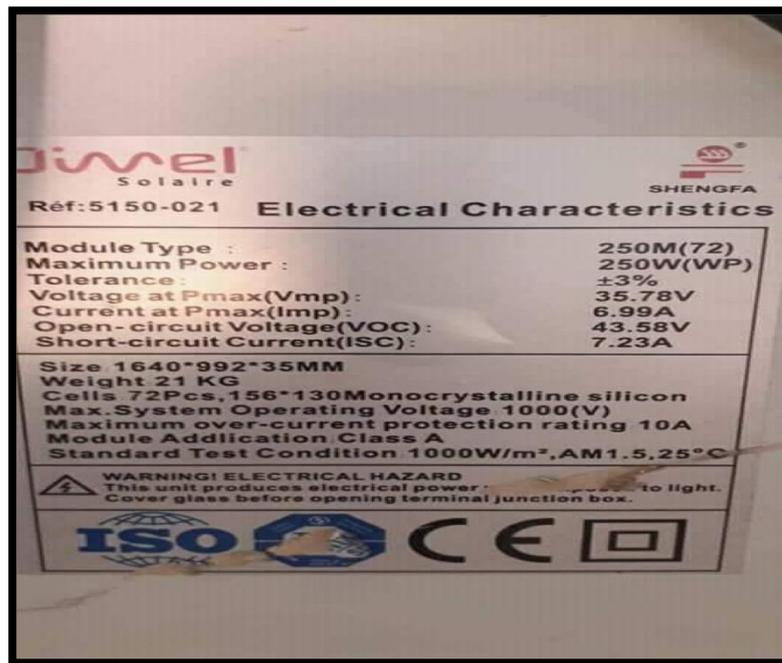
Annexes

Annexe 1: Panneau solaire utilisé

Panneau solaire monocristallin



Derrière le panneau il y a une boîte :



Annexe 2 : Facture de consommation de l'Electricité (période : trimestre)

On sait période contient : 3 mois

Dans ce travail, on prend consommation de client :

100Kwh en jour, donc consommation de trimestre est : $100 \times 90 = 9000$ Kwh

Simulation de la factu...			
Tarif	Difference	Prime fixe	Montant.TT C
M54	9 000 kwh	285,8	57 558,02
Tranches	Prix unitaire	T.V.A	Montant
125	1.7787	9.0 %	242,35
125	4.1789	9.0 %	569,38
750	4.8120	19.0 %	4 294,71
8 000	5.4796	19.0 %	52 165,79

Contribution: - 31 494,25
 T.Habitation: 75.00 Droit fixe: 100.00
 Montant: 26 238,77 Timbre: 263.00
A payer en espèce: 26 501,77 DZD

Annexe 03 : la pompe de LORENTZ ps₂ 4000c-sj8 15et onduleur Lorentz ps₂ 4000 Controller



PS2-4000 C-SJ8-15

Système de pompe solaire immergée pour puits 4"

Gamme de systèmes

Chute	max. 80 m
Débit	max. 13 m ³ /h

Données techniques

Contrôleur PS2-4000

- Commande et surveillance
- Entrées de commande pour protection contre le fonctionnement à sec, commande à distance, etc.
- Protection contre inversion de polarité, surcharge et surchauffe
- MPPT (Maximum Power Point Tracking) intégré

Puissance	max. 4,0 kW
Tension d'entrée	max. 375 V
Optimal Vmp**	> 238 V
Intensité du moteur	max. 14 A
Efficacité	max. 98 %
Temp. ambiante	-10...50 °C
Classe de protection	IP68

Moteur ECDRIVE 4000-C

- Entretien minimal, moteur DC sans balais
- Rempli d'eau
- Matériel de haute qualité, acier inoxydable: AISI 304/316
- Moteur sans électronique à l'intérieur

Puissance nominale	4,0 kW
Efficacité	max. 92 %
Vitesse du moteur	900...3 300 rpm
Classe d'isolation	F
Classe de protection	IP68
Submersion	max. 150 m

Extrémité de la pompe PE C-SJ8-15

- Clapet anti-retour
- Matériel de haute qualité, acier inoxydable: AISI 304
- En option : protection contre le fonctionnement à sec
- Centrifugal pump




Pompe PU4000 C-SJ8-15 (Moteur, Extrémité de la pompe)

Diamètre de forage	min. 4,0 in
Température de l'eau	max. 50 °C

Normes

 2006/42/EC, 2004/108/EC, 2006/95/EC

IEC/EN 61702:1995

Les logos indiquent les autorisations obtenues pour cette gamme de produits. Les produits sont commandés et livrés selon les autorisations propres aux exigences du marché.
**Vmp: Tension MPP en condition de test standard (STC) : rayonnement solaire 1 000 W/m², température des cellules 25 °C

Annexe 4 : la fiche technique de groupe électrogène

DESCRIPTION TECHNIQUE DU PRODUIT

Groupe électrogène 4 kW moteur HONDA SDMO HX4000

Groupe électrogène Portable Power HX 4000,
équipé d'un moteur HONDA
4.5 kVA
Gamme INTENS
Groupe électrogène Portable Power HX 4000,
équipé d'un moteur HONDA.



Fiche technique

Mis à jour le 04-12-2014

[» Voir la documentation](#)

Le groupe HX 4000 est idéal pour alimenter un marteau piqueur.
Le groupe électrogène HX 4000 appartient à la gamme SDMO® INTENS.

Code prises P1L : 2 prises 230V 10/16A - Disjoncteur.
Conforme à la Directive 2000/14/CE sur les niveaux sonores.
La robustesse, l'endurance et la simplicité requises en cas d'utilisations répétées et de conditions difficiles.

AVANTAGES PRODUIT

Groupe complet garanti 3 ans
Moteur professionnel HONDA
Matériel robuste et performant

Caractéristiques techniques

Puissance : 4000W
Moteur : Honda GX270
Tension : 230V
Puissance acoustique : 95 dB
Niveau sonore à 7 m : 69dB
Autonomie : 2,50 h
Consommation : 2.1 l/h
Réservoir : 5.3 l
Cylindrée : 270 cm³
Huile recommandée : SAE 10W30
2 prises 230V 10/16A disjoncteur
Longueur : 73 cm Largeur:58 cm Hauteur: 49.5 cm
Poids net: 56 kg