

Ministère du l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département d'Hydraulique et Génie Civil

MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Hydraulique

Spécialité : Génie de l'Eau

Thème

**Etude d'un système de pompage photovoltaïque
pour des puits de parcours (cas de la région de
Taïbet - Ouargla)**

Présenté par :

BEN TRIA Mohamed Rafik

Soutenu Publiquement le : 03 /05/ 2017

Devant le jury :

KATEB. S	MCA	UKMO	Président
ZERROUKI. M	MAB	UKMO	Examineur
ZEGAIT. R	MAA	UZAD	Encadreur

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Allah pour m'avoir donné la force pour accomplir ce travail.

*Nous tiens tenons à notifier un remerciement spécial à tous nos professeurs du département de Génie civil et hydraulique qui ont contribué à notre formation de master, en particulier, notre encadreur Mr: **ZEGAIT Rachid**.*

On remercie les membres du jury :

- ❖ *Mr **KATTÉB. S**, maître de conférences à l'U.K.O.*
- ❖ *Mr **ZERROUKI**, maître de conférences à l'U.K.O.*

Qui vont nous faire l'honneur de juger ce modeste travail.

On tient à exprimer nos remerciements à :

- ❖ *Mr **HACHEMI.A**, chercheur permanent à l'hydraulique.*
- ❖ *M^{elle} **BENGEUSSOUM .H**, Archivest.*

Et à tous ceux qu'on aura oubliés nous leur adressons également un grand merci et que dieu vous bénisse tous.



Dédicace

Grace Allah....

Je dédie mon travail à :

*En particulier à mes Parents, mes frères: Oussama,
Souhaïb, mes sœurs et à toute la famille*

BEN TRIA.

A tout mes amis spécialement NOUH, SABER,

MOUSSA.

Mon encadreur Mr: ZEGAIT

Rachid.

*La promotion de 2 éme année master génie de l'eau, sa
présence, ces précieux moments aussi qu'à mon
adorable père.*

*Et enfin je dédie aussi à mes miens, mes confrères et à
Tous ceux ce qui ont contribué de près ou de loin pour
l'aboutissement de ce travail.*

BEN TRIA Med Rafik

Table des matières

Titre	Page
Introduction générale	1
Chapitre I : Les techniques de système photovoltaïque.	
I -1- Introduction.	2
I -2- La ressource solaire.	2
I -3- Gisement solaire.	3
I -4- Le générateur photovoltaïque GPV.	3
I -4-1- principe de fonctionnement.	3
I -5- type de système photovoltaïque.	4
I -5-1- Système autonome.	4
I -5-2- Systèmes hybrides.	5
I -5-3- Systèmes connectés au réseau.	6
I -6- Constitution d'un générateur photovoltaïque.	6
I -6-1- Les cellules solaires.	6
I -6-1-1- Les différents types de cellules solaires (cellules photovoltaïque).	7
a. Les cellules monocristallines.	7
b. Les cellules poly cristallines.	7
c. Les cellules amorphes.	7
I -6-2- Les modules (ou panneaux).	8
I -6-3- Le générateur photovoltaïque.	8
I -6-3-1- Association en série.	8
I -6-3-2- Association en parallèles.	9
I -7- Influence de la température sur le rendement des cellules.	9
I -8- Les types de pose des panneaux photovoltaïques.	9
I -8-1- Panneaux photovoltaïques sur toit incliné.	10
I -8-2- Panneaux photovoltaïques sur toit plat.	11
I -8-3- Panneaux photovoltaïques au sol sur structure.	11
I -8-4- Panneaux photovoltaïques sur suiveur solaire (ou tracker solaire).	11
I -8-5- Panneaux photovoltaïques sur façade.	12
I -8-5- Panneaux photovoltaïques sur structure montée.	12
I -9- Conclusion.	12
Chapitre II : Les techniques de pompage solaire.	
II -1- Introduction.	13
II -2- Définition générale du système de pompage d'eau.	13
II -3- Architecture d'un système PS.	14
II -4- Méthodes de pompage solaire.	14
II -4-1- Pompage « au fil du soleil » (stockage de l'eau).	14
II -4-2- Pompage avec batteries (stockage électrique).	15
II -5- Les composants d'un système de pompage PV.	16
II -5-1- Le générateur photovoltaïque.	17
II -5-2- Le groupe électropompe.	17

II -5-2-1-	Les pompes.	18
II -5-2-1-1-	La pompe centrifuge.	18
II -5-2-1-2-	La pompe volumétrique.	19
II -5-2-2-	Les moteurs électriques.	21
II -5-2-2-1-	Moteur à courant continu avec balais.	21
II -5-2-2-2-	Moteur à courant continu, sans balais (Brushless).	21
II -5-2-2-3-	Moteur à courant alternatif.	22
II -5-3-	L'électronique de commande et de contrôle.	22
II -5-3-1-	Le convertisseur DC/AC (onduleur).	22
II -5-4-	La partie stockage.	23
II -6-	Conclusion.	23
Chapitre III : présentation de la zone d'étude.		
III -1-	Situation géographique.	24
III -2-	Spécification de la région de Ouargla.	24
III -3-	Milieu physique.	25
III -3-1-	Climatologie.	25
III -3-1-1-	Pluviométrie.	25
III -3-1-2-	Températures.	25
III -3-1-3-	Humidité relative de l'air.	26
III -3-1-4-	Vent.	27
III -3-2-	Ressources en eaux souterraines.	27
III -3-2-1-	La nappe phréatique.	27
III -3-2-2-	Le Complexe Terminal (CT).	28
III -3-2-2-1-	La nappe du Mio-Pliocène.	28
III -3-2-2-2-	La nappe du Sénonien.	28
III -3-2-3-	Continental Intercalaire CI.	28
III -4-	Les forages d'eau dans la région.	29
III -5-	zone de Taibet.	30
III -5-1-	Coordonnées et caractéristiques des puits.	31
Chapitre IV: Etude de fusibilité du système de pompage solaire.		
IV -1-	Dimensionnement complet de l'installation.	33
IV -1-1-	Evaluation des besoins en eau.	33
IV -1-1-1-	Calcul le débit moyen journalier.	34
IV -1-1-2-	Calcul le débit max journalier.	34
IV -1-2-	Détermination de l'énergie solaire disponible.	34
IV -1-3-	Dimensionnement et choix de la pompe.	35
IV -1-3-1-	Données de base.	35
IV -1-3-2-1-	Débit.	35
IV -1-3-2-2-	Hauteur manométrique totale.	35
IV -1-3-2-3-	Niveau statique.	36
IV -1-3-2-4-	Niveau dynamique.	36
IV -1-3-2-	Calcul le débit horaire de pompe.	37
IV -1-3-3-	Calcul le diamètre de la conduite de refoulement.	37
IV -1-3-4-	Calcul la vitesse de refoulement.	37
IV -1-3-5-	Dimensionnement le Bassin Abreuvoir.	38

IV -1-3-6-	Calcul Hauteur manométrique totale.	39
IV -1-3-7-	Calcul la hauteur géométrique.	39
IV -1-3-8-	Calcul Perte de charge totale.	39
IV -1-3-9-	Calcul Perte de charge linéaire.	39
IV -1-3-10-	Calcul du coefficient de frottement.	40
IV -1-3-11-	Calcul Perte de charge singulière.	41
IV -1-3-12-	Calcul la puissance de pompe.	41
IV -1-3-13-	Calcul l'énergie quotidienne consommée par la pompe.	42
IV -1-3-14-	Calcul l'énergie électrique quotidienne requise.	42
IV -1-3-15-	Choix de pompe.	42
IV -1-4-	Le choix de l'onduleur.	46
IV -1-5-	Dimensionnement Le générateur photovoltaïque.	47
IV -1-5-1-	Chois type de panneau.	47
IV -1-5-1-1-	Les caractéristiques de panneau.	47
IV -1-5-2-	Calcul la puissance crête du générateur photovoltaïque.	48
IV -1-5-3-	Calcul Nombre total de module.	49
IV -1-5-4-	Calcul Nombre de module en parallèle.	49
IV -1-5-5-	Calcul La surface de générateur photovoltaïque.	49
Chapitre V : Etude économique comparative Photovoltaïque / Electrogène.		
V -1-	Introduction.	50
V -2-	Etude économique comparative Photovoltaïque-Electrogène.	50
V -2-1-	Systèmes de pompage photovoltaïque.	51
V -2-1-1-	Analyse économique des systèmes de pompage photovoltaïque.	51
V -2-1-2-	Méthode du calcul.	52
V -2-1-3-	Calcul de l'investissement initial total.	52
V -2-1-4-	Calcul des coûts sur la durée de vie.	52
V -2-1-5-	Calcul de l'amortissement total.	53
V -2-1-6-	Calcul de l'entretien et de la maintenance annuel total.	57
V -2-2-	Systèmes de pompage par groupe électrogène.	59
V -2-2-1-	Calcul de l'investissement initial total.	59
V -2-2-2-	Calcul de l'amortissement total.	60
V -2-2-3-	Calcul de L'entretien et de la maintenance annuel total.	62
V -2-2-4-	Calcul de l'exploitation annuel total.	63
V -2-3-	Résultats comparatifs.	64
V -3-	Conclusion.	65
	Conclusion générale	66
	Référence Bibliographique.	
	ANNEXES	

Liste des tableaux

N	Titre	Pages
Chapitre I : Les techniques de système photovoltaïque.		
I.1	Rondement d'une cellule solaire.	6
Chapitre III : présentation de la zone d'étude.		
III.1	Spécifications de la région de Ouargla.	24
III.2	Les forages des eaux souterraines présents dans les nappes (CI) et (CT).	29
III.3	Les nombres des forages qui extraits de les nappes (CI) et (CT) et dirigé pour les différentes secteurs.	30
III.4	fiche technique de la commue de « Taïbet ».	30
III.5	Coordonnées et caractéristiques des puits (Drmoum et El-Gabouss).	31
Chapitre IV : Etude de fusibilité du système de pompage solaire.		
IV.1	Dotation en eau.	33
IV.2	Définition des conditions du la région de Ouargla.	34
IV.3	les caractéristiques électriques de l'onduleur.	46
Chapitre V: Etude économique comparative Photovoltaïque / Electrogène.		
V.1	Les estimations des durées de vie des composants.	53
V.2	l'investissement total des accessoires de système de pompage PV.	56
V.3	coût total de l'investissement et de l'amortissement de système de pompage PV	57
V.4	coût total d'entretien annuel de système de pompage PV.	59
V.5	l'investissement total des accessoires de système de pompage par groupe électrogène.	60
V.6	coût total de l'investissement et de l'amortissement de système de pompage par groupe électrogène.	62
V.7	coût total d'entretien annuel de système de pompage par groupe électrogène.	63
V.8	coût total de l'exploitation de système de pompage par groupe électrogène.	64
V.9	Résultats comparatifs entre deux system de pompage Photovoltaïque / Electrogène	65

Liste des Figures

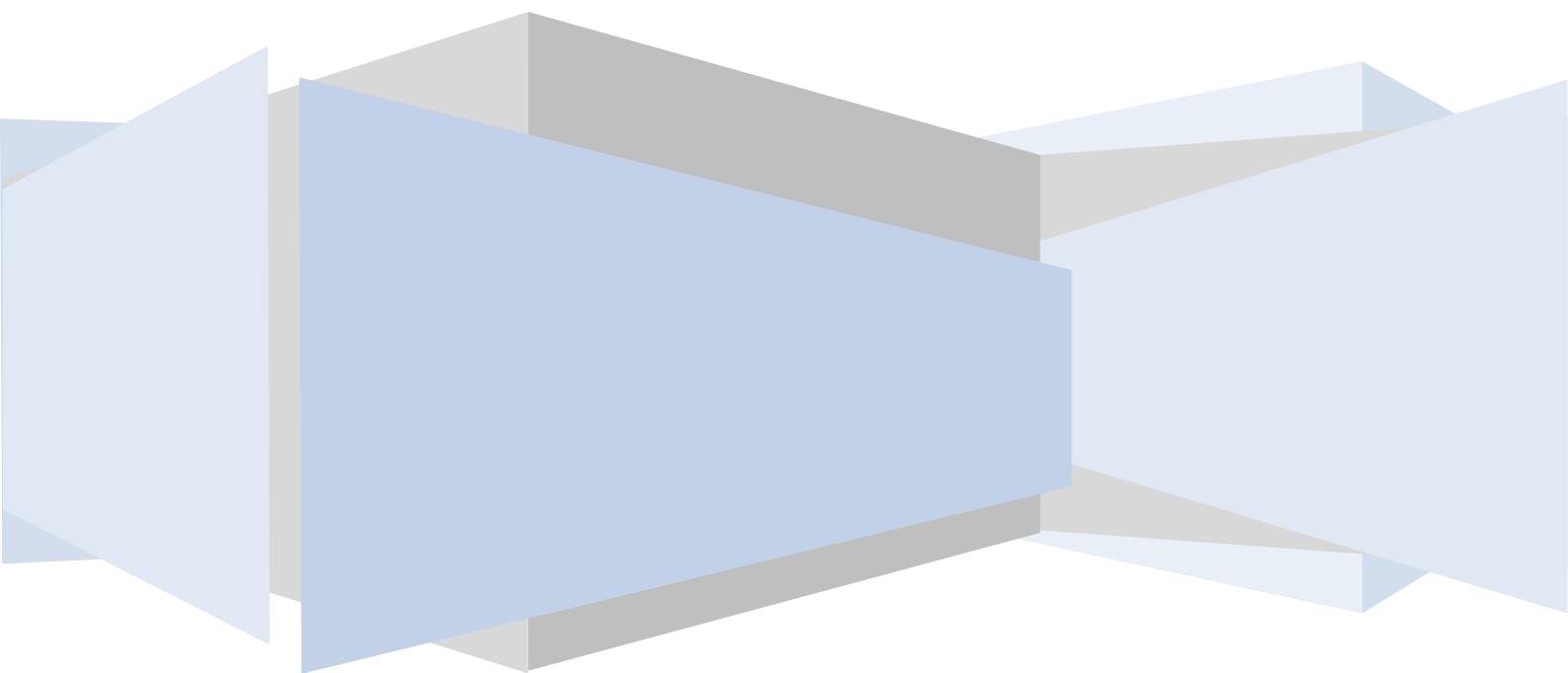
N	Titre	Pages
Chapitre I : Les techniques de système photovoltaïque.		
I.1	Analyse spectrale du rayonnement solaire.	2
I.2	Potentiel d'énergie solaire en Algérie.	3
I.3	Coupe transversale d'une cellule PV.	4
I.4	Schéma descriptif du système autonome.	5
I.5	Schéma descriptif du système hybride.	5
I.6	Schéma descriptif du système connecté au réseau.	6
I.7	cellule monocristalline.	7
I.8	cellule poly cristalline.	7
I.9	cellule amorphe.	7
I.10	cellule identiques en série.	9
I.11	cellule identiques en parallèles.	9
I.12	Effet de la température sur les caractéristiques de cellule.	10
I.13	Panneaux photovoltaïques sur toit incliné de maison.	10
I.14	Panneaux photovoltaïques sur toit incliné de bâtiment résidentiel.	10
I.15	Panneaux photovoltaïques sur toit plat de bâtiment résidentiel.	11
I.16	Panneaux photovoltaïques au sol sur structure.	11
I.17	Panneaux photovoltaïques sur suiveur solaire.	11
I.18	Panneaux photovoltaïques sur façade.	11
I.19	Panneaux photovoltaïques au structure montée.	11
Chapitre II : Les techniques de pompage solaire.		
II.1	système de pompage solaire.	13
II.2	Architecture d'un système PS.	14
II.3	principe de fonctionnement du Pompage « au fil du soleil ».	14
II.4	principe de fonctionnement du Pompage avec batteries.	15
II.5	Caractéristiques du débit pour le pompage au fil du soleil et avec batterie.	15
II.6	Chaîne de composant d'un pompage PV.	16
II.7	Schéma synoptique du système de Pompage PV.	16
II.8	Pompe MONO.	17
II.9	Pompe GRUNDFOS.	17
II.10	Principe de conversion d'une pompe hydraulique.	18
II.11	Schéma d'une pompe centrifuge.	18
II.12	Pompe Centrifuge Avec Vannes Isolement.	18
II.13	Courbes Caractéristiques d'une pompe centrifuge.	19
II.14	pompe volumétrique (rotative).	20
II.15	Pompe Volumétrique à Membrane (Alternative).	20
II.16	courbes Caractéristiques d'une pompe volumétrique.	20
II.17	Moteur à courant continu avec balais au carbone.	21
II.18	Moteur à courant continu, sans balais (Brushless).	21
II.19	Moteur à courant alternatif.	22

II.20	Diagramme du pompage PV par motopompe à AC.	22
II.21	Onduleur (SPA CONDOR ELECTRONIQUE).	23
Chapitre III : présentation de la zone d'étude.		
III.1	Situation géographique de la wilaya de Ouargla avec ses communes.	24
III.2	Précipitations moyennes de la wilaya au (2005-2015).	25
III.3	Températures moyennes mensuelles de la wilaya d'Ouargla (2005-2015).	26
III.4	L'humidité relative de l'air dans la période (2005-2015).	26
III.5	La vitesse du vent moyenne en la période (2005-2015).	27
III.6	Coupe hydrogéologique montre les aquifères du Sahara septentrionale.	28
III.7	une carte montre le système aquifère du Sahara septentrional (les deux principales couches aquifère profonde CT et CI).	29
III.8	Commune de « Taïbet ».	30
III.9	Localisation de « Taïbet ».	31
III.10	Localisation des puits (Drmoum et El-Gabouss) par photo de programme Google Earth.	31
III.11	Puits (Drmoum, Taïbet).	32
III.12	Puits (El-Gabouss, Taïbet).	32
III.13	Ouled Mansour, Hassi Messoud.	32
III.14	Saïf El-Baair, Hassi Messoud.	32
III.15	Bourouba, N'Goussa.	32
III.16	Hassi Jamaa, N'Goussa.	32
Chapitre IV: Etude de fusibilité du système de pompage solaire.		
IV.1	Hauteur manométrique total.	36
IV.2	les Dimensions de bassin Abreuvoir.	38
IV.3	dessin d'encombrement simplifié de SQF 8A-3.	44
IV.4	La photo réelle de la motopompe SQF 8A-3.	45
IV.5	les courbes caractéristiques de SQF 8A-3.	45
IV.6	Panneau solaire type poly cristallines.	47
IV.7	dessin d'encombrement détaillé de panneau photovoltaïque.	48
Chapitre V : Etude économique comparative Photovoltaïque / Electrogène.		
V.1	Les deux sources énergétiques utilisées pour le pompage d'eau.	51
V.2	Organigramme du calcul de l'investissement et de l'amortissement du système PV.	54
V.3	Schéma synoptique de Pompage PV montre tous les composants du système.	55
V.4	Organigramme du calcul d'entretien annuel total du système PV.	58

Liste des abréviations

- CA**: Le Courant Alternatif.
- CI**: continental intercalaire.
- CT**: complexe terminal.
- Ee**: Energie électrique.
- Eh**: Energie hydraulique.
- Hg**: hauteur géométrique.
- HMT**: Hauteur manométrique totale.
- GPV**: générateur photovoltaïque.
- Nd**: niveau dynamique.
- Nm**: nombre total de module photovoltaïque.
- Nms**: nombre de module photovoltaïque en série.
- Nmp**: nombre de module photovoltaïque en parallèle.
- Ns**: niveau statique.
- Pg**: Puissance du champ photovoltaïque.
- Pm**: puissance du module photovoltaïque.
- PV**: photovoltaïque.
- Qh**: débit horaire de pompe
- Q maxj**: débit **max** journalier.
- Q moyj**: débit moyen journalier.
- Re**: Nombre de Reynolds.
- Rp**: rendement de panneau photovoltaïque.
- Sm**: surface de module photovoltaïque.
- Sg**: surface de générateur photovoltaïque.
- SP**: pompage solaire.
- ΔHL** : Perte de charge linéaire.
- ΔHs** : Perte de charge singulière.
- ΔHt** : pertes de charge totale.
- η_{MP} : rendement du groupe motopompe.
- η_{ond} : rendement d'onduleur.
- ε** : Rugosité absolue.
- λ** : Coefficient de frottement.

Introduction générale



Introduction générale

L'eau et l'énergie sont parmi les plus importants éléments essentiels et indispensables à la vie. La demande croissante de l'énergie et l'épuisement futur inévitable des sources classiques exigent des recherches sur des sources alternatives, comme les énergies renouvelables.

La résolution de problématique de l'eau dans les sites isolés joue un rôle très important dans le développement du parcours et l'irrigation dans le vaste territoire saharien.

En effet l'objectif de ce travail, est l'étude d'un système de pompage photovoltaïque pour des puits de parcours et d'irrigation dans des sites isolés dans la région de Ouargla, où on trouve beaucoup d'endroits isolés non connectés au réseau électrique (classique).

Notre hypothèse basée que cette solution est particulièrement intéressante pour ce type de site. D'autant plus que le territoire national dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde (durée d'insolation peut atteindre les 3900 heures par an sur le Sahara). L'énergie acquise quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5 KWh, soit près de 2263 kWh/m²/an au sud du pays et qui disposent également d'une grande réserve d'eau souterraine à quelques mètres du sol.

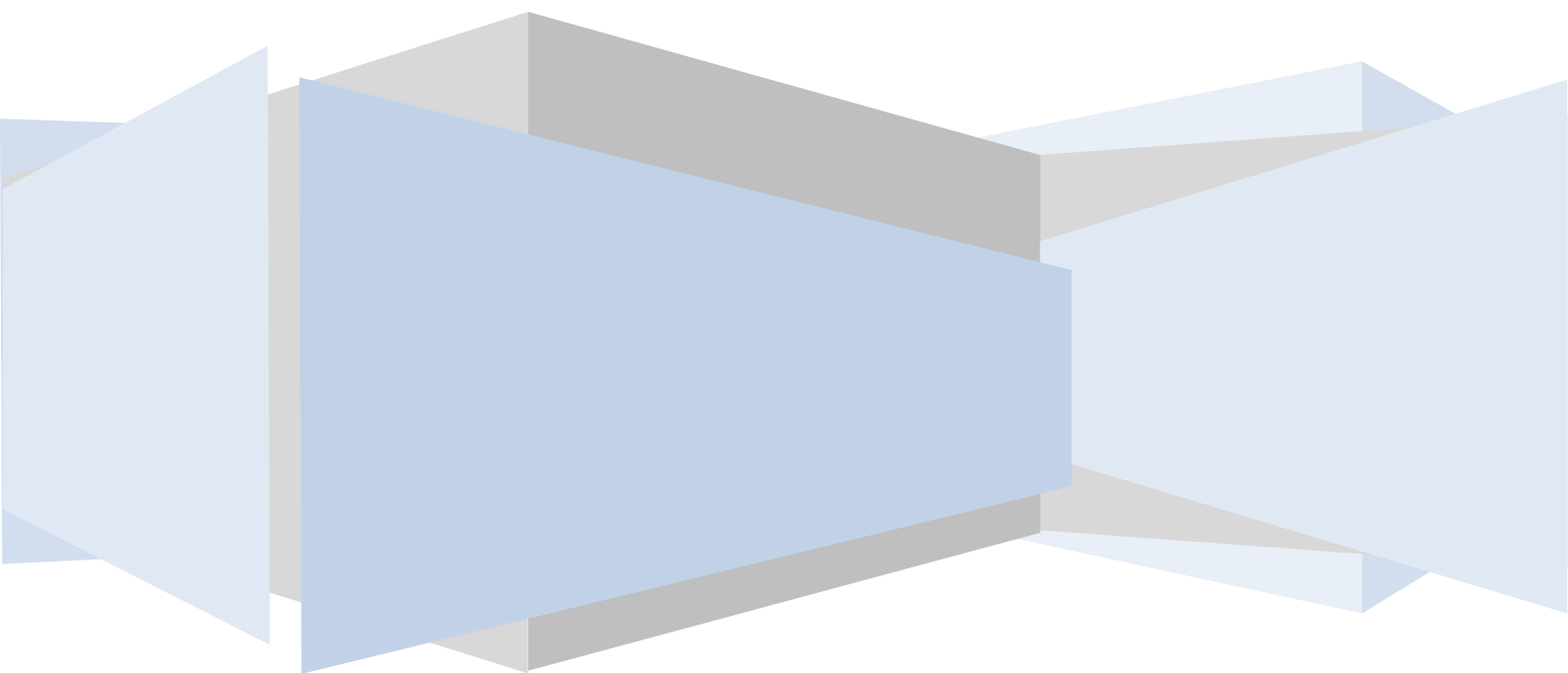
La mobilisation de cette énergie permet aujourd'hui d'apporter une solution valable et durable à l'exhaure en zone aride. En porte témoignage la réussite du Programme Régional Solaire (PRS) de l'Afrique de l'Ouest, dont le bilan s'établit à 630 pompes solaires réalisées dans 9 pays.

Pour ce faire, une partie théorique a été effectuée pour présenter la capacité de l'énergie solaire énorme qui peut produire notre région afin d'établir les techniques de pompage solaire, dans la seconde partie deux puits de parcours sont pris comme des sites expérimentaux (Darmoum et El Gabous) dans la région de Taibet pour une étude de faisabilité de la technique de pompage solaire afin d'élaborer une comparaison avec celle de l'utilisation des groupes électrogènes

Chapitre :

II

Les techniques de système photovoltaïque



Chapitre I : Les techniques de système photovoltaïque.

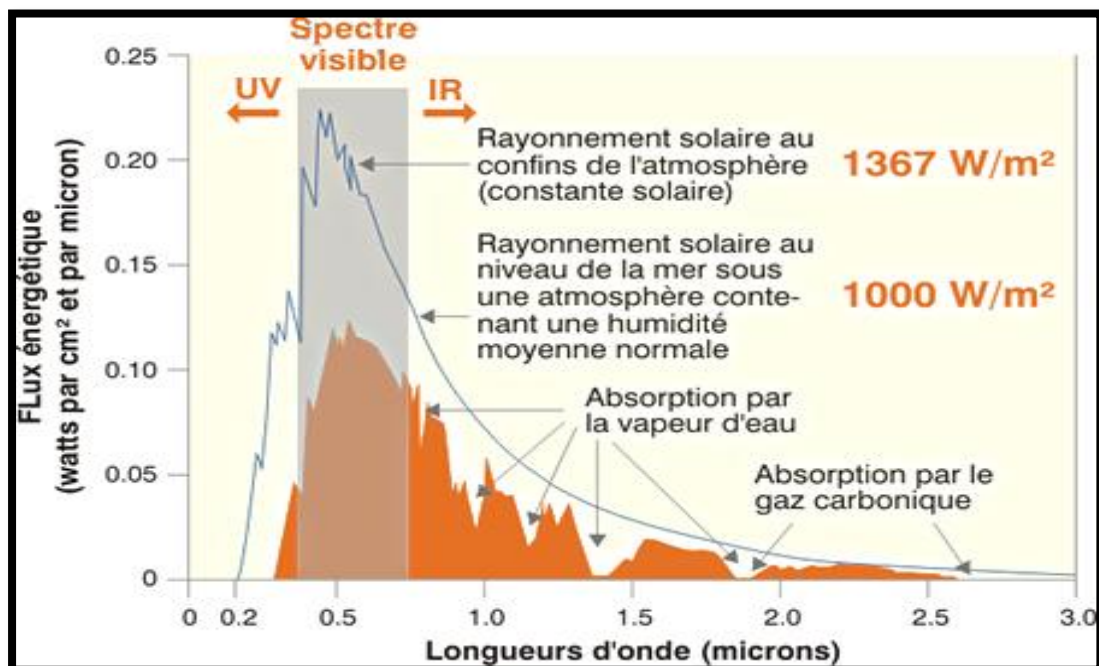
I -1- Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion directe de l'énergie provenant des photons, compris dans le rayonnement solaire, en énergie électrique, par le biais de capteurs fabriqués avec des matériaux sensibles aux longueurs d'ondes du visible (cellules Photovoltaïque PV). L'association de plusieurs cellules PV en série et /ou parallèle donne lieu à un générateur photovoltaïque (GPV). Le présent chapitre consiste à présenter une étude générale sur le système d'énergie solaire photovoltaïque (Les principaux éléments du système photovoltaïque, les différents types des systèmes photovoltaïques...ext) ainsi que son principe de fonctionnement.

I -2- La ressource solaire

Le Soleil émet un rayonnement électromagnétique compris dans une bande de longueur d'onde variant de 0,22 à 10 microns (μm). La Figure I.1 représente la variation de la répartition spectrale énergétique. L'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement ainsi [1]:

- 9% dans la bande des ultraviolets ($<0,4 \mu\text{m}$).
- 47% dans la bande visible ($0,4 \text{ à } 0,8 \mu\text{m}$).
- 44% dans la bande des infrarouges ($>0,8 \mu\text{m}$).



L'atmosphère terrestre reçoit ce rayonnement à une puissance moyenne de 1,37 kilowatt au mètre carré (kW/m²), à plus ou moins 3 %, selon que la terre s'éloigne ou se rapproche du Soleil dans sa rotation autour de celui-ci. L'atmosphère en absorbe toutefois une partie, de sorte que la quantité d'énergie atteignant la surface terrestre dépasse rarement 1,2kW/m² (1200W/m²). La rotation et l'inclinaison de la Terre font également que l'énergie disponible en un point donné varie selon la latitude, l'heure et la saison. Enfin, les nuages, le brouillard, les particules atmosphériques et divers autres phénomènes météorologiques causent des variations horaires et quotidiennes qui tantôt augmentent, tantôt diminuent le rayonnement solaire et le rendent diffus [1].

I -3- Gisement solaire

Par sa situation géographique, l'Algérie dispose l'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5KW/h sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 (KW/h/m²)/an au Nord et 2263 (KWh/m²)/an au Sud, voire carte solaire (figure I.2) [22].

L'étude du gisement est le point de départ de toute investigation. Cette étude est très indispensable dans le domaine de l'énergie solaire afin de simuler le fonctionnement probable du système énergétique de s'assurer de son intérêt et de sa faisabilité.

I -4- Le générateur photovoltaïque GPV

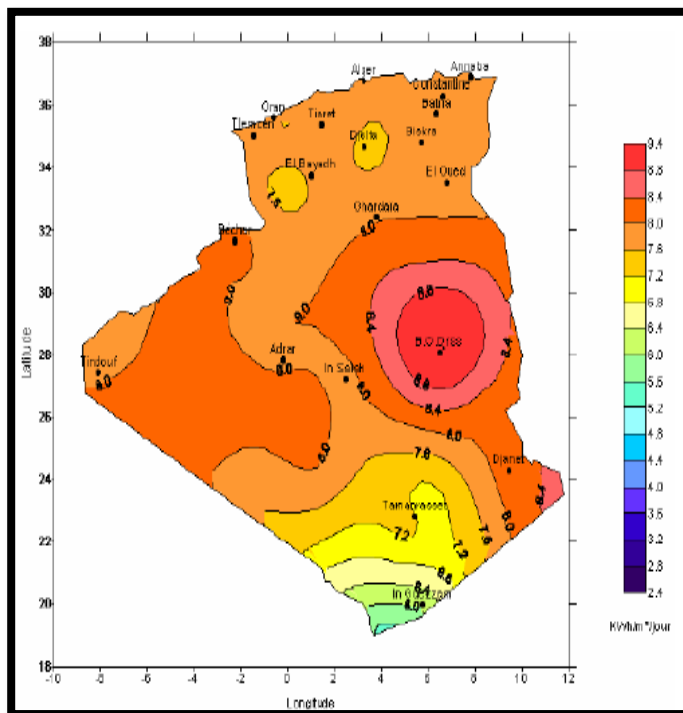


Figure I.2 : Potentiel d'énergie solaire en Algérie [22].

fonctionnement probable du système énergétique de s'assurer de son intérêt et de sa faisabilité.

I -4-1- principe de fonctionnement

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé « effet photovoltaïque ». Cette cellule photovoltaïque (ou photopile) est un composant électronique semi-conducteur en silicium. L'absorption de lumière crée des charges positives et négatives qui sont séparées et collectées par une grille en face avant et un contact en face arrière. Cette transformation directe de la lumière en électricité s'effectue sans pièces mobiles, sans bruit, sans pollution. Le module photovoltaïque est un groupement de cellules connectées entre elles. Il est protégé en face avant par une plaque de verre, et en face arrière par un autre matériau (ou autre plaque de verre). Le tout est installé sur un cadre aluminium anodisé. Le rendement d'une cellule dépend de l'intensité de la lumière, de sa température et de son orientation par rapport au soleil.

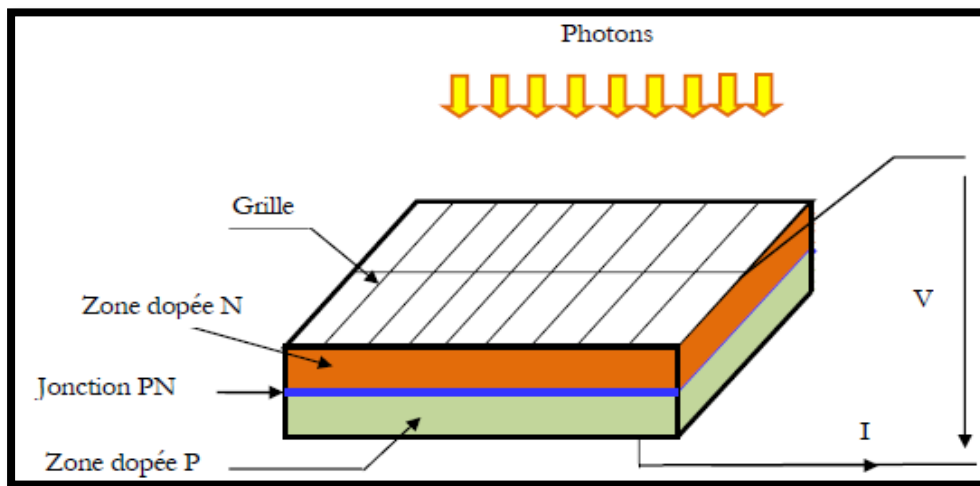


Figure I.3 : Coupe transversale d'une cellule PV.

I -5- Types des systèmes photovoltaïques

Les trois genres des systèmes photovoltaïques que l'on rencontre généralement sont les systèmes autonomes, hybrides et connectés à un réseau. Les deux premiers sont indépendants du service public de distribution d'électricité; on les retrouve souvent dans les régions éloignées [2].

I -5-1- Système autonome

Une installation photovoltaïque autonome est une installation qui produit de l'électricité grâce au soleil, mais qui fonctionne indépendamment du réseau électrique, ils peuvent comporter des accumulateurs qui emmagasinent l'énergie produite par les modules au cours de la journée servant la nuit ou lors des périodes où le rayonnement solaire est

insuffisant. Ces systèmes peuvent également répondre aux besoins d'une application (par exemple, le pompage de l'eau) sans recours aux accumulateurs. En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique.

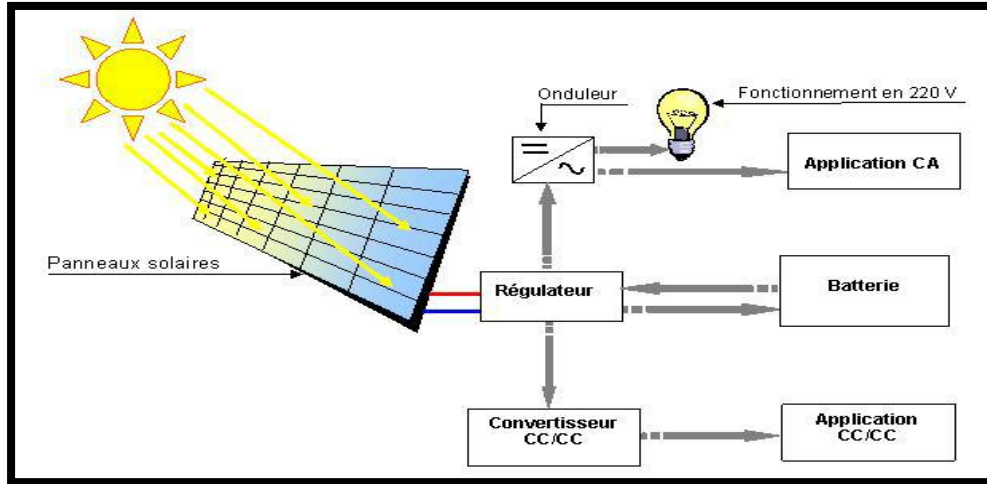


Figure I.4 : Schéma descriptif du système autonome.

I -5-2- Systèmes hybrides

Les systèmes hybrides, qui sont également indépendants des réseaux de distribution d'électricité, sont composés d'un générateur photovoltaïque combiné à une éolienne ou à un groupe électrogène à combustible, ou aux deux à la fois. Un tel système s'avère un bon choix pour les applications qui nécessitent une alimentation continue d'une puissance assez élevée, lorsqu'il n'y a pas assez de lumière solaire à certains moments de l'année, ou si on désire diminuer notre investissement dans les champs de modules photovoltaïques et les batteries d'accumulateurs.

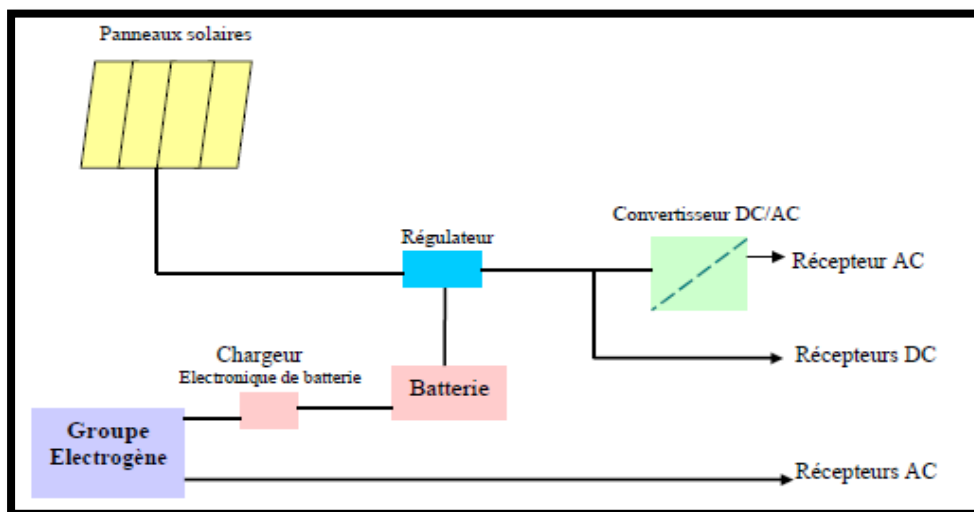


Figure I.5 : Schéma descriptif du système hybride.

I -5-3- Systèmes connectés au réseau

Les systèmes de production d'énergie photovoltaïque connectés à un réseau sont une résultante de la tendance à la décentralisation du réseau électrique. L'énergie est produite plus près des lieux de consommation sans demander de grandes centrales thermiques ou hydroélectriques. Au fil du temps, les systèmes connectés à un réseau réduiront la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission et de distribution. Un système connecté à un réseau produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin; ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie d'accumulateurs. Il est toujours possible d'utiliser ceux-ci pour servir d'alimentation d'appoint lorsqu'es urvient une panne de réseau, mais c'en 'est pas nécessaire.

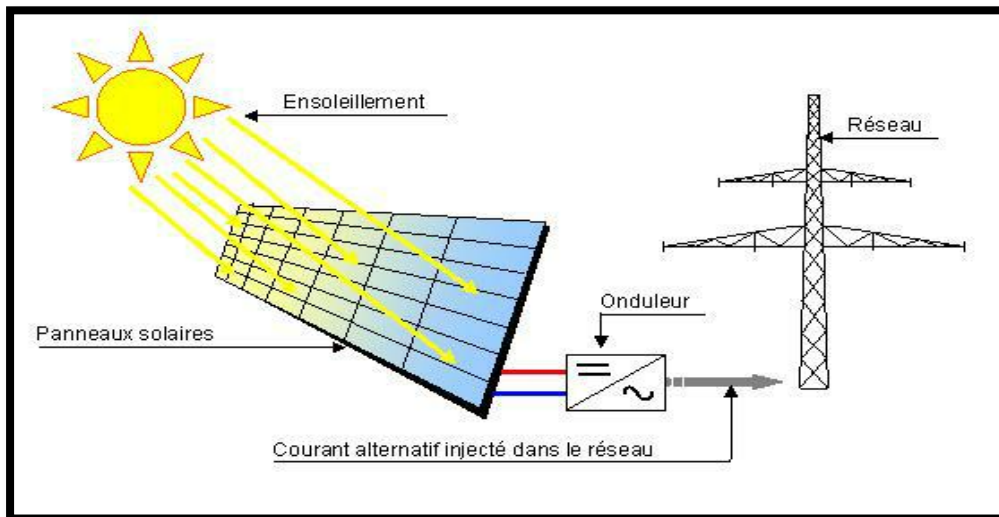


Figure I.6 : Schéma descriptif du système connecté au réseau.

I -6- Constitution d'un générateur photovoltaïque

Le générateur photovoltaïque est composé particulièrement par :

I -6-1 Les cellules solaires

Une cellule solaire photovoltaïque est une plaquette de silicium (semi-conducteur), capable de convertir directement la lumière en électricité. Cet effet est appelé l'effet photovoltaïque. Le courant obtenu est un courant continu et la valeur de la tension obtenue est de l'ordre de 0,5 V.

I -6-1-1- 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, quelque 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 [3] :

a. 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.

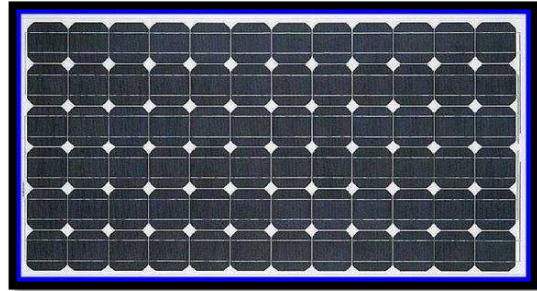


Figure I.7 : cellule monocristalline.

b. 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).

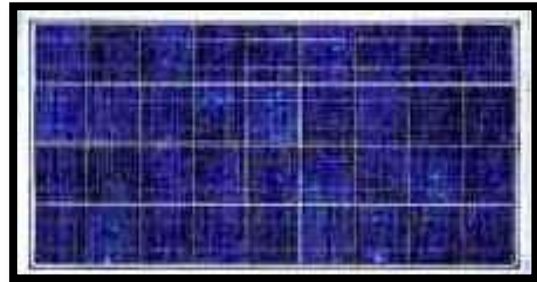


Figure I.8 : cellule poly cristalline.

c. 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.



Figure I.9 : cellule amorphe.

L'avantage de ce dernier type est le fonctionnement avec un éclairage faible (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment).

Tableau I.1 : Rendement d'une cellule solaire.

technologie de cellule	rendement actuel en laboratoire	rendement actuel
m Si monocristallin	24.7 %	12 à 18%
P Si poly cristallin	19.8%	11% à 15%
P Si amorphe	13.0%	5% à 8%

I -6-2- Les modules (ou panneaux)

La cellule individuelle, unité de base d'un system photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W avec une tension de moins d'un volt.

Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. La puissance crête, obtenue sous un éclairage maximal sera proportionnelle à la surface du module. La rigidité de la face avant (vitre) et l'étanchéité sous vide offerte par la face arrière soudée sous vide confèrent à l'ensemble sa durabilité.

I -6-3- Le générateur photovoltaïque

L'interconnexion des modules entre eux, en série ou en parallèle, pour obtenir une puissance plus grande, définit la notion de générateur photovoltaïque. Le générateur photovoltaïque se compose de plusieurs modules et d'un ensemble de composants qui adapte l'électricité produite par les modules aux spécifications des récepteurs.

I -6-3-1- Association en série :

En additionnant des cellules ou des modules identiques en série, le courant de la branche reste le même mais la tension augmente proportionnellement au nombre de cellules (modules) en série (Figure I.10) [1].

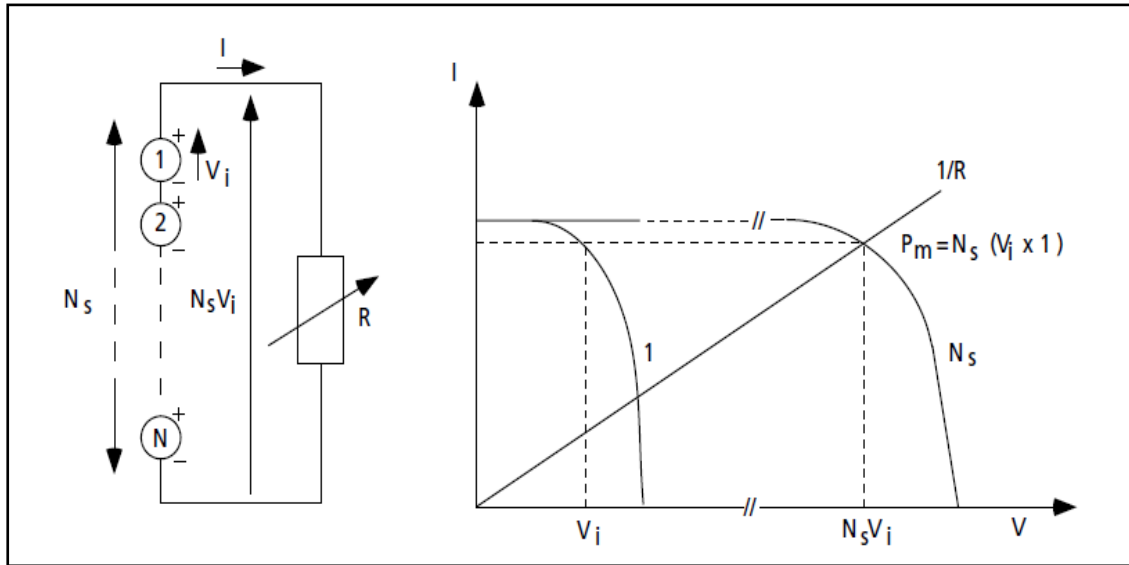


Figure I.10 : Cellules identiques en série.

I -6-3-2- Association en parallèles :

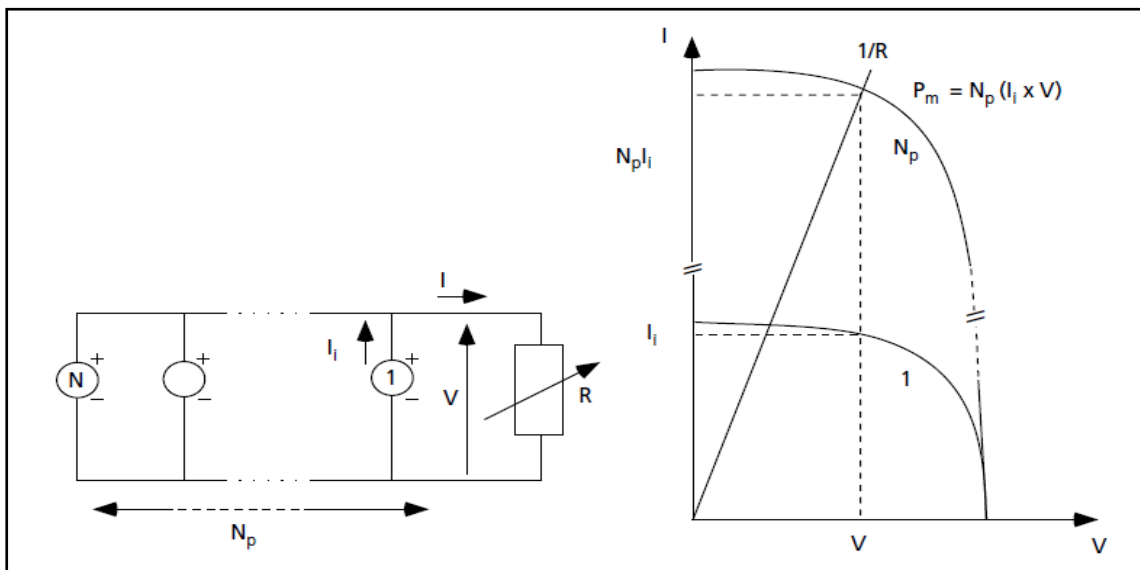


Figure I.11: cellule identiques en parallèles.

I -7- Influence de la température sur le rendement des cellules

La figure I.12 montre clairement que l'augmentation de la température se traduit aussi par une diminution de la puissance maximale disponible [4].

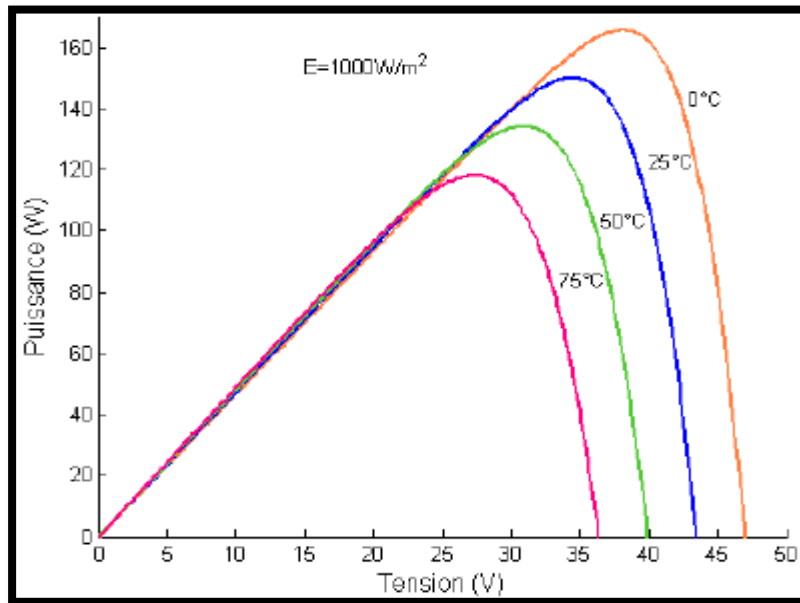


Figure I.12 : Effet de la température sur les caractéristiques de cellule.

I -8- Les types de pose des panneaux photovoltaïques

I -8-1- Panneaux photovoltaïques sur toit incliné

Ce type de montage est le plus courant, le plus simple et le meilleur marché (pas besoin de support, on utilise la toiture). Les panneaux sont fixés à une structure portante métallique solidement ancrée à la charpente [5].



Figure I.13 : Panneaux photovoltaïques sur toit incliné de maison.



Figure I.14 : Panneaux photovoltaïques sur toit incliné de bâtiment résidentiel.

I -8-2- Panneaux photovoltaïques sur toit plat

La fixation des panneaux est généralement réalisée par lestage, dans certain cas (pour limiter la surcharge) il est cependant nécessaire d'ancrer les panneaux à la structure portante de la plateforme [5].



Figure I.15 : Panneaux photovoltaïques sur toit plat de bâtiment résidentiel.

I -8-3- Panneaux photovoltaïques sol sur structure

Ce type de montage permet d'optimiser l'orientation (plein sud) et l'inclinaison (32° par rapport à l'horizontal) des panneaux. Les panneaux sont fixés à une structure portante solidement ancrée à des supports en béton. Ce type de montage nécessite l'obtention d'un permis d'urbanisme [5].



Figure I.16 : Panneaux photovoltaïques au sol sur structure

I -8-4- Panneaux photovoltaïques sur suiveur solaire (ou tracker solaire)

Ce type de montage permet d'optimiser l'orientation et l'inclinaison des panneaux par rapport à la position réelle du soleil. Les panneaux sont fixés à une structure portante qui suit le cheminement du soleil afin de capter un maximum d'énergie. Ce type de montage nécessite l'obtention d'un permis d'urbanisme [5].



Figure I.17 : Panneaux photovoltaïques sur suiveur solaire.

I -8-5- Panneaux photovoltaïques sur façade

Ce type de montage permet d'utiliser les panneaux photovoltaïques en pare-soleil ou en intégration au bâti (BIPV pour Building Integrated Photovoltaic). Les panneaux sont fixés à une structure portante solidement ancrée à la structure du bâtiment. Ce type de montage nécessite l'obtention d'un permis d'urbanisme [5].



Figure I.18 : Panneaux photovoltaïques sur façade.

I -8-6- Panneaux photovoltaïques sur structure montée

Ce type de montage est le plus utilisé dans les zones désertiques particulièrement les sites isolés, Parce que ce type protège les panneaux solaires du risque le plus important « Le risque de vol de panneaux solaires ». (Pour connaître tout les détails voir Annexe 1).



Figure I.19 : Panneaux photovoltaïques sur structure montée.

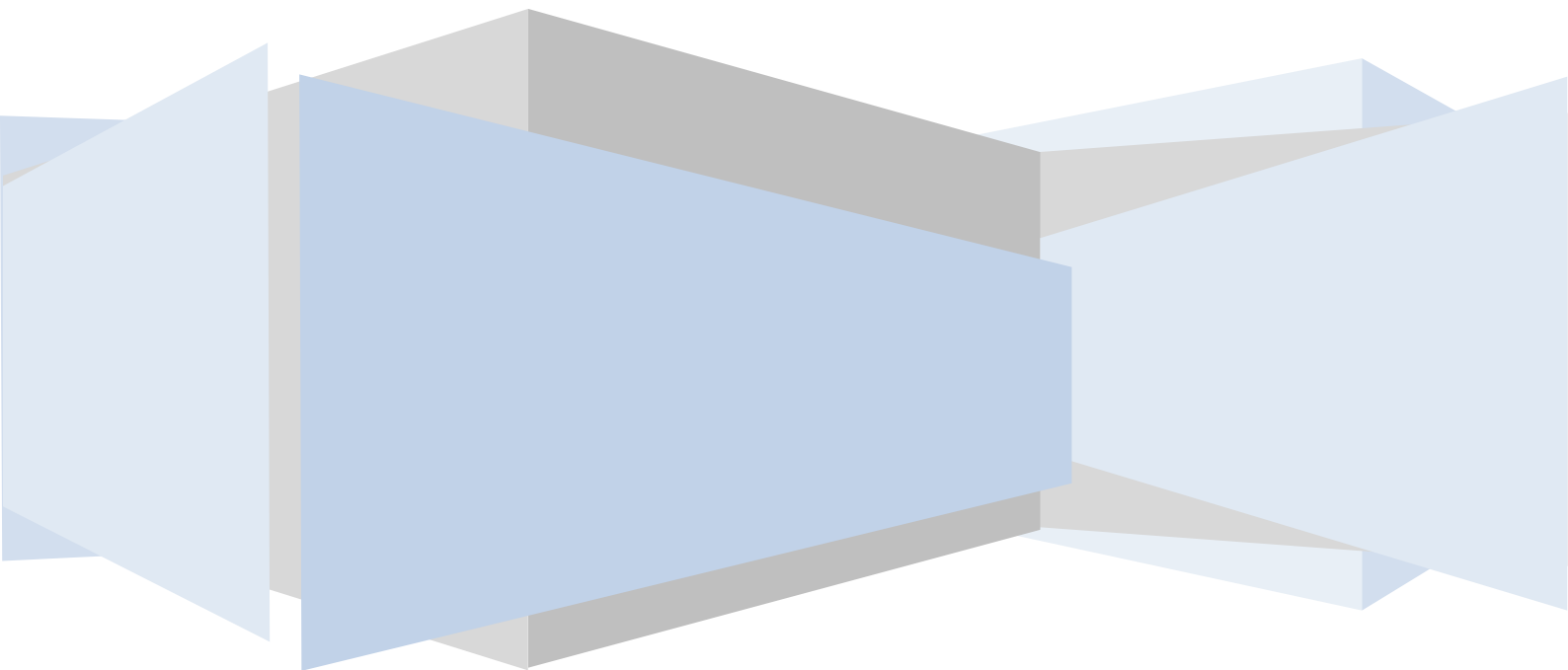
I -9- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini les différentes composantes du rayonnement solaire qui interviennent dans le rayonnement global. suite, par les différentes Types des systèmes photovoltaïques, une étude de base sur l'énergie photovoltaïque et leur composant, a été présentée afin de déterminer les paramètres essentiels contribuant à l'estimation des énergies captées par les cellules photovoltaïques (PV) pour la fonction des systèmes de pompage d'eau. En fin nous avons défini les différents types de pose des panneaux photovoltaïques.

Chapitre :

III

Les techniques de pompage solaire



Chapitre II: Les techniques de pompage solaire.

II -1- Introduction

Dans nos jours, la demande d'eau est de plus en plus très importante, en particulier dans les zones rurales et les sites isolés où l'accès à l'énergie classique est difficile voir pratiquement impossible. Ce phénomène a fait qu'un intérêt grandissant est porté sur l'utilisation des générateurs photovoltaïques comme nouvelle source d'énergie. La réalisation d'un système de pompage photovoltaïque autonome, fiable et à bon rendement, constitue une solution pratique et économique au problème du manque d'eau, en particulier, dans les régions désertiques. En effet, un système photovoltaïque devient intéressant lorsqu'il est facile à installer, avec une autonomie acceptable et une excellente fiabilité de service.

II -2- Définition générale du système de pompage d'eau

La différence entre un système de pompage solaire et un système de pompage classique est l'utilisation de panneaux photovoltaïques, d'un convertisseur et d'une pompe adéquate (Figure II.1). Les pompes utilisées peuvent être de surfaces ou immergées, centrifuges ou volumétriques selon la condition d'utilisation.

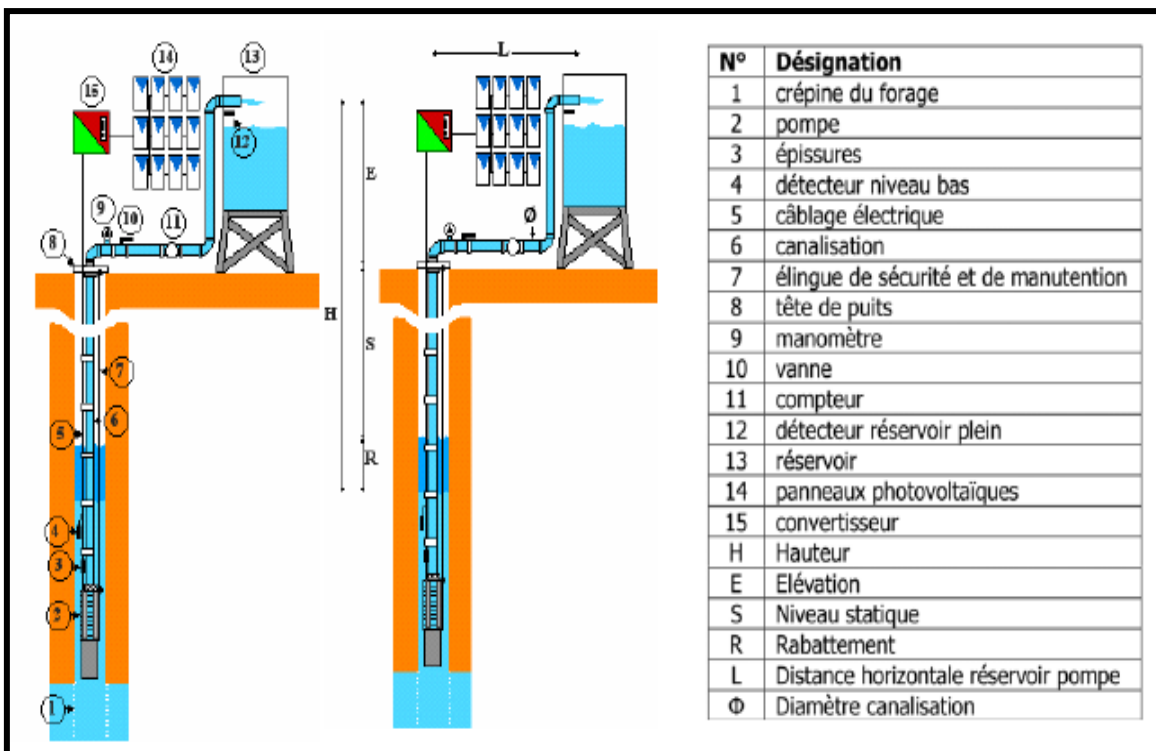


Figure II.1 : système de pompage solaire.

II -3 Diagramme d'un système PS



Figure II.2 : Diagramme d'un système PS [6].

II -4- Méthodes de pompage solaire

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

La deuxième méthode consiste à utiliser un stockage de l'énergie, cette fois-ci, via des batteries. L'énergie stockée la journée peut être utilisée plus tard pour pomper l'eau [7].

II -4-1- Pompage « au fil du soleil » (stockage de l'eau)

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

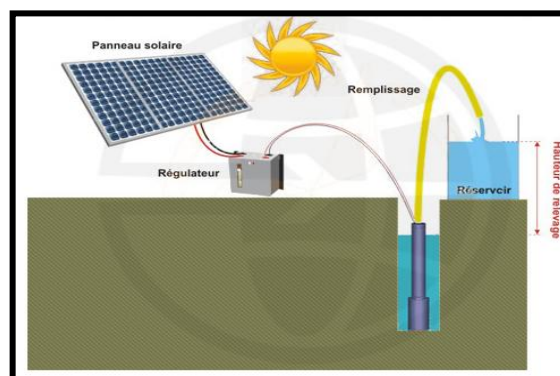


Figure II.3 : principe de fonctionnement du Pompage « au fil du soleil ».

II -4-2- Pompage avec batteries (stockage électrique)

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

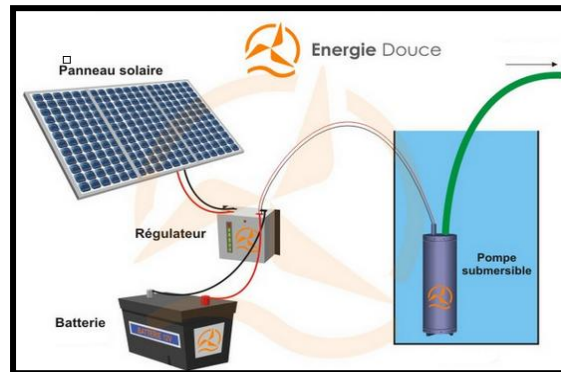


Figure II.4 : principe de fonctionnement du Pompage avec batteries.

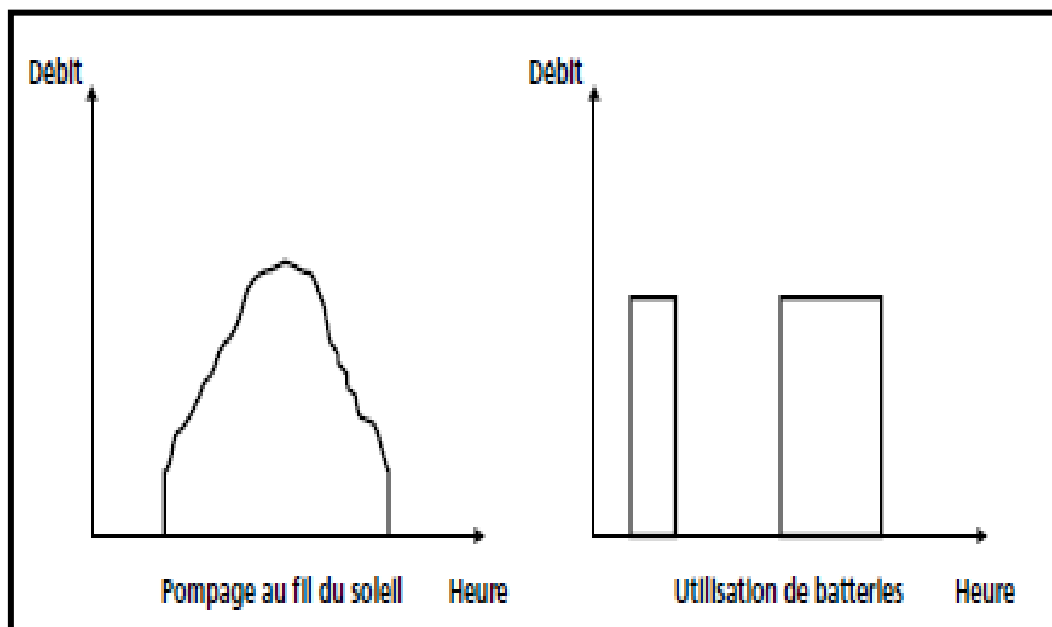


Figure II.5: Caractéristiques du débit pour le pompage au fil du soleil et avec batterie [1].

II -5- Les composants d'un système de pompage PV

Un système de pompage solaire est généralement constitué de [8]:

- le générateur photovoltaïque.
- l'électronique de commande et de contrôle.
- le groupe électropompe.
- la partie stockage.

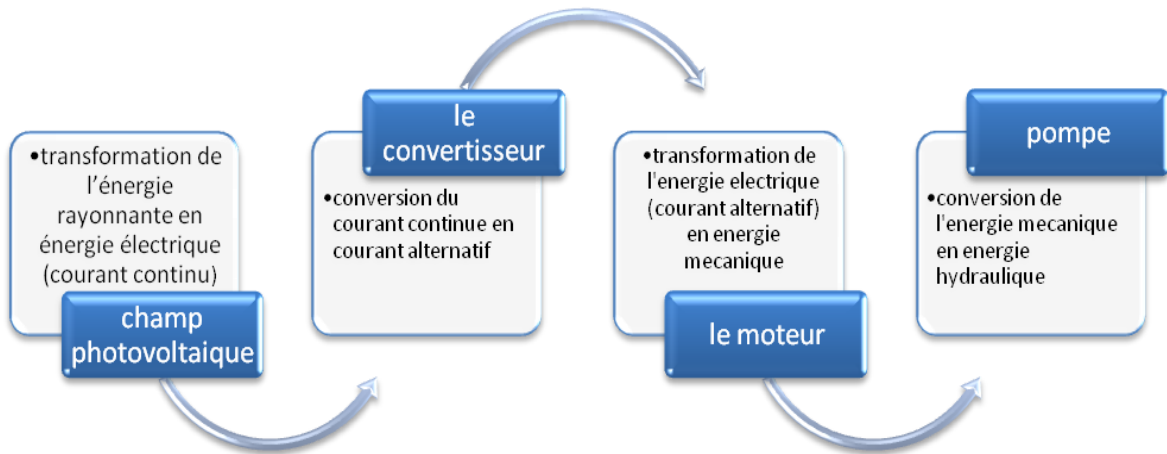


Figure II.6 : chaîne de composant d'un pompage PV.

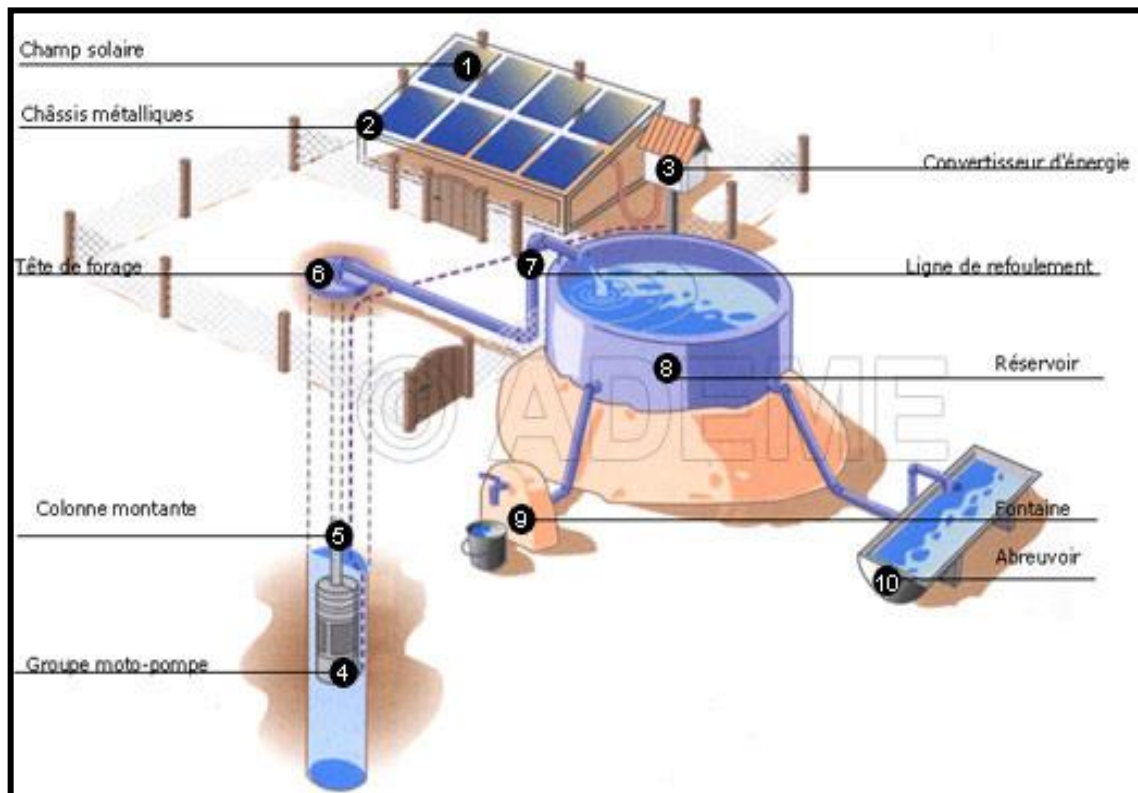


Figure II.7: Schéma synoptique du système de Pompage PV.

II -5-1- Le générateur photovoltaïque

Pour obtenir des puissances supérieures, il est nécessaire d'associer en série et en parallèle plusieurs modules. Dans certaines applications, il est possible d'utiliser un ou plusieurs modules de quelques dizaines de cellules. Pour des utilisations plus importantes, les générateurs PV sont groupés dans un champ de plusieurs modules (quelques centaines).

Leur nombre dépend des besoins énergétiques de la pompe et de l'ensoleillement du site. Les panneaux solaires peuvent être inclinés de 10 à 60°. En fonction du type de système de pompage Solaire, le générateur photovoltaïque demande une ou plusieurs branches câblées en série.

Le tout est déterminé par la tension d'entrée maximale et à vide du convertisseur ou onduleur.

II -5-2- Le groupe électropompe

Le groupe électro-pompe est constitué de 2 éléments assemblés en usine :

- ❖ Un moteur.
- ❖ Une pompe en acier inoxydable. Le type de pompe dépend du débit voulu et de la hauteur manométrique.



Figure II.8 : Pompe MONO.



Figure II.9 : Pompes GRUNDFOS.

II -5-2-1- Les pompes

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide. Il existe deux grands types de pompes : les pompes centrifuges et les pompes volumétriques. Ces dernières conviennent pour élever des faibles débits d'eau à des pressions élevées [9].

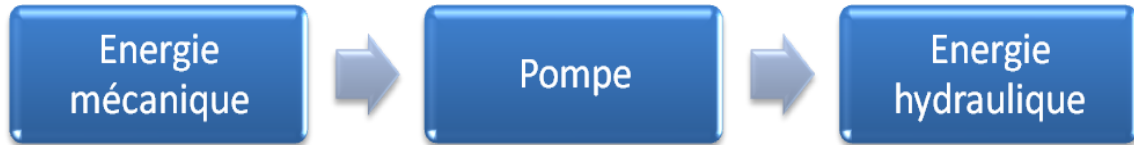


Figure II.10: Principe de conversion d’une pompe hydraulique.

II -5-2-1-1- La pompe centrifuge

La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou à ailettes. L'eau qui rentre au centre de la pompe sera poussée vers l'extérieur et vers le haut grâce à la force centrifuge des aubages.

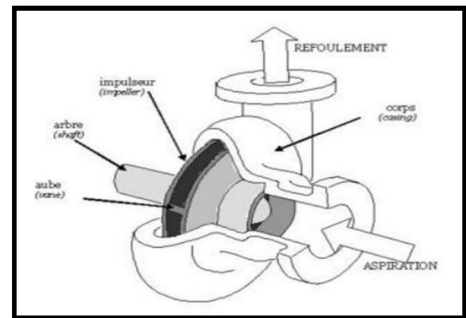


Figure II.11 : schéma d’une pompe centrifuge.



Figure II.12: Pompe Centrifuge Avec Vannes Isolement.

- **Caractéristiques d'une pompe centrifuge**

- ❖ Les pompes centrifuges sont très utilisées pour les applications avec énergie photovoltaïque parce que le couple d'entraînement de la pompe est pratiquement nul au démarrage.
- ❖ La pompe tourne par très faibles ensoleillement, le moteur peut fournir une vitesse de rotation rapide à peu près constante.
- ❖ Utiliser pour des débits importants.

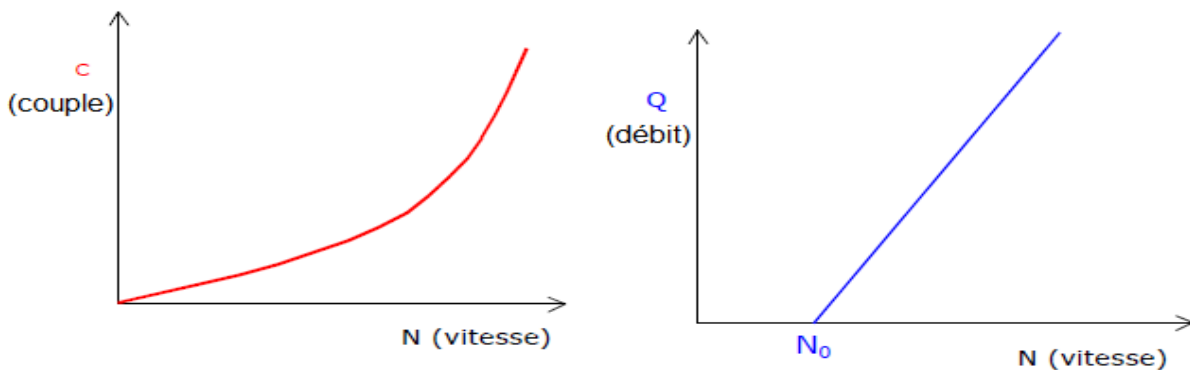


Figure II.13: courbes Caractéristiques d'une pompe centrifuge [1].

II -5-2-1-2- La pompe volumétrique

La pompe volumétrique transmet l'énergie cinétique du moteur en mouvement de va-et-vient permettant au fluide de vaincre la gravité par variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement. 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.

Le principal intérêt des pompes volumétriques est de pouvoir véhiculer un fluide sous de très fortes pressions. Mais elles ne conviennent que pour des débits faibles, ce qui rend leur emploi très limité pour l'alimentation en eau des cultures.

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

- Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas :
- L'utilisation de liquides visqueux : la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.

- L'utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tels que le vin, le lait et la bière).
- L'utilisation comme pompe doseuse : la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.



Figure II.14: pompe volumétrique (rotative).

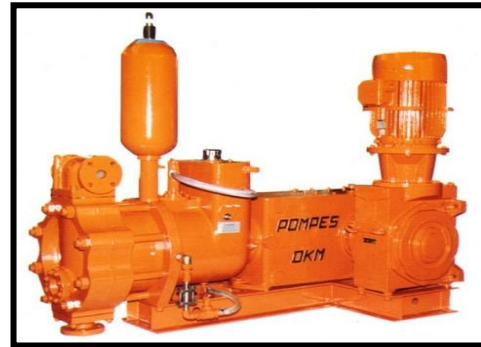


Figure II.15: Pompe Volumétrique à Membrane (Alternative).

- **Caractéristiques d'une pompe volumétrique**

Le couple de démarrage est pratiquement indépendant du débit et sera proportionnel à la Hmt (3 à 5 fois le couple nominale). La puissance consommée sera proportionnelle à la vitesse. C'est pourquoi ces pompes sont habituellement utilisées pour

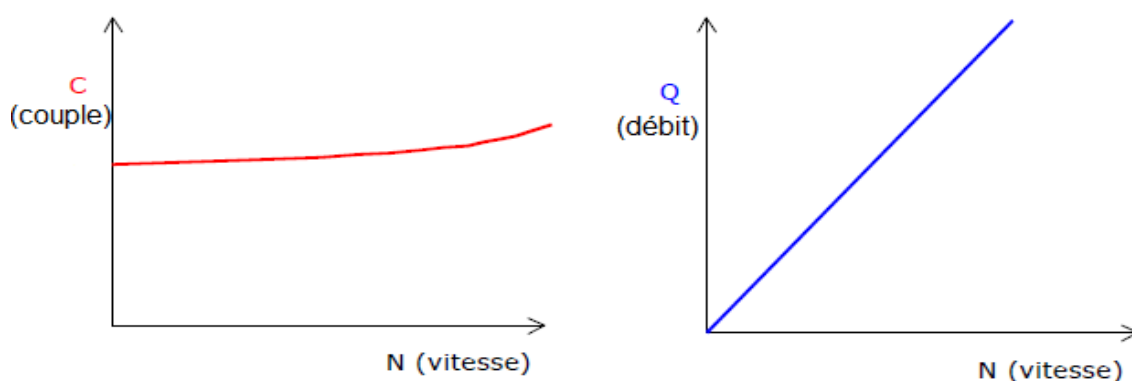


Figure II.16: courbes Caractéristiques d'une pompe volumétrique [1].

Les puits et les forages à grandes profondeurs et à petits débits d'eau inférieure à 5 (m³/h).

II -5-2-2- Les moteurs électriques

Un moteur électrique est un dispositif électromécanique permettant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. La plupart des machines électriques fonctionnent grâce au magnétisme, il existe deux types de moteurs : à courants continu et alternatif [10].

II -5-2-2-1- Moteur à courant continu avec balais

Les moteurs à courant continu utilisés pour des applications de pompage solaire sont les moteurs série, avoir un couple de démarrage suffisant pour vaincre la résistance de démarrage d'une pompe et bien répondre à un courant variable. L'installation ainsi définie nécessite une électronique relativement simple mais présente l'inconvénient du moteur à courant continu qui demande un entretien régulier. Les balais doivent être changés périodiquement. Ceci est particulièrement problématique dans le cas des pompes à moteur immergé où la pompe doit être retirée du forage pour changer les balais. , il est utilisé particulièrement pour le pompage dans les puits ouverts.



Figure II.17 : Moteur à courant continu avec balais au carbone.

II -5-2-2-2- Moteur à courant continu, sans balais (Brushless)

Ce type de moteur électrique comporte non seulement les avantages des moteurs à courant continu mais également ceux des moteurs à courant alternatif : fort couple au démarrage et durée de vie élevée (due à l'absence des paliers et des balais) mais leur utilisation reste limitée à des faibles puissances.

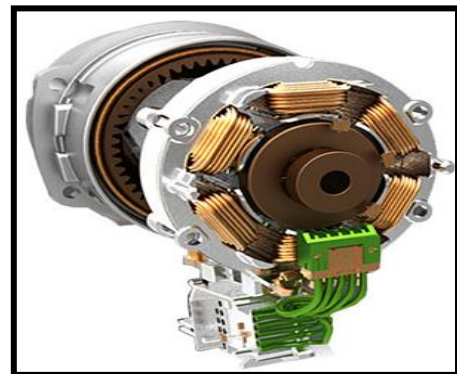


Figure II.18 : Moteur à courant continu, sans balais (Brushless).

II -5-2-2-3- Moteur à courant alternatif

Les moteurs alternatifs asynchrones (rotor à cage) sont les plus couramment employés pour une gamme variée d'applications industrielles. Par exemple, les pompes sur réseau utilisent depuis longtemps ce type de moteur. Il est utilisé particulièrement pour le pompage immergé dans les forages et les puits ouverts. L'arrivée d'onduleurs efficaces a permis l'utilisation de ce type de moteurs dans les applications de pompage solaire. L'utilisation d'un moteur asynchrone (à courant alternatif triphasé) plus robuste et moins cher (aussi faible besoin de maintenance) devient une solution plus économique et plus pratique même au prix d'un circuit électronique de commande plus complexe. L'utilisation d'un moteur asynchrone augmente ainsi l'autonomie et la fiabilité de l'installation. Le moteur est alimenté par un onduleur (convertisseur DC/AC) qui assure l'optimisation du générateur PV voir figure II.20.



Figure II.19 : Moteur à courant alternatif.

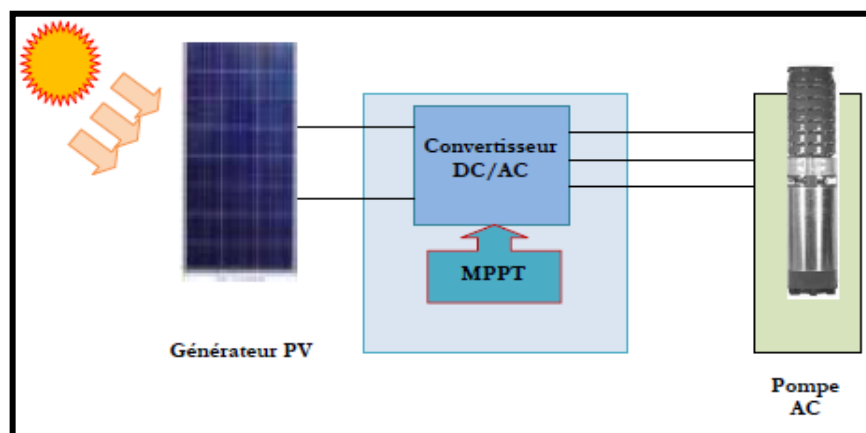


Figure II.20 : Diagramme du pompage PV par motopompe à AC.

II -5-3- L'électronique de commande et de contrôle

II -5-3-1- Le convertisseur DC/AC (onduleur)

Les convertisseurs ont été spécialement conçus pour une utilisation en fonction des spécifications d'un système de pompage électrique alimenté par un générateur photovoltaïque. Ces spécifications s'affranchissent des besoins de batteries de stockage et de régulateur de charge. Le convertisseur transforme le courant continu produit par les panneaux en un signal alternatif permettant de faire tourner le moteur de la pompe. La

vitesse de rotation du moteur dépend de la tension, donc de l'ensoleillement. Ce convertisseur assure également les fonctions de commande, de contrôle et de protection du système de pompage.

La puissance électrique d'un générateur solaire n'est pas constante et dépend de l'ensoleillement et de la température des cellules photovoltaïques. Dès que la puissance est suffisante l'onduleur se met automatiquement en marche. Lorsque la puissance est trop faible, il se déconnecte automatiquement.



Figure II.21 : onduleur
(SPA CONDOR ELECTRONIQUE)

II -5-4- La partie stockage

Le stockage d'énergie peut se faire de deux façons: stockage d'énergie électrique ou stockage d'eau. Cette dernière méthode est souvent adoptée car il est plus pratique de stocker l'eau dans des réservoirs que l'énergie électrique dans des accumulateurs lourds, coûteux et fragiles. Aussi, le système de stockage avec batterie génère un coût additionnel, des problèmes de maintenance de la batterie et de l'obligation de la remplacer après 3 à 5 ans d'usage. De plus, le rendement énergétique est meilleur quand il n'y a pas d'accumulateurs. Le réservoir peut souvent être construit localement et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours. Ce réservoir ne requiert pas un entretien complexe et est facile à réparer localement.

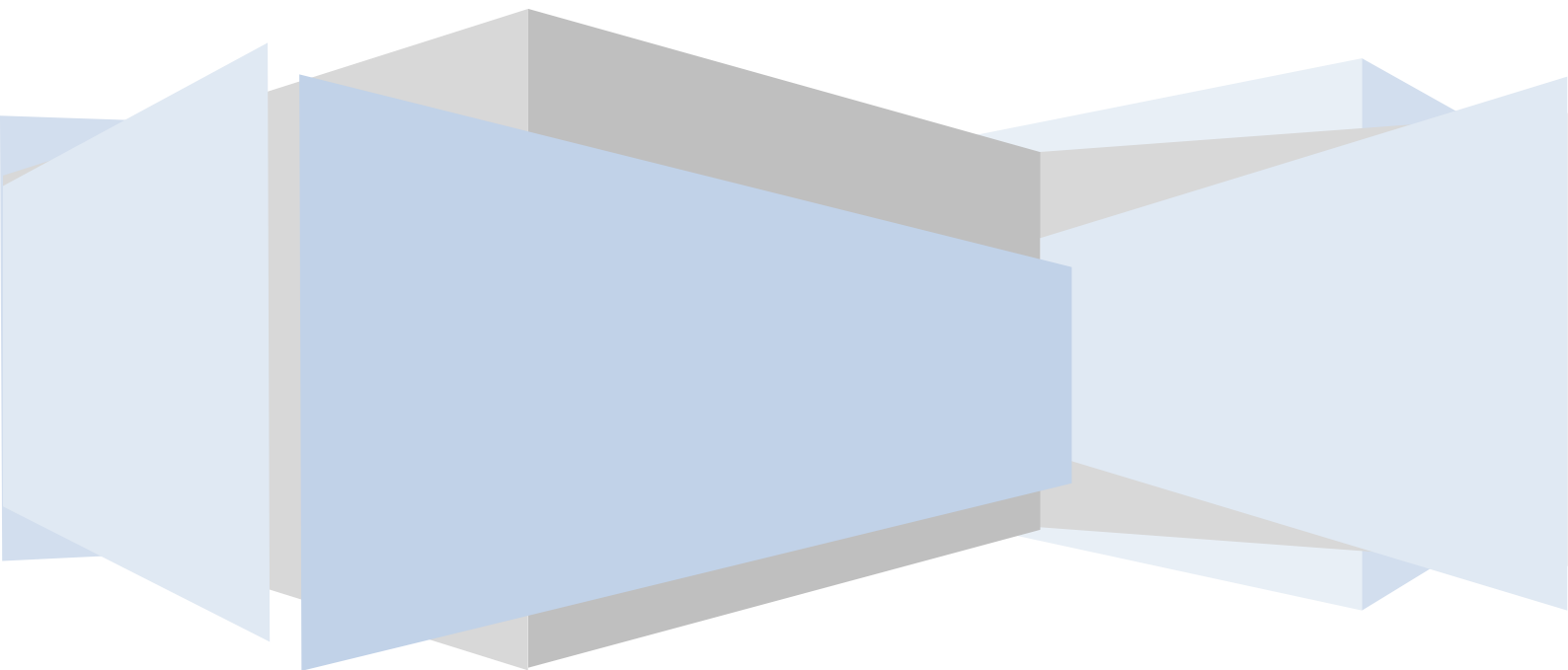
II -6- Conclusion

Dans ce chapitre, deux techniques de pompage PV ont été présentées : pompage au fil de soleil et pompage avec batterie. Nous avons montré l'intérêt du pompage dit « au fil du soleil ». Nous avons également pu conclure que les systèmes de pompage photovoltaïque les plus courants, selon l'état de l'art actuel, sont constitués d'une pompe centrifuge menue d'un moteur à induction triphasé. Le moteur est alimenté par un générateur photovoltaïque sans batteries, via un onduleur triphasé à fréquence variable conçu spécifiquement pour cette application.

Chapitre :

III

Présentation de la
zone d'étude



Chapitre III: présentation de la zone d'étude.

III -1- Situation géographique

La région de Ouargla est située au Nord-est du Grand Sahara algérien; elle est distante de 850 Km de la capitale Alger.

La région de Ouargla fait partie du grand bassin versant Sahara septentrional elle est limitée au Nord d'El Oued et Biskra, au Sud Tamanrasset et Illizi a l'est la Tunisie et a l'ouest par Ghardaïa Elle s'étant sur une superficie de 163 230 km² et sa population est estimée à 653358 habitant en 2015.

Elle inclut actuellement en 10 Daïras (El Borma, El Hadjira, Hassi Messaoud, Megarine, N'Goussa, Ouargla, Sidi Khouiled, Taibet, Tamacine et Touggourt) et 21 communes (El Borma, El Hadjira, El Alia, Hassi Messaoud, Megarine, Sidi Slimane, N'Goussa, Ouargla, Rouissat, Sidi Khouiled, Aïn Beida, Hassi Ben Abdellah, Taibet, Ben Naceur, M'Naguer, Tamacine, Blidet Amor, Touggourt, Nezla, Tebesbest et Zaouia El Abidia).

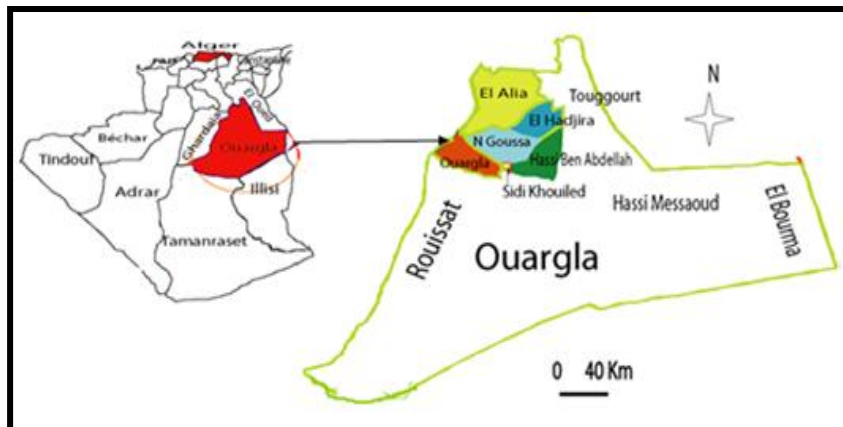


Figure III.1 : Situation géographique de la wilaya de Ouargla.

III -2- Spécification de la région de Ouargla

Pour la région de Ouargla, les spécifications sont données par les grandeurs météorologiques suivantes [12]:

Tableau III.1: Spécifications de la région de Ouargla.

Latitude : 31N	Longitude : 5°24'E
Altitude : 141m	Albédo : 0.35

III -3- Milieu physique

III -3-1- Climatologie

La région de Ouargla est caractérisée par un climat de type saharien avec des températures élevées, notamment en été, une faible pluviométrie et une forte évaporation.

III -3-1-1- Pluviométrie

Les précipitations moyennes annuelles sont de 2.7 mm. Janvier est le mois le plus pluvieux avec 8.5 mm. Le mois de Juillet est le plus sec de l'année avec moins de 0.5 mm (figure III.2).

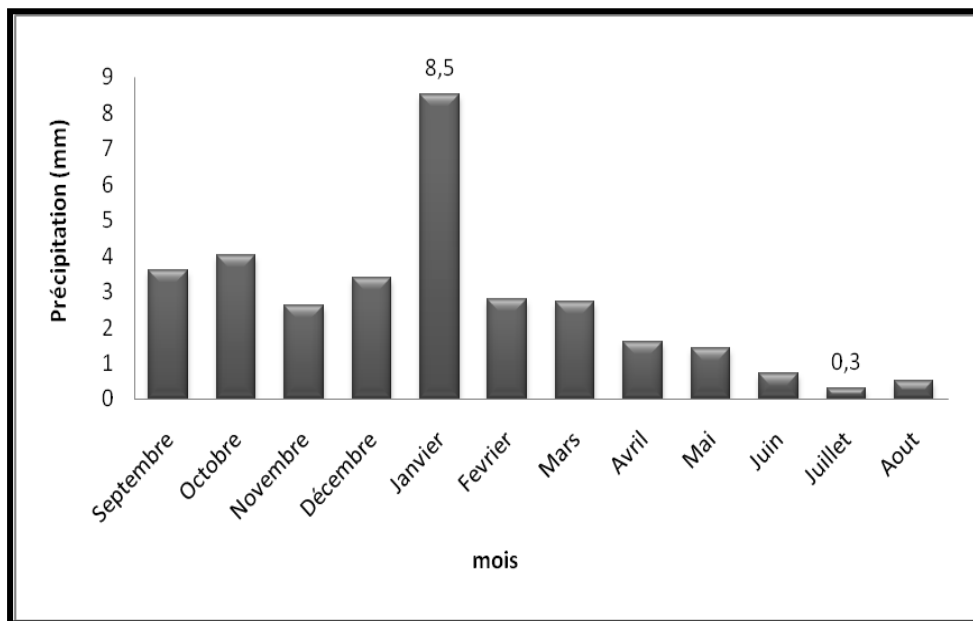


Figure III.2 : Précipitations moyennes de la wilaya au (2005-2015) [13].

III -3-1-2- Températures

Les températures sont de type saharien. La moyenne mensuelle du mois le plus chaud est de 35.9°C (mois de juillet). Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 11.9°C (figure III.3).

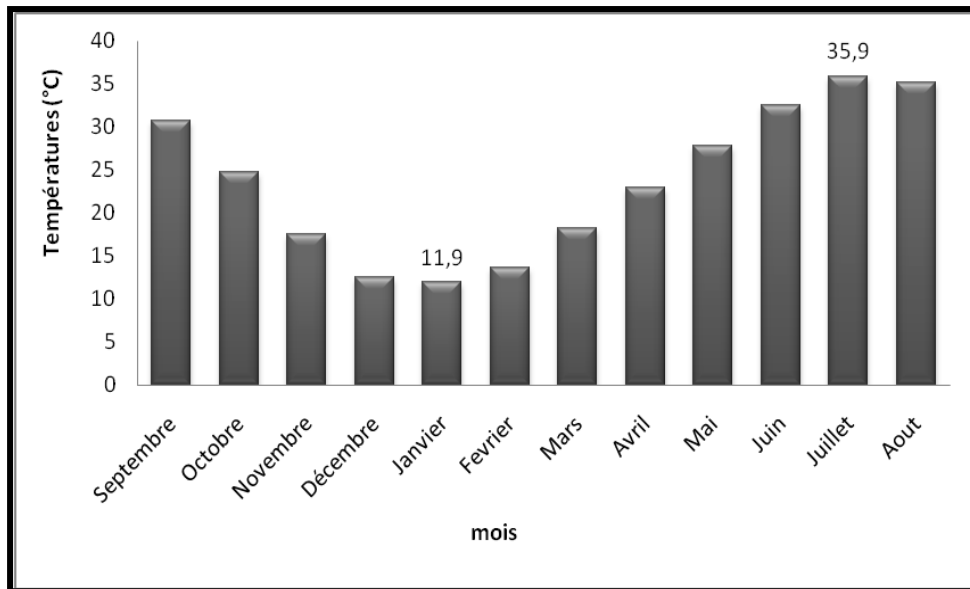


Figure III.3 : Températures moyennes mensuelles de la wilaya d'Ouargla (2005-2015) [13].

III -3-1-3- Humidité relative de l'air

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace.

Et l'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression.

Il joue un rôle important sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages, et il exprimée en (%).

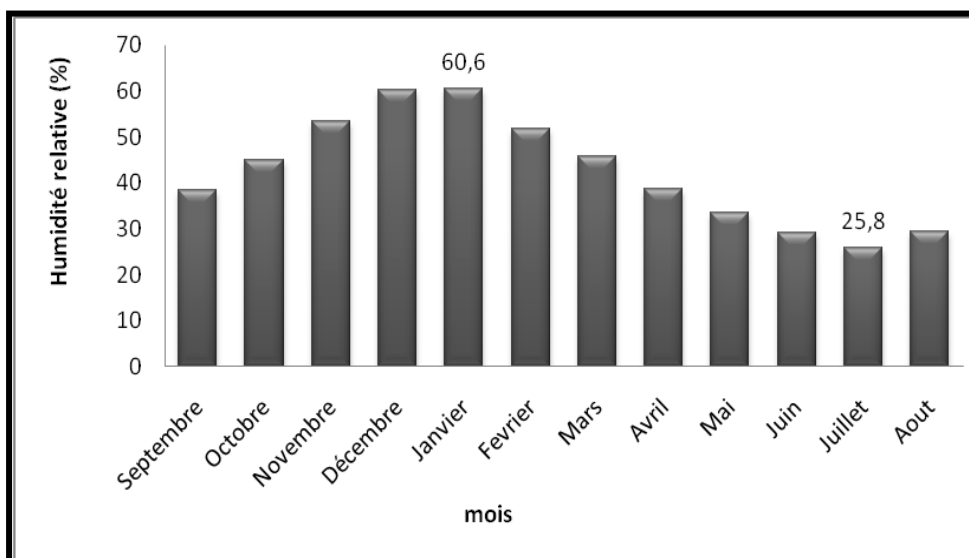


Figure III.4 : L'humidité relative de l'air dans la période (2005-2015) [13].

III -3-1-4- Vent

Les vents ont une vitesse moyenne de 15.5 m/s (Figure III.5). Cette vitesse est plus élevée pendant Printemps (Surtout le mois d'Avril avec plus de 19.6 m/s). Elle est cependant moins élevée durant les mois d'hiver (Décembre 12.0 m/s). La direction dominante des vents est Sud-Nord.

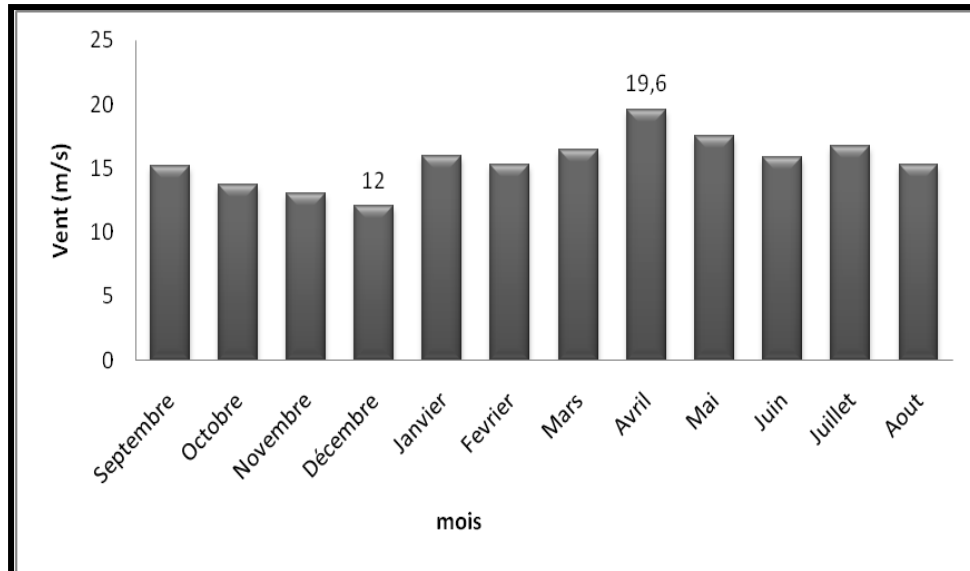


Figure III.5: La vitesse du vent moyenne en la période (2005-2015) [13].

III -3-2- Ressources en eaux souterraines

Dans le sous-sol de la vallée de Ouargla, il existe trois grands ensembles aquifères qui, du haut vers le bas, sont : La nappe phréatique, le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire dite aussi nappe de l'Albien fortement artésienne [14,15].

III -3-2-1- La nappe phréatique

Le niveau de la nappe phréatique est souvent proche de la surface ; parfois moins de 1 mètre. Elle se trouve généralement entre 1 et 2 m du sol, mais elle peut dépasser 18 m au sud de Ouargla. La qualité des eaux de cette nappe est très dégradée. La conductivité est très forte. Elle augmente en allant du sud vers le nord. Cette nappe est la plus exposée à la pollution en provenance de la surface.

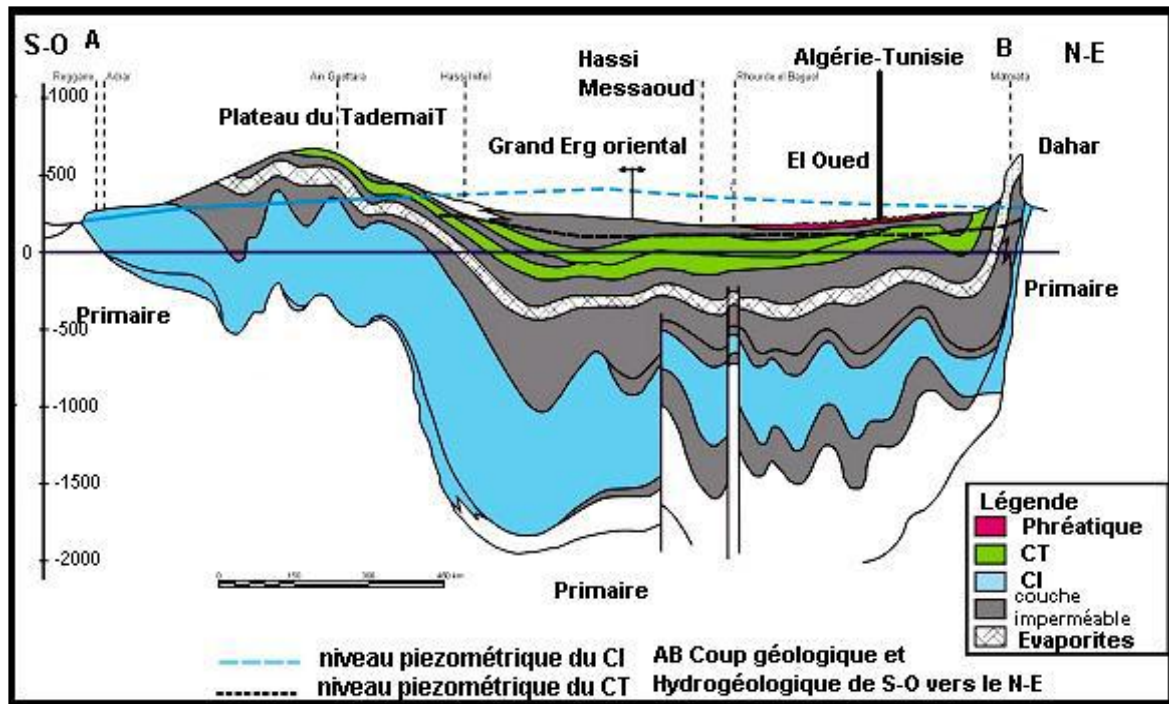


Figure III.6: Coupe hydrogéologique montre les aquifères du Sahara septentrionale [11].

III -3-2-2- Le Complexe Terminal (CT)

Le Complexe Terminal comprend deux aquifères qui sont (du haut vers le bas) :

III -3-2-2-1- La nappe du Mio-Pliocène

Cette nappe est contenue dans les sables grossiers atteints vers 30 à 160 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui autrefois irriguaient les palmeraies de Ouargla. L'exploitation de cette nappe du mio-pliocène est réalisée par le creusement de nombreux puits artésiens depuis le 19^{ème} siècle (1883). Cette nappe est actuellement utilisée pour l'alimentation en eau potable de la région de Ouargla.

III -3-2-2-2- La nappe du Sénonien

La nappe du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. C'est la nappe du Sénonien qui est exploitée au forage de Hassi Khefif au nord de la ville et de la Sebkhia Safioune à 400 mètres de profondeur. Le résidu sec varie entre 2,5 et 3,6 g/l. Plusieurs forages dont la plupart sont captant dans le complexe terminal assurent une production annuelle de 50 millions de m³ d'eau pour l'alimentation domestique et agricole.

III -3-2-3- Continental Intercalaire CI

La nappe du Continental Intercalaire couvre une superficie de 800 000 Km². Elle est

l'une des plus grandes réserves souterraines au monde. Dans la région de Ouargla, le toit de la nappe est situé à -850 mètres (par rapport au niveau 0). Actuellement, deux forages sont implantés dans le CI pour assurer l'alimentation en eau potable de quelques zones à Ouargla.

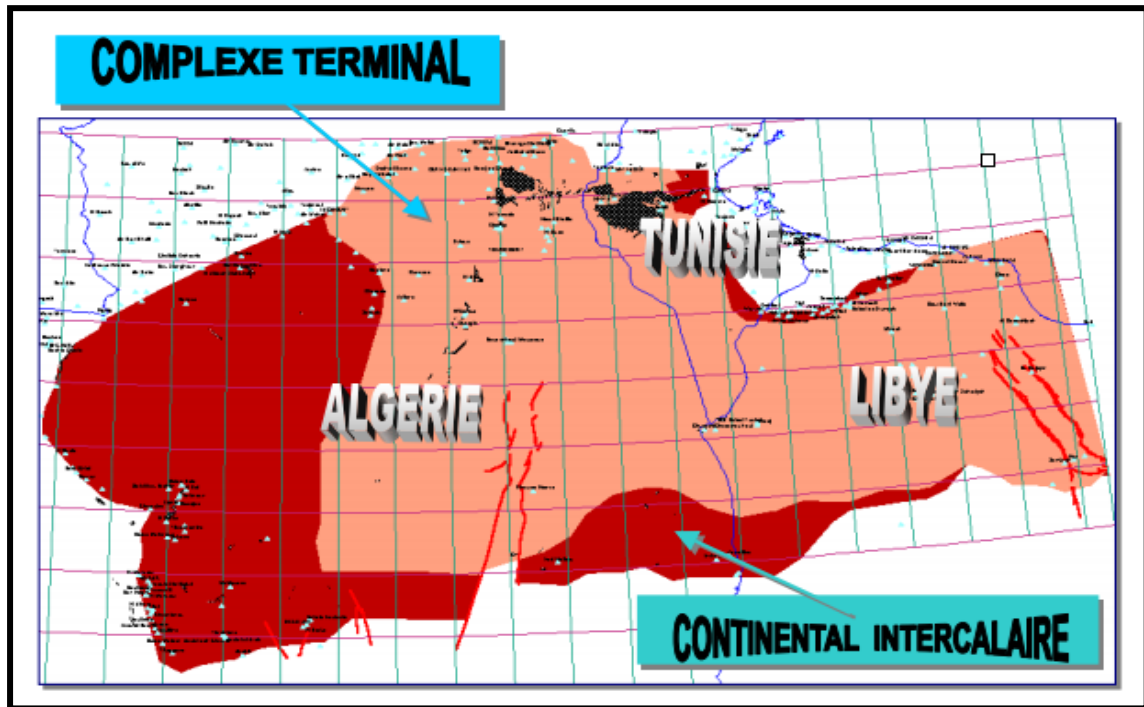


Figure III.7: une carte montre le système aquifère du Sahara septentrional (les deux principales couches aquifère profonde CT et CI).

III -4- Les forages d'eau dans la région

D'après les données de l'ANRAH 2013, le tableau au dessous indique les forages des eaux souterraines dans les nappes de CT et CI :

Tableau III.2: Les forages des eaux souterraines présents dans les nappes (CI) et (CT) [16].

Les forages	Exploités	Arrêt	Abandonnés	Manque Information
Continental Intercalaire (CI)	100	36	22	55
Complexe Terminal (CT)	1179	562	179	416
Totale	1279	598	201	471

Selon les données de l'ANRH 2013, 10 forages de nappe Continental Intercalaire (CI) et 90 forages de nappe Complexe Terminal (CT) le tableau présent la distribution les eaux de forage selon les secteurs :

Tableau III.3: Les nombres des forages qui extraits de les nappes (CI) et (CT) et dirigé pour les différentes secteurs [16].

Continental Intercalaire (CI)				Complexe Terminal (CT)			
AEP	IND	IRR	MIX	AEP	IND	IRR	MIX
9	65	16	10	92	262	735	90

Au cours de notre étude, nous avons choisi deux puits sont situés dans une zone isolée appartenant à la commune « **Taïbet** » sont :

- ❖ Puits de « **Drmoum** ».
- ❖ Puits de « **El-Gabouss** ».

III -5- zone de Taïbet

Taïbet est une commune de la wilaya de Ouargla en Algérie.

Tableau III.4: fiche technique de la commue de « Taïbet » :

Wilaya	Ouargla
Daïra	Taïbet
Population	20 174 hab. (2008).
Densité	4,4 hab. /km ²
Coordonnées	33° 05' 02" nord, 6° 24' 00" est
Superficie	4 562 km ²



Figure III.8: commune de « Taïbet ».

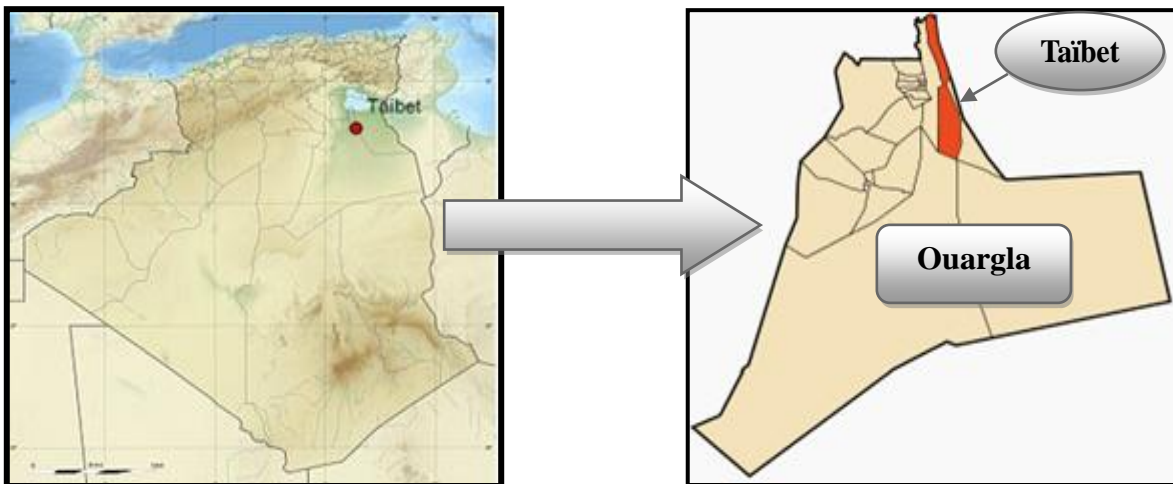


Figure III.9: Localisation de site d'étude « Taïbet ».

III -5-1- Coordonnées et caractéristiques des puits

Notre travail effectuée sur deux puits de parcours dans la région de Taïbet.

Le **Tableau III.5** comporte les caractéristiques des deux puits (Drmoum et El-Gabouss).

N	Zone	Nom de puits	Type	Coordonnées			Prof de puits	Prof d'eau	Rabattement
				X	Y	Z			
14	Taïbet	Drmoum	traditionnel	248904	3618765	112	13	9.5	1.5
15	Taïbet	El-Gabouss	traditionnel	248645	3632847	107	13	9.5	1.5

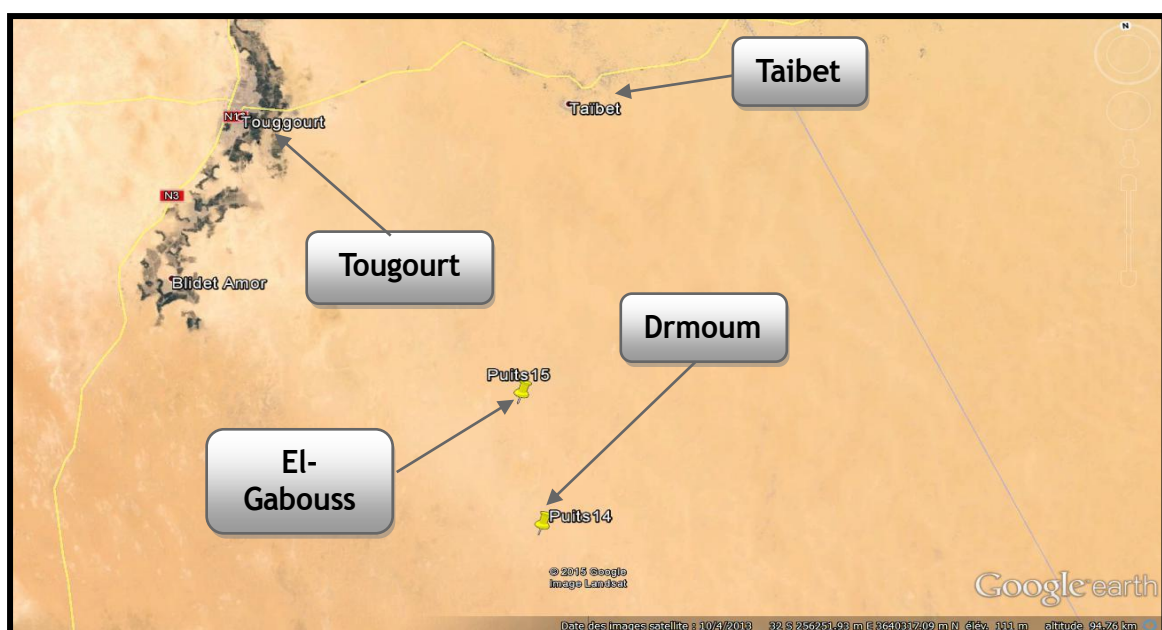


Figure III.10: Localisation des puits (Drmoum et El-Gabouss).



Figure III.11 : Puits Drmoum, Taibet.



Figure III.12 : Puits El-Gabouss, Taibet.

Nous signalons l'existence de plusieurs puits de parcours dans ses sites isolés dans la région de Ouargla équipements dans d'autre région talque Hassi Messoud, N'Goussa...



Figure III.13 : Ouled Mansour, Hassi Messoud.



Figure III.14 : Saif El-Baair, Hassi Messoud.



Figure III.15 : Hassi Jamaa, N'Goussa.

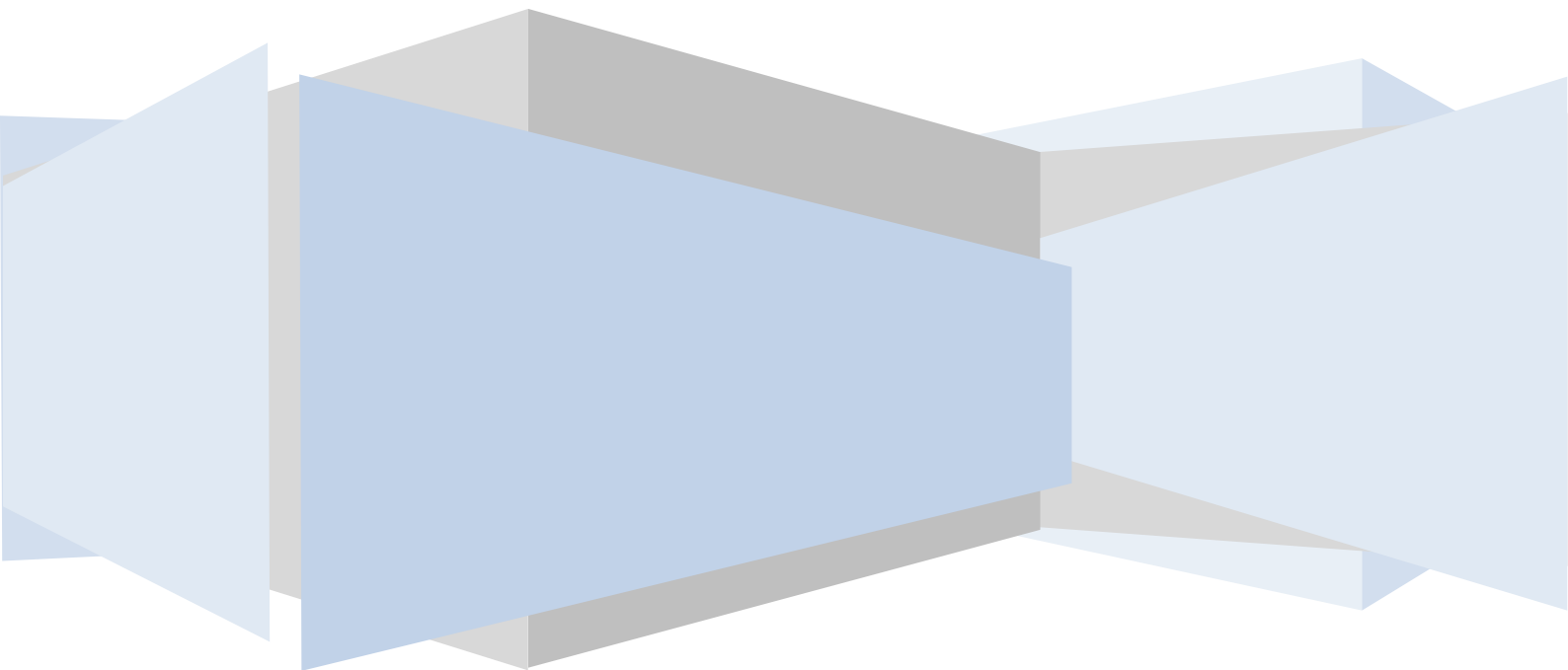


Figure III.16 : Bourouba , N'Goussa.

Chapitre :

IV

Dimensionnement du système de pompage solaire



Chapitre IV: Dimensionnement du système de pompage solaire.

IV -1- Dimensionnement complet de l'installation

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

- Evaluation des besoins en eau.
- Détermination de l'énergie solaire disponible.
- Dimensionnement et choix de la pompe.
- Le choix de l'onduleur (L'électronique de commande et de contrôle).
- Dimensionnement Le générateur photovoltaïque.

Nous avons choisi dans notre étude la méthode de pompage « au fil du soleil » pour simplification et de minimisation des coûts, il est plus intéressant d'utiliser un stockage de l'eau dans des réservoirs hydrauliques au lieu de stocker l'énergie électrique dans des batteries. Le système obtenu est alors avec un fonctionnement naturel, et donc à priori très fiable et à coût minimum.

IV -1-1- Evaluation des besoins en eau

Pour une région saharienne, les besoins en eau peuvent être définis en utilisant les valeurs suivant :

Tableau IV.1 : Dotation en eau [8].

animaux	
Moutons et chèvres	5 litres/jours
Cheval	40 litres/jour
Ane	20 litres/jour
Chameau	20 litres/jour

D'après les statistiques de la région de « **Darmoum** » compte plus 650 Chameaux (700 Chameaux).

Donc :

IV -1-1-1- Calcul le débit moyen journalier (Q_{moy})

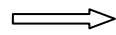
$$Q_{moy} = N \times D \text{ [l /j]}$$

Avec :

Q_{moy} : débit moyen journalier [l /j].

D : dotation [l /j/Cham].

N : Nombre des Chameaux.



$$Q_{moy} = 700 \times 20 = 14000 \text{ l/j} = 14,000 \text{ m}^3/\text{j}$$

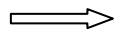
IV -1-1-2- Calcul le débit max journalier (Q_{maxj})

$$Q_{maxj} = Q_{moyj} \times K_{maxj} \text{ [m}^3/\text{j]}$$

Avec :

Q_{maxj} : le débit max journalier [m³/j].

K_{maxj} : [1,1 : 1,3] , on prend: $K_{maxj} = 1,3$



$$Q_{maxj} = 14 \times 1,3 = 18.200 \text{ m}^3/\text{j}$$

On prend :

$$Q_{maxj} = 19 \text{ m}^3/\text{j}$$

Remarque : le débit d'exploitation de puits de « Darmoum » est :

$$Q_{exp} = 22 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc ce puits assurer les besoins en eau des animaux de cette région.

IV -1-2- 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 à l'inclinaison ($\beta = 32$) des modules photovoltaïques (PV) par rapport au plan horizontal. Ce dernier doit se faire de manière à optimiser la conversion de l'énergie solaire en électrique.

Tableau IV.2 : Définition des conditions du la région de Ouargla (voir l'annexe 2).

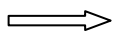
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Prod. D'énergie (KWh/jour)	7,6	8,2	8,7	8,7	8,0	8,0	8,9	8,9	8,5	8,1	7,5	6,6
Rayon. horiz. (kWh/m ² jour)	3,7	4,7	5,8	6,7	7,2	7,2	7,9	7,2	6,0	4,9	3,8	3,3
Ind. Raynmt (kWh/m ² jour)	6,0	6,4	6,9	6,9	6,6	6,3	7,0	7,0	6,7	6,3	5,9	5,2
Heures max d'ensoleillement	6,0	6,4	6,9	6,9	6,6	6,3	7,0	7,0	6,7	6,3	5,9	5,2
Angl incl (deg)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32

Pour choisi l'ensoleillement prend en considération les deux conditions suivantes [21]:

- Choisir les besoins journaliers en eau durant la période de besoin maximal.
- Choisir le mois où l'ensoleillement maximal est le plus faible.

Pour notre exemple, le débit journalier maximal requis est de 19 m³/j pendant le mois de juillet (Après avoir fait l'enquête) et l'énergie d'ensoleillement la plus faible pour la saison d'été est égale à 7,0 [kWh/m² j]. pendant le mois d'août et juillet.

Ainsi, selon les deux conditions le mois de pointe est : *juillet*.



Ensoleillement = 7,0 heures ou 7,0 kWh/m²j

IV -1-3- Dimensionnement et choix de la pompe

IV -1-3-1- Données de base

Les données suivantes seront nécessaires pour dimensionner la pompe solaire et ses composants. Ce partie donne une définition des données utilisées en pompage en général et explique les particularités du pompage photovoltaïque.

IV -1-3-1-1- Débit (Q)

Le débit (Q) est la 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) ou, le débit (ou le besoin en eau) est souvent exprimé en m³ par jour.

IV -1-3-1-2- Hauteur manométrique totale (HMT)

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. Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT = H_g + \Delta H_t \text{ [m]}$$

Où :

Hg : hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation (H_r+N_d). Pour une pompe de surface sur un plan d'eau, Hg sera choisi en fonction de la hauteur de la pompe son niveau le plus bas.

ΔH_t : pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la distance des conduites (D), de leur diamètre (d_c) et du débit de la pompe (Q) et s'expriment en mètres d'eau. Le diamètre des conduites doit être calculé afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de la hauteur géométrique totale (voir section sur le dimensionnement de la conduite d'eau).

IV -1-3-1-3- Niveau statique (Ns)

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

IV -1-3-1-4- Niveau dynamique (Nd)

Le niveau dynamique (Nd) 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. La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée rabattement. (R_m) est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe.

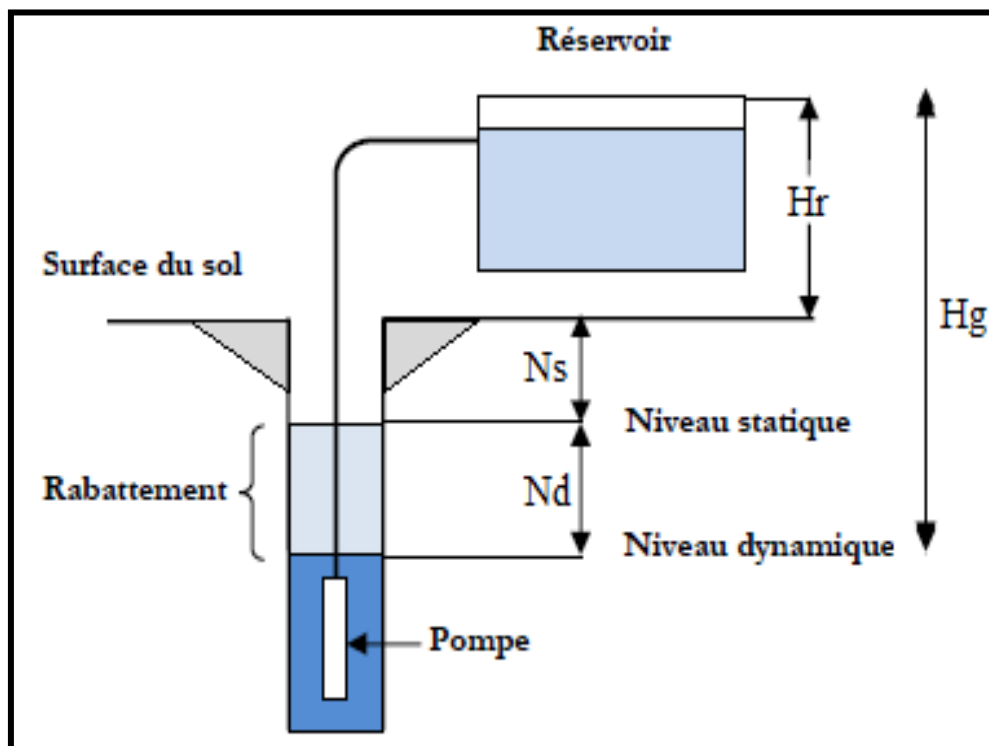


Figure IV.1 : Hauteur manométrique total.

IV -1-3-2- Calcul le débit horaire de pompe (Q_h)

Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_h = \frac{Q[m^3/jour]}{h} \quad [m^3/h]$$

Avec :

Q : le débit max journalier. [**m³/j**].

h : le nombre d'heures d'ensoleillement. [**heur**].

Donc :

$$Q_h = \frac{Q}{h} = \frac{19}{7} = 2,714.m^3/h$$

Le débit horaire de pompe est : **$Q_h = 2,714 \text{ m}^3/h$** .

IV -1-3-3- Calcul le diamètre de la conduite de refoulement (D)

On va calculer le diamètre de la conduite de refoulement par la formule de BONIN :

$$D = \sqrt{Q} = \sqrt{(2,714/3600)} = 27,458 = 28mm$$

Pour le conduite de refoulement en choisi le type de conduit PEHD PN 10 :

Donc :

On prend Le diamètre Extérieur de la conduite de refoulement : 40 mm, Epaisseur 2,5 mm.

⇒ Le diamètre réel de la conduite de refoulement : 35 mm.

IV -1-3-4- Calcul la vitesse de refoulement (V)

On va calculer la vitesse de refoulement par la formule suivante :

$$Q = V \times S \quad \Rightarrow \quad V = \frac{Q}{S} \quad [m^3/j]$$

Avec :

Q : le débit de pompe [**m³/s**].

V : la vitesse d'écoulement [**m/s**].

S : la surface de conduite [**m²**].

Donc la vitesse d'écoulement :

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times (2,714/3600)}{3,14 \times 0,035^2} = 0,784m/s$$

La vitesse d'écoulement est admissible $V = 0,784 \text{ m/s} \in [0.5 - 1.5] \text{ m/s}$.

IV -1-3-5- Dimensionnement le Bassin Abrevoir (Va)

On va calculer le volume de bassin la formule suivante :

$$Q = \frac{Vb}{T} \implies Va = Q \times T \text{ [m3]}$$

Avec :

Q : le débit de pompe [m3/h].

Va : le volume de bassin [m3].

T : la durée de pompage [h].

$$\implies Va = Q \times T = 2,714 \times 7 = 19 \text{ m}^3$$

Donc : le volume de bassin Abrevoir **19 m3**.

Nous avons à proposer de bassin d'eau ayant des dimensions (15 x 2 x 1 m) avec taille (30 m 3) qui sont dans un forme circulaire sur les bords, qui alimenté par un conduite d'eau d'un diamètre de 40 mm avec fermeture par un vanne. Ce réservoir est fabrique par ciment (CRS).

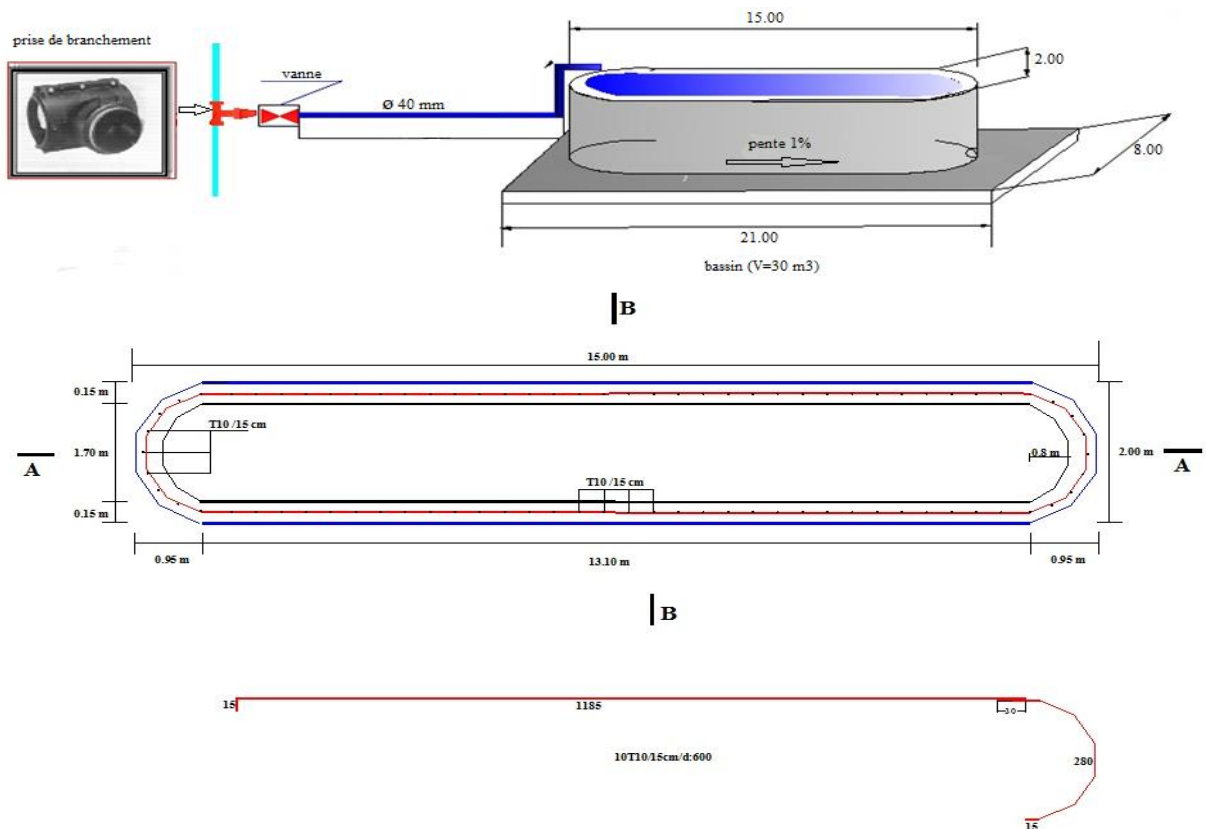


Figure IV.2 : les Dimensions de bassin Abrevoir.

IV -1-3-6- Calcul Hauteur manométrique totale (HMT)

Elle correspond à la hauteur géométrique d'une longueur équivalente aux pertes de charge linéaires et singulières au refoulement.

$$HMT = Hg + \Delta Ht \text{ [m]}$$

Avec :

ΔH_t : Perte de charge totale [m].

Hg : Hauteur géométrique qui correspond à la différence de niveau entre le trop-plein du réservoir et le niveau dynamique du plan de pompage [m].

IV -1-3-7- Calcul la hauteur géométrique (Hg)

La hauteur géométrique déterminée par la formule suivante :

$$Hg = Hr + Nd \text{ [m]}$$

Avec :

Hg : hauteur géométrique [m].

Hr : la hauteur du bassin [m].

Nd : Niveau dynamique [m].

$$Hg = 1 + 11 = 12 \text{ m}$$

IV -1-3-8- Calcul Perte de charge totale (ΔHt)

La perte de charge totale sera donnée comme suivant :

$$\Delta HT = \Delta Hl + \Delta Hs \text{ [m]}$$

Avec :

ΔHT : Perte de charge totale [m].

ΔHs : Perte de charge singulière [m].

ΔHl : Perte de charge linéaire [m].

IV -1-3-9- Calcul Perte de charge linéaire (ΔHl)

Le gradient des pertes de charge unitaires est déterminé à partir de la formule de DARCY/ WEISBACH qui s'exprime par :

$$DHI = \frac{\lambda \cdot L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g} \text{ [m]}$$

Avec :

L : longueur de conduite de refoulement [m].

ΔH_l : Perte de charge linéaire en [m/m].

V : Vitesse moyenne de l'eau dans la section [m/s].

g : Accélération de la pesanteur ($g = 9,81$ [m/s²]).

λ : Coefficient de frottement linéaire exprimé par la formule de COLLEBROOK.

D : Diamètre intérieur de la conduite en [m].

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right) [m]$$

Où :

Re : Nombre de Reynolds.

ε : Rugosité absolue en [m]. (La Rugosité de conduite PEHD = 0.001 m).

$$\text{Re} = \frac{4 \times Q}{\pi \times \nu \times D}$$

Sachant que :

Q : Débit véhiculé en [m³/s].

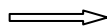
ν : Viscosité cinématique de l'eau à 18° C [m².s⁻¹].

IV -1-3-10- Calcul du coefficient de frottement (λ)

Le calcul du coefficient de frottement se fait comme suit :

La valeur de λ est déterminée par la formule de NIKURADZE :

$$\lambda = \left(1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D}\right)^{-2} [m]$$



$$\lambda = \left(1,14 - 0,86 \ln \frac{0,001}{0,035}\right)^{-2} = 0,057$$

Donc :

$$\Delta H_l = \frac{0,057 \times 25}{0,035} \times \frac{0,784^2}{2 \times 9,81} = 1,275m$$

IV -1-3-11- Calcul Perte de charge singulière (ΔH_s)

On considère généralement que les pertes de charge singulières sont égales à 10 jusqu'à 15 % des pertes de charge linéaires.

Dans notre cas on prend :

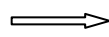
$$\Delta H_s = 10\% \times \Delta H_l = 0,1 \times \Delta H_l \text{ [m]}$$

Avec :

ΔH_T : Perte de charge totale [m].

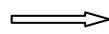
ΔH_s : Perte de charge singulière [m].

ΔH_L : Perte de charge linéaire [m].



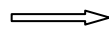
$$\Delta H_s = 10\% \times 1,275 = 0,1 \times 1,275 = 0,128 \text{ m}$$

Donc :



$$\Delta H_t = \Delta H_l + \Delta H_s = 1,275 + 0,128 = 1,403 \text{ m}$$

La Perte de charge totale $\Delta H_t = 1,035 \text{ m}$



$$H_{MT} = H_g + \Delta H_t = 12 + 1,403 = 13,403 \text{ m}$$

On prend La hauteur manométrique totale $H_{MT} = 13,5 \text{ m}$.

IV -1-3-12- Calcul la puissance de pompe (p)

La puissance absorbée de la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{g \times Q \times H_{MT}}{\eta} \text{ [KW]}$$

Avec :

Q : Débit de la pompe (m³/s).

η_{MP} : Le rendement du groupe motopompe.

Dans de bonnes conditions d'utilisation, et pour un système bien conçu, on peut s'attendre à un rendement du groupe motopompe oscillant entre 35% et 45%.

Donc : On prend $\eta_{MP} = 45 \%$.

$$\Rightarrow P = \frac{9,81 \times (2,714 \div 3600) \times 13,5}{0,45} = 0,222 \text{ kW}$$

La puissance de pompe est : $p = 0,222 \text{ kW}$.

IV-1-3-13- Calcul l'énergie quotidienne consommée par la pompe (Energie hydraulique) (Eh)

L'énergie consommée par la pompe est donnée par la formule :

$$Eh = P \times T \text{ (kWh/j) [KWh/j]}$$

Avec :

T : Temps de fonctionnement des pompes $t = 7$ heures.

Eh : Énergie hydraulique [KWh/j].

$$\Rightarrow Eh = 0,222 \times 7 = 1,553 \text{ kWh/j}$$

L'énergie hydraulique est : $Eh = 1,553 \text{ kWh/j}$.

IV -1-3-14- Calcul l'énergie électrique quotidienne requise (Ee)

L'énergie électrique quotidienne requise est donnée par la formule :

$$Ee = \frac{Eh}{\eta_{ond}} \text{ [KWh/j]}$$

Avec :

Ee : Energie électrique exprimé en [KWh/j].

Eh : Énergie hydraulique [KWh/j].

η_{ond} : Le rendement d'onduleur. On prend $\eta_{ond} = 95 \%$.

$$\Rightarrow Ee = \frac{1,553}{0,95} = 1,635 \text{ kWh/j}$$

L'énergie électrique est : $Ee = 1,635 \text{ kWh/j}$.

IV -1-3-15- Choix de pompe

Les pompes doivent satisfaire les conditions suivantes :

- Assurer le débit calculé et la hauteur manométrique calculée.
- Le rendement est meilleur η_{max} .

- Un poids faible, une anticorrosion, non encombrement.
- Assurer une capacité d'aspiration forte.
- Une vitesse de rotation importante.
- Anti- cavitation.
- Exploitation simple.

Pour notre étude, le choix de la motopompe utilisée est pompe **GRUNDFOS**.

Pour nos données :

- La puissance de pompe est : **$p = 0,3 \text{ kW}$** .
- La hauteur manométrique totale **HMT = 13,5 m**.
- le débit horaire de pompe est : **$Q_h = 2,714 \text{ m}^3/\text{h}$** .
-

Donc : on choisit **SQF 8A-3**. (pour connaitre tout les détails voir Annexe 4)

SQF 8A-3

La pompe centrifuge 3" SQF permet d'atteindre de petites hauteurs et des débits importants.

Avantages et caractéristiques:

- protection manque d'eau
- rotor à aimantation permanente haut rendement (moteur PM)
- protection sous et surtension
- protection surcharge
- ajustement à la puissance maximale (MPPT)
- plage de tension importante

Technique:

Certifications sur la plaque signalétique du moteur: CE

Matériaux:

Pompe:	Acier inoxydable
Pompe:	DIN W.-Nr. 1.4301
Pompe:	AISI 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
Roue mobile:	DIN W.-Nr. 1.4301
Roue mobile:	AISI 304

Installation:

Pression ambiante maximum:	15 bar
Refoulement pompe:	Rp 2
Diamètre minimum du forage:	102 mm

Technique:

Certifications sur la plaque signalétique du moteur: CE

Matériaux:

Pompe:	Acier inoxydable
Pompe:	DIN W.-Nr. 1.4301
Pompe:	AISI 304
Roue mobile:	Acier inoxydable
Roue mobile:	DIN W.-Nr. 1.4301
Roue mobile:	AISI 304

Installation:

Pression ambiante maximum:	15 bar
Refoulement pompe:	Rp 2
Diamètre minimum du forage:	102 mm

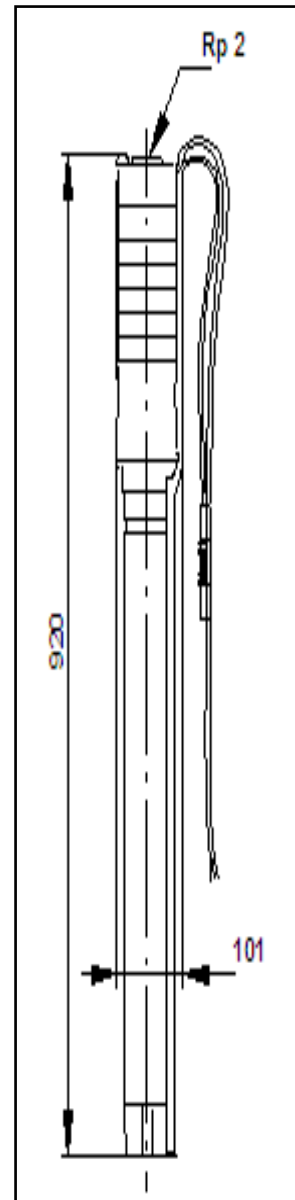


Figure IV.3 : dessin d'encombrement simplifié de SQF 8A-3



Figure IV.4 : La photo réelle de la motopompe SQF 8A-3.

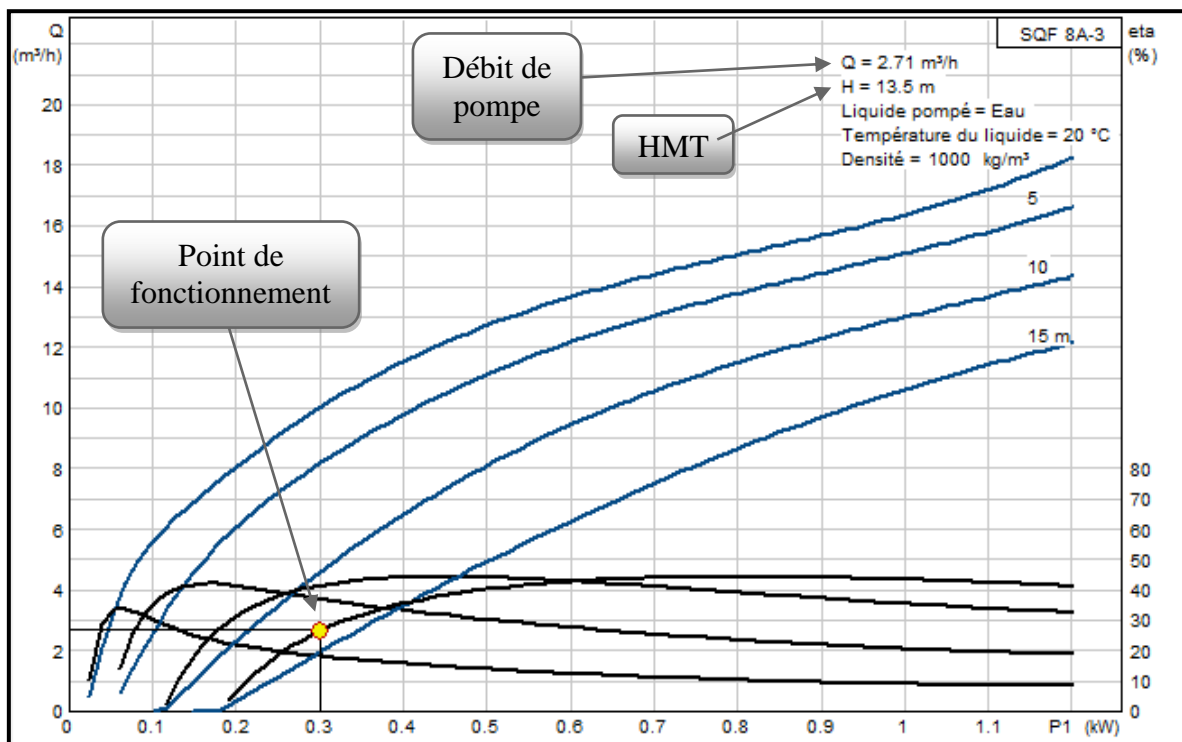


Figure IV.5 : les courbes caractéristiques de SQF 8A-3.

IV -1-4- Le choix de l'onduleur (L'électronique de commande et de contrôle)

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, le convertisseur choisit est présenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : les caractéristiques électriques de l'onduleur.

Article / Type :		1.5 kW
Donnée électrique:		
Entrée DC	Tension max. DC(Voc)	390 V
	Tension recommandée MPPT (Vmpp)	280-380 V
	Puissance recommandée photovoltaïque	2,50 kWp
	Max. rendement MPPT	95%
	Nombre de string	1
Entrée AC	Tension d'entrée nominale	230~ V, 1-phase
	Plage de fréquence	50~60 Hz
Sortie AC	Puissance max.moteur	1,50 kW
	Tension nominale	230~ V, 3-phase
	Plage de fréquence	0~50/60 Hz
	Courant nominale de sortie	12,0 A
Système	Max. efficacité	95%
	Classe de protection	1
	degré de protection	IP54
	température ambiante	(-) 25°C à (+) 65°C
	Refroidissement	Refroidissement forcé
	Affichage	LCD

IV -1-5- Dimensionnement Le générateur photovoltaïque

IV -1-5-1- Choix type de panneau (module)

Dans notre étude Nous avons choisi le type de cellules de module photovoltaïque : *poly cristallines*.

Le panneau solaire POLY 200 TF est de type poly cristallines. Le panneau solaire doit être monté sur une structure support orientée correctement afin assurer une utilisation optimum d'énergie solaire (voir Annexe 3).



Figure IV.6: panneau solaire type poly cristallines

IV -1-5-1-1- Les caractéristiques de panneau (module)

Installation :

Plage température ambiante: - 40. 85 °C.

Donnée électrique :

Tension de pointe maxi: 37,00 V.

Tension circuit ouvert: 45,5V.

Intensité max.: 5,40 A.

Puissance maximum: 200 W.

Type de panneaux : cristallins ou amorphes: POLYCRISTALLIN.

Autres :

Marque: /

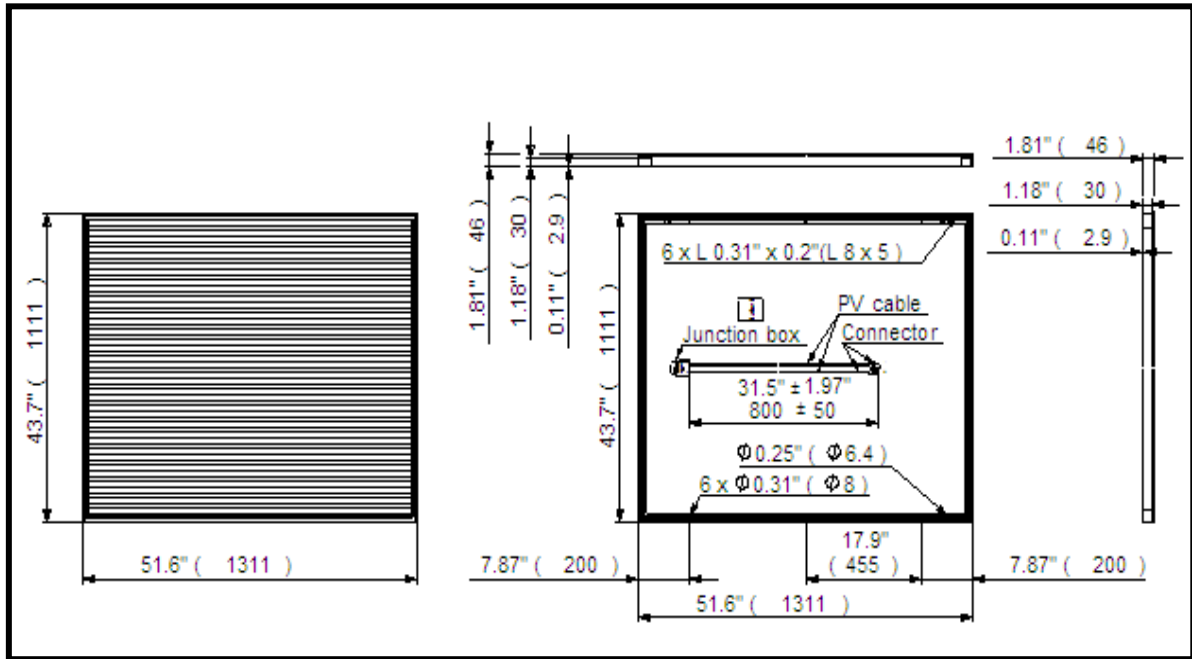


Figure IV.7 : dessin d'encombrement détaillé de panneau photovoltaïque.

Remarque : toutes les unités dans dessin sont en [mm].

Donc : la surface de panneau (module) S_p égale :

$$S_m = 1311 \times 1111 = 1456521 \text{ mm}^2 = 1,457 \text{ m}^2.$$

IV -1-5-2- Calcul la puissance crête du générateur photovoltaïque (P_g)

La puissance du générateur (champ) photovoltaïque est donnée par la formule :

$$P_g = \frac{E_e}{\text{Ensoliement} \times R_p} \text{ [W]}$$

Avec :

P_g : Puissance du champ photovoltaïque [W].

E_e : L'énergie électrique [W/j].

R_p : rendement de panneau 15%.

$$\Rightarrow P_g = \frac{(1,635 \times 1000)}{7,0 \times (15/100)} = 1557,143 \text{ W.}$$

La puissance du générateur est : $P_g = 1557,143 \text{ W.}$

IV -1-5-3- Calcul Nombre total de module (Nm)

Le nombre total de module (Nm) constituant le générateur PV est calculé par la formule suivante :

$$Nm = \frac{Pg}{Pm}$$

Avec :

Pg : La puissance crête du générateur [W].

Pm : La puissance du module PV [W].

$$\Rightarrow Nm = \frac{1557,143}{200} = 7,786$$

On prend : Le nombre total de module **Nm = 8 module**.

IV -1-5-4- Calcul Nombre de module en parallèle (Nmp)

Le nombre de module en parallèle est calculé par l'équation suivante :

$$Nmp = \frac{Nm}{Nms}$$

Avec :

Nm : nombre total de modules **PV**.

Nms : nombre de modules **PV** en série. (On prend $Nms = 1$ module).

$$\Rightarrow Nmp = \frac{8}{1} = 8$$

Donc : Le nombre de module en parallèle **Nmp = 8 module**.

IV -1-5-5- Calcul La surface de générateur photovoltaïque (Sg)

La surface de générateur photovoltaïque est calculée par la formule suivante :

$$Sg = Sm \times Nm \text{ [m}^2\text{]}$$

Avec

Sm : La surface de panneau (module) photovoltaïque [m²].

Nm : nombre total de modules PV.

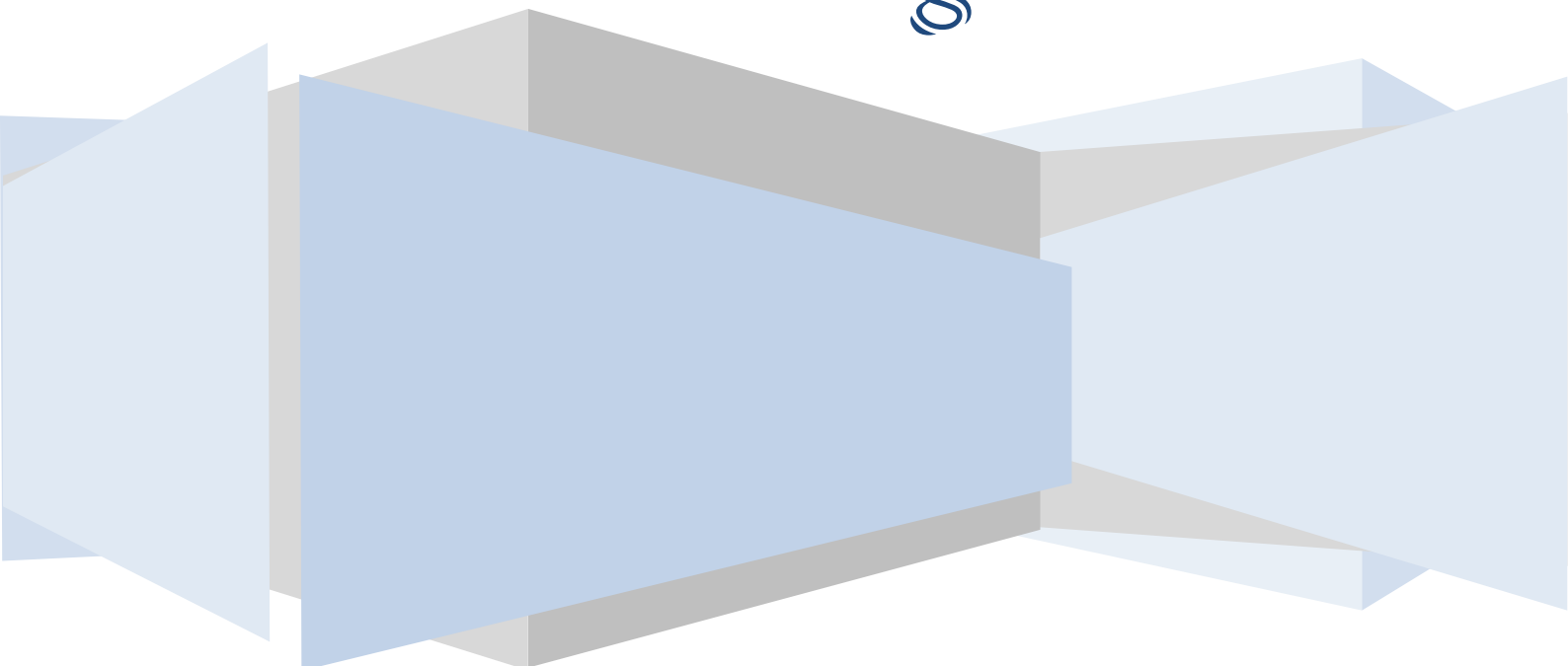
$$\Rightarrow Sg = 1,457 \times 8 = 11,656 \text{ m}^2.$$

Donc : La surface de générateur photovoltaïque est : **Sg = 11.656 m²**.

Chapitre :

V

Etude Economique
Comparative
Photovoltaïque
/ Electrogène



Chapitre V : Etude Economique Comparative Photovoltaïque / Electrogène

V -1- Introduction

Le choix d'un système énergétique doit respecter certaines règles. Le système énergétique proposé doit démontrer au préalable sa compétitivité vis-à-vis d'autres systèmes pour le même service rendu. Sa crédibilité doit reposer sur des bases économiques et techniques. Dans ce chapitre nous analysons la faisabilité et la rentabilité économique d'une station de pompage alimentée par énergie solaire photovoltaïque, laquelle est comparée avec une autre installation présentant les mêmes caractéristiques et fonctionnant à l'aide d'un groupe électrogène. La méthode adoptée se base sur la détermination du coût global actualisé du mètre cube (m³) d'eau en fonction du débit journalier, de la hauteur manométrique totale (Hmt) et de l'ensoleillement du site d'installation. De cette analyse, découlera le choix sur l'investissement à considérer car, l'analyse des coûts et de la rentabilité est un préalable incontournable avant toute décision d'investissement de système ou d'équipements énergétiques, que ce soit en énergie solaire photovoltaïque ou en énergie conventionnelle (diesel ou autres). L'objectif de notre étude consiste à évaluer les coûts représentatifs d'un système de pompage photovoltaïque installé dans la région de Ouargla, cette étude aboutira à une estimation du coût du mètre cube d'eau pompée par notre système de pompage photovoltaïque.

V -2- Etude économique comparative Photovoltaïque-Electrogène

Dans la partie suivante de ce chapitre, nous étudierons et analyserons les deux techniques de pompage séparément (pompage photovoltaïque – pompage par groupe électrogène). 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. Nous concluons sur la base d'une présentation comparative des résultats.

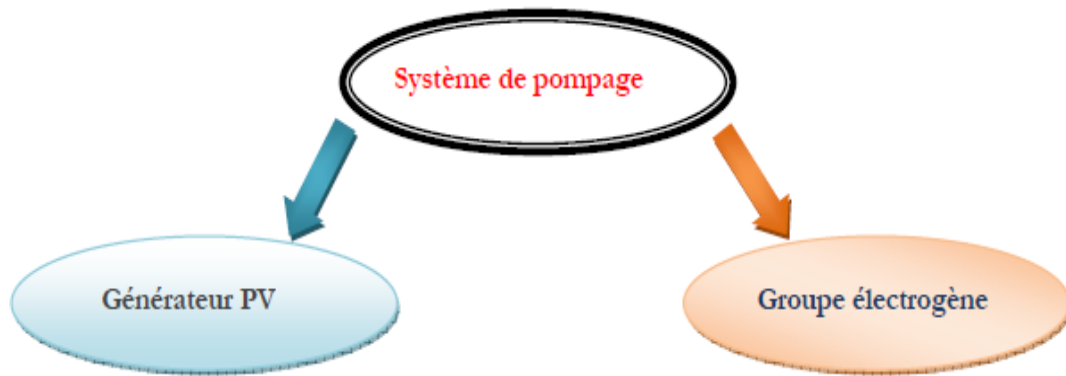


Figure V.1 : Les deux sources énergétiques utilisées pour le pompage d'eau.

Concrètement, pour comparer les deux techniques, nous comparerons le coût global actualisé du **m³ d'eau** pompé. La troisième partie de ce chapitre sera justement consacrée à une présentation comparative entre les deux techniques avec une application numérique directe en utilisant l'exemple expérimental du chapitre précédent. Vous allez remarquer aussi que pour mieux comprendre les coûts de chaque technique de pompage.

V -2-1- Systèmes de pompage photovoltaïque

Rappelons que l'architecture d'un système de pompage est souvent composée de [17]:

- Générateur photovoltaïque.
- L'électronique de commande et de contrôle.
- Groupe électropompe.
- Partie hydraulique (réservoirs,...).
- Les accessoires.

Comme nous l'avons bien expliqué dans le chapitre précédent, l'utilisation de la technique de pompage dite « au fil du soleil » est la plus utilisée.

V -2-1-1- Analyse économique des systèmes de 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.

Pour évaluer le coût global actualisé du m³ d'eau pompé, il est nécessaire d'avoir certaines données, à savoir [18] :

- La durée de vie de chaque composant,
- Le coût ou l'investissement initial,

- Les coûts de maintenance annuels relatifs au système photovoltaïque,
- Les coûts de remplacements des différents sous-systèmes.

Nous remarquons que parmi les données ci-dessus, quelques unes sont connues, les autres sont estimées.

V -2-1-2- Méthode du calcul

Du point de vue de l'investisseur, les coûts actualisés du système de pompage permettent de comparer les coûts entre différentes options. Son importance est liée au fait que certaines options nécessitent de gros investissements de départ et des frais d'exploitation et de maintenance relativement faibles, alors que d'autres présentent la situation inverse. Dans ces conditions, une analyse des coûts devra inclure le coût du financement du capital ainsi que la valeur actualisée des coûts d'exploitation, d'entretien et de remplacement sur la durée de vie prévue du système de pompage. Cette analyse s'appelle le calcul des coûts sur la durée de vie [8].

V -2-1-3- 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 [19]:

$$I_{tot} = C_{GPV} + C_{Ond} + C_{Mp} + C_{Res} + C_{Acc}$$

Sachant que :

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

$$C_{GPV} = P_M * N_M$$

Avec :

P_M : Prix du module.

N_M : Nombre de modules.

C_{Ond}, **C_{Mp}**, **C_{Res}**, **C_{Acc}** : sont respectivement coût de l'onduleur, motopompe Réservoir, et accessoires.

V -2-1-4- 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:

$$C_{GA} = A_{Tot} + E_{Tot}$$

Avec :

A_{Tot} : L'amortissement total.

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

V -2-1-5- 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 [19, 20].

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

$$A_{Tot} = A_{GPV} + A_{OND} + A_{MP} + A_{RES} + A_{ACC}$$

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

➤ **Amortissement du générateur :**

$$A_{GPV} = C_{GPV}/N_1$$

➤ **Amortissement de l'onduleur :**

$$A_{OND} = C_{OND}/N_2$$

➤ **Amortissement du groupe motopompe :**

$$A_{MP} = C_{MP}/N_3$$

➤ **Amortissement du réservoir :**

$$A_{RES} = C_{RES}/N_4$$

➤ **Amortissement des accessoires :**

$$A_{ACC} = C_{ACC}/N_5$$

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

$$A = C/N$$

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 [8, 19] :

Tableau V.1 : Les estimations des durées de vie des composants.

Equipements	Générateur PV	Electropompe	Onduleur	Réservoir	Accessoires
Durée de vie (an)	20	7	7	20	20

Pour mieux récapituler la procédure de calcul des coûts de l'investissement et de l'amortissement du système PV, l'organigramme de figure V.2 Montre les étapes à suivre :

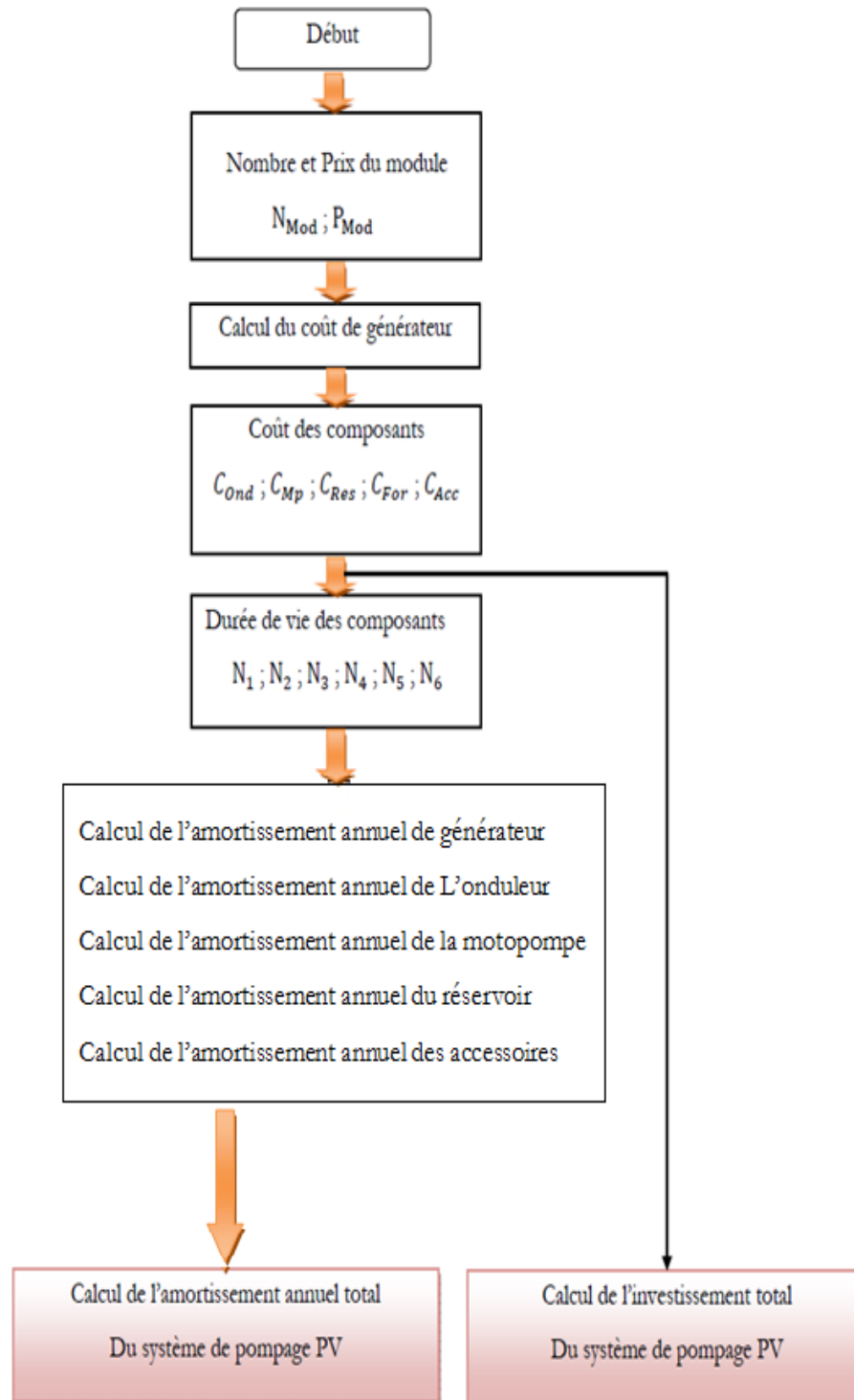


Figure V.2 : Organigramme du calcul de l'investissement et de l'amortissement du système PV.

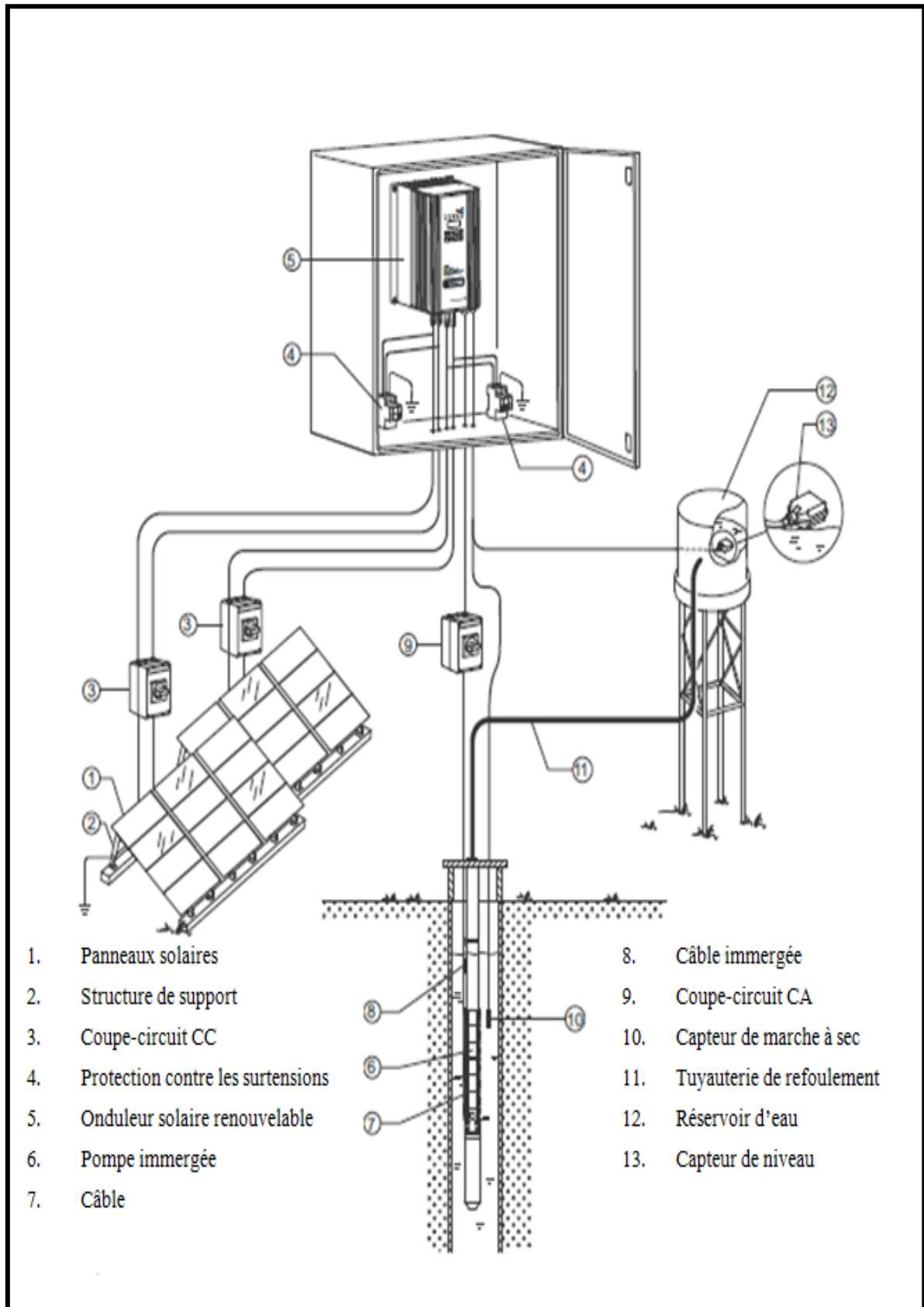


Figure V.3 : Schéma synoptique de Pompage PV montre tous les composants du système PV.

Tableau V.2 : l'investissement total des accessoires de système de pompage PV.

N°	Désignation	Unité	QTE	PU	MONTANT (DA)
1	Armoire : pour onduleur avec (coffret de protection AC/DC)	U	1	50.000	50.000
2	Structure Porteuse formée d'un cadrage de cornières (de 40mm, Eps=4 mm) montée sur 4 piliers métalliques tubulaires (Ø =110mm, Eps=4 mm) de 9 à 11 m (8m hauteur minimum depuis le sol, avec une inclinaison de 32°) avec renforcement par des tubes métalliques API sur les 4 cotés soudés au dessous d'1 m de l'extrémité inférieur du cadrage de la structure porteuse.	U	1	430.000	430.000
3	Socle en béton armé, en ciment CRS dosé 400 kg/m ³ pour un volume d' 1 m ³ pour chaque piliers métalliques	U	4	20.000	80.000
4	Câble immergé 4*2,5 mm ²	ml	FF	100.000	100.000
5	Câble solaire 2*4 mm ²	ml	20	1.000	20.000
6	Colonne Montante en PEHD (Ø =40 mm, 10 bars).	ml	25	500	12.500
7	Tube galvanisé pour refoulement avec accessoires	ml	12	500	6.000
8	Piquet de mise à la terre avec câble 1.5 mm	U	1	15.000	15.000
9	Câble de sécurité	ml	15	500	7.500
10	Capteur de marche à sec	U	1	15.000	15.000
11	câble de connexion de section (souple 2*1.5) pour capteur de marche à sec	ML	FF	10.000	10.000
12	Capteur de niveaux pour réservoir	U	1	2.500	2.500
13	câble de connexion de section (souple 2*1.5) pour Capteur de niveaux pour réservoir	ML	FF	10.000	10.000
				HT	758.500
				TVA 17%	128.945
				TTC	887.445

Donc :

Besoin (m³ / j) = 19

Besoin (m³ / an) = 6935

Nb de module = 8

Prix de module = 45.000 DA

Tableau V.3 : coût total de l'investissement et de l'amortissement de système de pompage PV.

	Investissement (DA)	Durée de vie (ANS)	Amortissement (DA)
Générateur	360.000	20	18.000
Onduleur	300.000	7	42.857
Electropompe	50.000	7	7.143
Réservoir	900.000	20	45.000
Accessoires	887.445	20	44.372
Inves Total	2.497.445	Amorti Total	157.372

V -2-1-6- Calcul de l'entretien et de la maintenance annuel total

Malgré la fiabilité des pompes solaires, il est indispensable de veiller à leur bon fonctionnement par un entretien périodique. Dans la mesure où les hypothèses de départ peuvent être différentes, le coût de l'entretien est très difficile à évaluer dans le temps. Pour calculer un coût moyen annuel, l'approche la plus raisonnable est basée sur une expérience vécue sur le terrain qui, aussi théorique qu'elle soit, donnerait un ordre de grandeur réaliste [20].

Le calcul du coût d'entretien total annuel du système est donné par l'expression :

$$E_{Tot} = E_{GPV} + E_{Ond} + E_{Mp} + E_{Res} + E_{Acc}$$

Sachant que le coût de l'entretien de chaque composant est calculé comme suit :

- **Le coût de l'entretien du générateur :**

$$E_{GPV} = C_{GPV} * Rt_1$$

- **Le coût de l'entretien de l'onduleur :**

$$E_{Ond} = C_{Ond} * Rt_2$$

- Le coût de l'entretien t du groupe motopompe :

$$E_{Mp} = C_{Mp} * Rt_3$$

- Le coût de l'entretien du réservoir :

$$E_{Res} = C_{Res} * Rt_4$$

- Le coût de l'entretien des accessoires :

$$E_{Acc} = C_{Acc} * Rt_5$$

$Rt_1, Rt_2, Rt_3, Rt_4, Rt_5$: Sont les coefficients d'estimations du coût de l'entretien par rapport à l'investissement initial des composants.

Là aussi, pour mieux récapituler la procédure de calcul des coûts de l'entretien annuel total du système de pompage PV, l'organigramme de figure 5.4. Montre les étapes à suivre

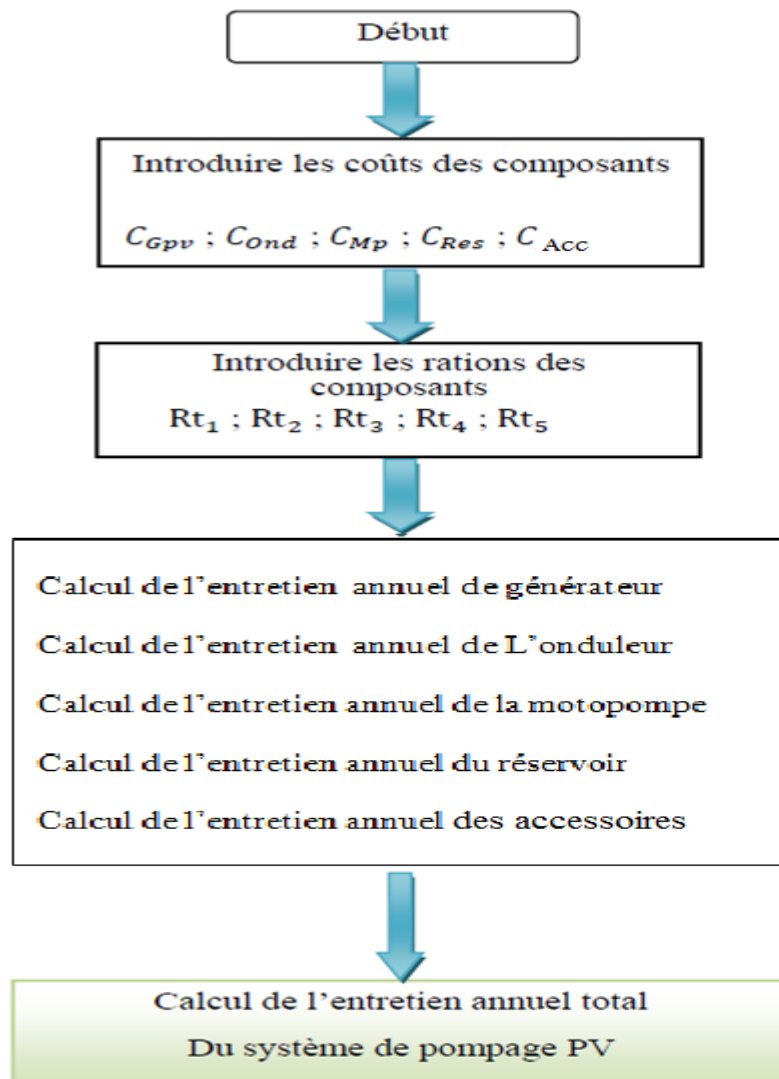


Figure V.4 : Organigramme du calcul d'entretien annuel total du système PV.

Le calcul de l'entretien et de la maintenance annuel total présenté dans le tableau suivant :

Tableau V.4: coût total d'entretien annuel de système de pompage PV.

	Investissement DA	Entretien %	coût /AN DA
Générateur	360.000	2	7.200
Onduleur	300.000	5	15.000
Electropompe	50.000	2	1.000
Réservoir	900.000	1	9.000
Accessoires	887.445	2	17.749
Inves Total	2.497.445	Coût Total d'entretien	49.949

V -2-2- Systèmes de pompage par 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 (réservoirs,..).
- ❖ Les accessoires.

Nous allons utiliser le groupe électrogène dont les données techniques sont présentées dans l'annexe 5.

V -2-2-1- Calcul 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 :

$$I_{tot} = C_{GE} + C_{Mp} + C_{Res} + C_{Acc}$$

Sachant que :

C_{GE} : Coût du Groupe Electrogène

C_{Mp} , C_{Res} , C_{Acc} : sont respectivement coût de l'onduleur, motopompe Réservoir, et accessoires.

V -2-2-2- Calcul 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 :

$$A_{Tot} = A_{GE} + A_{MP} + A_{RES} + A_{ACC}$$

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

➤ **Amortissement du groupe électrogène :**

$$A_{GE} = C_{GE}/N_1$$

➤ **Amortissement du groupe motopompe :**

$$A_{MP} = C_{MP}/N_2$$

➤ **Amortissement du réservoir :**

$$A_{RES} = C_{RES}/N_3$$

➤ **Amortissement des accessoires :**

$$A_{ACC} = C_{ACC}/N_4$$

Tableau V.5 : l'investissement total des accessoires de système de pompage par groupe électrogène.

N°	Désignation	Unité	QTE	PU	MONTANT (DA)
1	Socle en béton armé, en ciment CRS dosé 400 kg/m ³ pour mettre le Groupe électrogène,	U	1	20.000	20.000
2	Câble immergé 4*2,5 mm ²	ml	FF	100.000	100.000
3	Câble solaire 2*4 mm ²	ml	20	1.000	20.000
4	Colonne Montante en PEHD (Ø =40 mm, 10 bars)	ml	25	500	12.500
5	Tube galvanisé pour refoulement avec accessoires	ml	12	500	6.000
6	Piquet de mise à la terre avec câble 1.5 mm	U	1	15.000	15.000
7	Câble de sécurité	ml	15	500	7.500
8	Capteur de marche à sec	U	1	15.000	15.000
9	câble de connexion de section (souple 2*1.5) pour capteur de marche à sec	MI	FF	100.00	10.000
10	Capteur de niveaux pour réservoir	U	1	2.500	2.500
11	câble de connexion de section (souple 2*1.5) pour Capteur de niveaux pour réservoir	ML	FF	10.000	10.000
				HT	218.500
				TVA 17%	37.145
				TTC	255.645

Tableau V.6 : coût total de l'investissement et de l'amortissement de système de pompage par groupe électrogène.

	Investissement (DA)	Durée de vie (ANS)	Amortissement (DA)
groupe électrogène	140.000	5	28.000
Electropompe	50.000	7	7.143
Réservoir	900.000	20	45.000
Accessoires	255.645	20	12.782
Inves Total	1.345.645	Amorti Total	92.925

V -2-2-3- Calcul de L'entretien et de la maintenance annuel total

Le calcul du coût d'entretien total annuel du système est donné par l'expression :

$$E_{Tot} = E_{GE} + E_{Mp} + E_{Res} + E_{Acc}$$

Sachant que le coût de l'entretien de chaque composant est calculé comme suit :

- **Le coût de l'entretien du groupe électrogène :**

$$E_{GE} = C_{GE} * Rt_1$$

- **Le coût de l'entretien t du groupe motopompe :**

$$E_{Mp} = C_{Mp} * Rt_2$$

- **Le coût de l'entretien du réservoir :**

$$E_{Res} = C_{Res} * Rt_3$$

- **Le coût de l'entretien des accessoires :**

$$E_{Acc} = C_{Acc} * Rt_4$$

Rt_1, Rt_2, Rt_3, Rt_4 : Sont les coefficients d'estimations du coût de l'entretien par rapport à l'investissement initial des composants.

Tableau V.7 : coût total d'entretien annuel de système de pompage par groupe électrogène.

	Investissement	Entretien	coût /AN
	DA	%	DA
groupe électrogène	140.000	19	26.600
Electropompe	50.000	2	1.000
Réservoir	900.000	1	9.000
Accessoires	255.645	2	5.113
Inves Total	1.345.645	Coût Total d'entretien	41.713

V -2-2-4- 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 par la formule [20] :

$$C_{d/l} = C_d + C_l$$

C_d : Coût du carburant (diesel)

C_l : Coût des lubrifiants

Sachant que, d'une part :

$$C_d = P * Cons/an + X * C_{Tran}$$

P : Prix de litre du carburant.

X : La distance séparant le site d'installation à la vile. (Taïbet – puits Darmoum 48 Km).

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

Et $Cons/an$ est la consommation annuelle calculée par :

$$Cons/an = Cons/j * 365$$

Avec $Cons/j$ la consommation journalière.

$$Cons/an = Cons/h * NH$$

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

$Cons/h$: Consommation horaire (donnée constructeur).

D'autre part : Le coût des lubrifiants C_l

$$C_l = (P * Cons/an) * 20\%$$

p : Prix de litre du carburant.

Besoin (m^3 / j) = 19

Besoin (m^3 / an) = 6935.

Temps de pompage(H) = 7 (donné par le constructeur) Puissance de groupe diesel = 5 kVA

Tableau V.8 : coût total de l'exploitation de système de pompage par groupe électrogène.

	Cons/h	Cons/j	Cons/an	Prix du litre du carburant (DA)	Distance (KM)	Coût du transport /KM
Invest (DA)	4	28	10.220	21	48	60
Coût de Carburant /An (DA)	217.500					
Coût de Lubrifiant /An (DA)	42.924					
Coût total D'exploitation (DA)	260.424					

V -2-3- Résultats comparatifs



Il est souvent et pratiquement très difficile de décider lequel des techniques de pompage d'eau, solaire photovoltaïque ou par groupe électrogène, est plus intéressant par son coût inférieur et sa fiabilité. En effet, plusieurs paramètres spécifiques au site doivent être prises en charge (éloignement du site, caractéristiques du site, coût de l'investissement, approvisionnement en carburant et lubrifiant, conditions

d'exploitation...etc.). Néanmoins, une comparaison de coût total peut se faire rapidement en comparant le coût global actualisé du m³ d'eau pompé Cette comparaison globale est souvent décisive sur l'acceptation ou le rejet du projet d'investissement.

Tableau V.9 : Résultats comparatifs entre deux system de pompage Photovoltaïque / Electrogène.

Besoin (m³ / j) = 19.

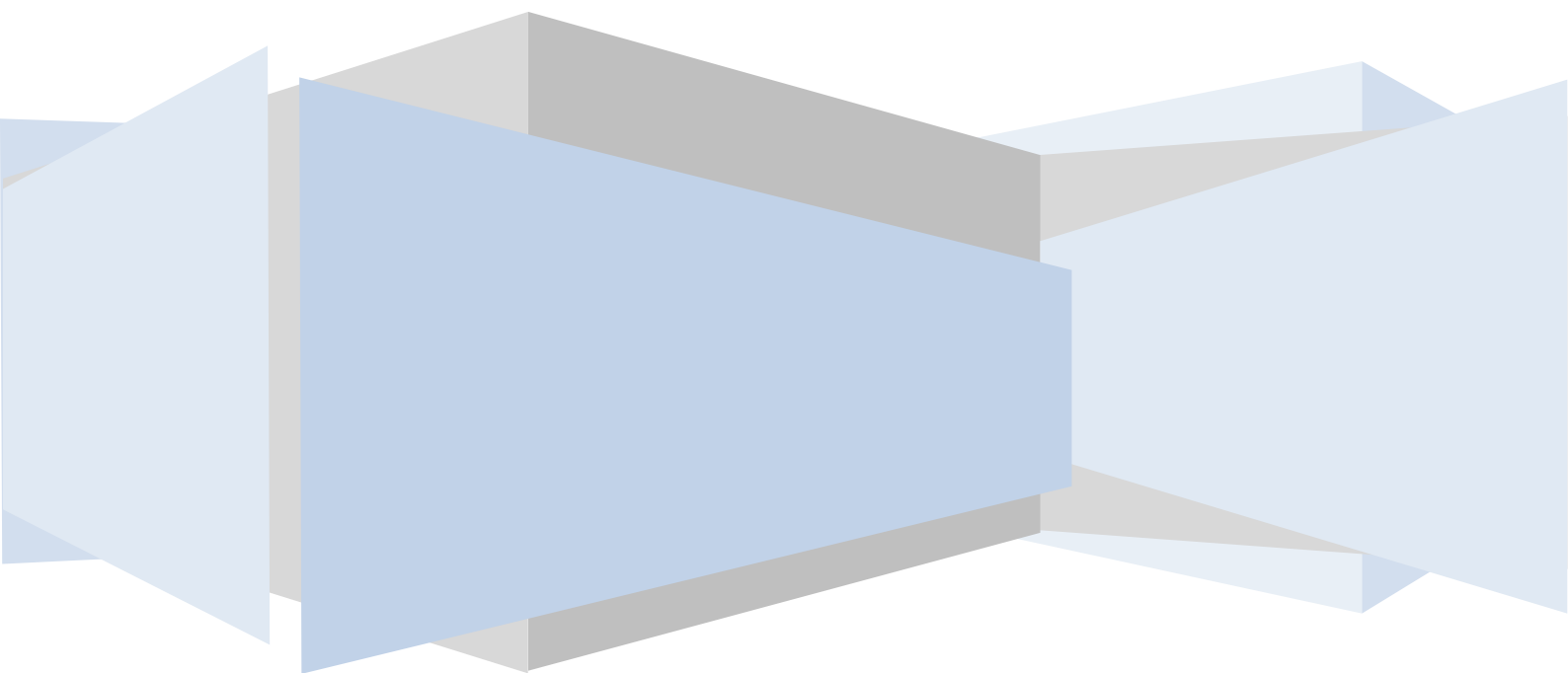
Besoin (m³ / an) = 6935.

	 System pompage photovoltaïque	 System pompage groupe électrogène
Coût Amortissement DA	157 372	92 925
Coût Entretien DA	49 949	41 713
Coût Exploitation (DA)	0	260424
Coût global (DA)	207 321	395 062
Coût de m³ d'eau	<u>30</u>	<u>57</u>

V -3- Conclusion

Ce chapitre a été consacré à une étude économique comparative détaillée entre les deux techniques de pompage d'eau, pompage par énergie solaire photovoltaïque et pompage par groupe électrogène. Après une analyse approfondie de chaque technique, nous avons comparé les deux techniques de pompage par une étude comparative du coût global actualisé du m³ d'eau pompé. Le system pompage photovoltaïque après l'étude économique (l'investissement, l'amortissement et l'entretien) on a trouvé le coût global de m³ pompé est mois chère par apport au system de pompage par groupe électrogène.

Conclusion générale



Conclusion générale

Ce travail a été consacré à une étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque dans le site de Ouargla. On peut rapidement comprendre et justifier l'intéressement à l'énergie solaire pour pomper l'eau. D'abord, l'énergie solaire photovoltaïque est une énergie propre, silencieuse, disponible et gratuite. C'est d'ailleurs ce qui explique que son utilisation connaît une croissance significative dans le monde. D'autre part, la demande d'énergie électrique, essentiellement pour les besoins des zones rurales et les sites isolés, ne cessent d'augmenter, en particulier, les systèmes de pompage d'eau. Classiquement sur ce type de site, 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.

En générale, la problématique posée lors de la conception d'un système de pompage, par énergie solaire photovoltaïque, est le coût élevé du mètre cube d'eau pompé. Il faut comprendre que pour produire l'eau, mais avec un coût abordable, trois conditions doivent être étudiées soigneusement :

Premièrement, l'amélioration de la captation d'ensoleillement par les panneaux solaires afin récupérer le maximum d'énergie possible. Nous avons développé spécialement pour ce besoin, un programme informatique pour simuler les différentes inclinaisons des panneaux. Les résultats nous ont bien confirmé que la meilleure inclinaison des panneaux solaires photovoltaïques pour un usage à longueur d'année est celle de la latitude de l'endroit où sont installés les capteurs. Environ 32° pour notre site d'application de Ouargla.

Deuxièmement, l'exploitation maximale de l'énergie captée afin de tirer le maximum de puissance électrique disponible au niveau du générateur PV.

La troisième et dernière condition concerne le dimensionnement optimal du système de pompage. Nous avons montré que dans un souci de simplification et de minimisation des coûts, il est plus intéressant d'utiliser un stockage de l'eau dans des réservoirs hydrauliques au lieu de stocker l'énergie électrique dans des batteries. Le système obtenu est alors avec un fonctionnement naturel, et donc à priori très fiable et à coût minimum.

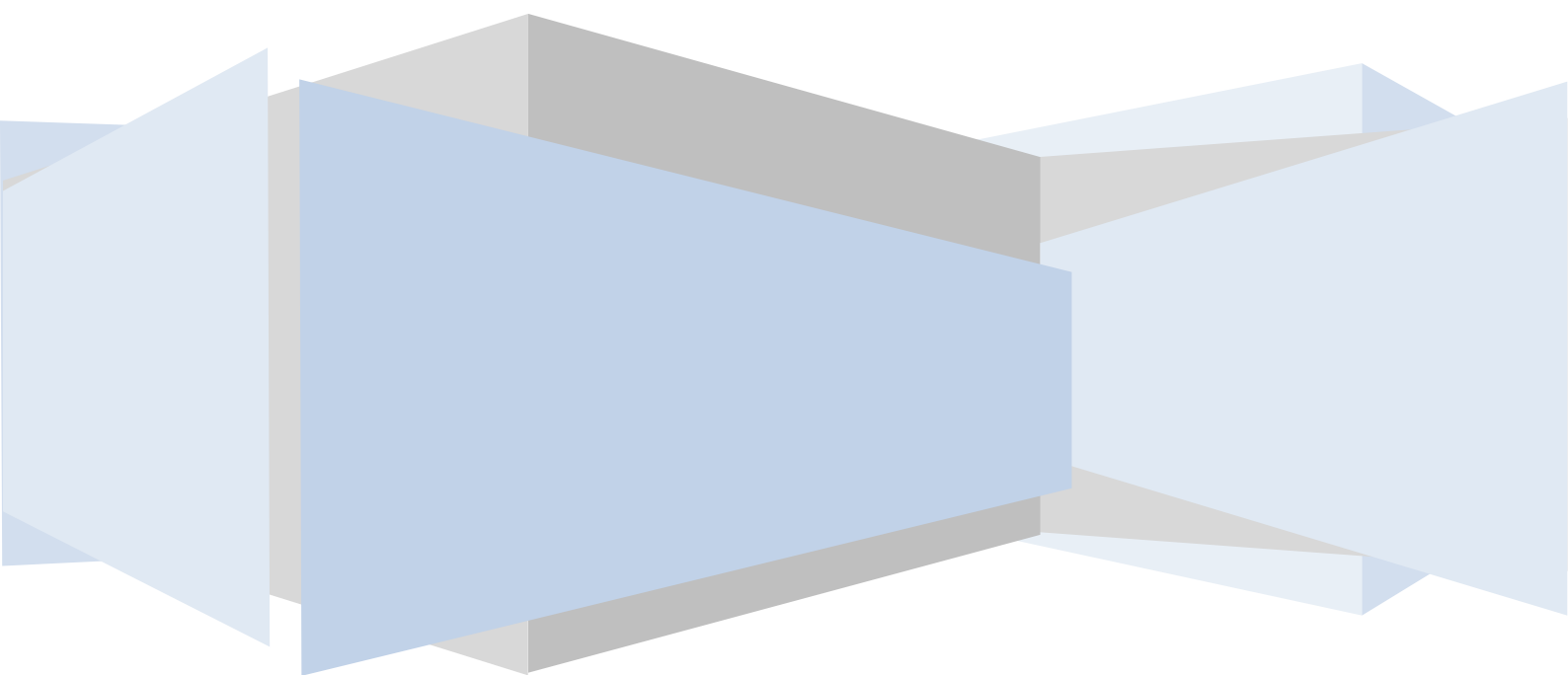
Ce système de pompage solaire est conçu pour un approvisionnement en eau dit « au fil du soleil ». C'est à dire une durée de pompage tout au long de la journée.

Pour mieux analyser les contraintes de l'exploitation d'un système de pompage d'eau, nous avons présenté résultat obtenus d'une étude qui a dimensionnement d'une installation de pompage photovoltaïque pour des puits de parcours situé sur la région de Ouargla. Nous avons montré que le site de Ouargla présente un climat favorable à ce type d'énergie nouvelle ; la région de Ouargla est étendue sur une surface de plus de 163 233 km² avec un ensoleillement de plus de 5 kWh/m²/ jour, ainsi que des ressources importantes d'eau souterraine. Une autre coïncidence très importante favorise encore l'utilisation pour de ce type d'énergie le pompage d'eau à Ouargla est que la demande d'eau, surtout pour fournir de l'eau pour les animaux qui vivent dans les zones désertiques en particulier les chameaux. Ce le problème se pose particulièrement dans les sites isolés.

Une étude économique comparative détaillée entre les deux techniques de pompage d'eau, pompage par énergie solaire photovoltaïque et pompage en utilisant des groupes électrogènes, nous a appris l'importance du calcul du coût du kWh produit. L'exemple applicatif que nous avons utilisé pour mieux comprendre le coût dans chaque technique, nous a montré que la technique de pompage par groupes électrogènes semble être la moins coûteuse au début de l'exploitation. La balance devienne clairement en faveur de la solution de pompage par énergie solaire photovoltaïque après quelques années d'exploitation . Le point « faible » de cette dernière solution reste l'investissement initial qui favorise clairement la solution de pompage par groupe électrogène. Cela ne veut pas dire que la technique de pompage par groupe électrogène sera systématiquement la meilleure. En effet, notre étude et analyse ont montré qu'il faut prendre en considérations d'autres facteurs importants lors d'un éventuel investissement.

Enfin, bien qu'il soit plus claire maintenant que ce n'est pas toujours facile de choisir laquelle des deux techniques de pompage d'eau est la meilleure, il semble que l'avenir est pour l'énergie solaire photovoltaïque. En effet, l'augmentation incontrôlée des prix des carburants et l'épuisement inévitable de ce type de ressources classiques favorisent considérablement l'utilisation des énergies renouvelables. Par conséquent, le développement de ce type d'énergie décentralisé, en particulier dans le sud de notre pays, est très recommandé puisqu'il permet l'accès à l'eau facilement et à moindre coût dans n'importe quel endroit.

Références bibliographiques

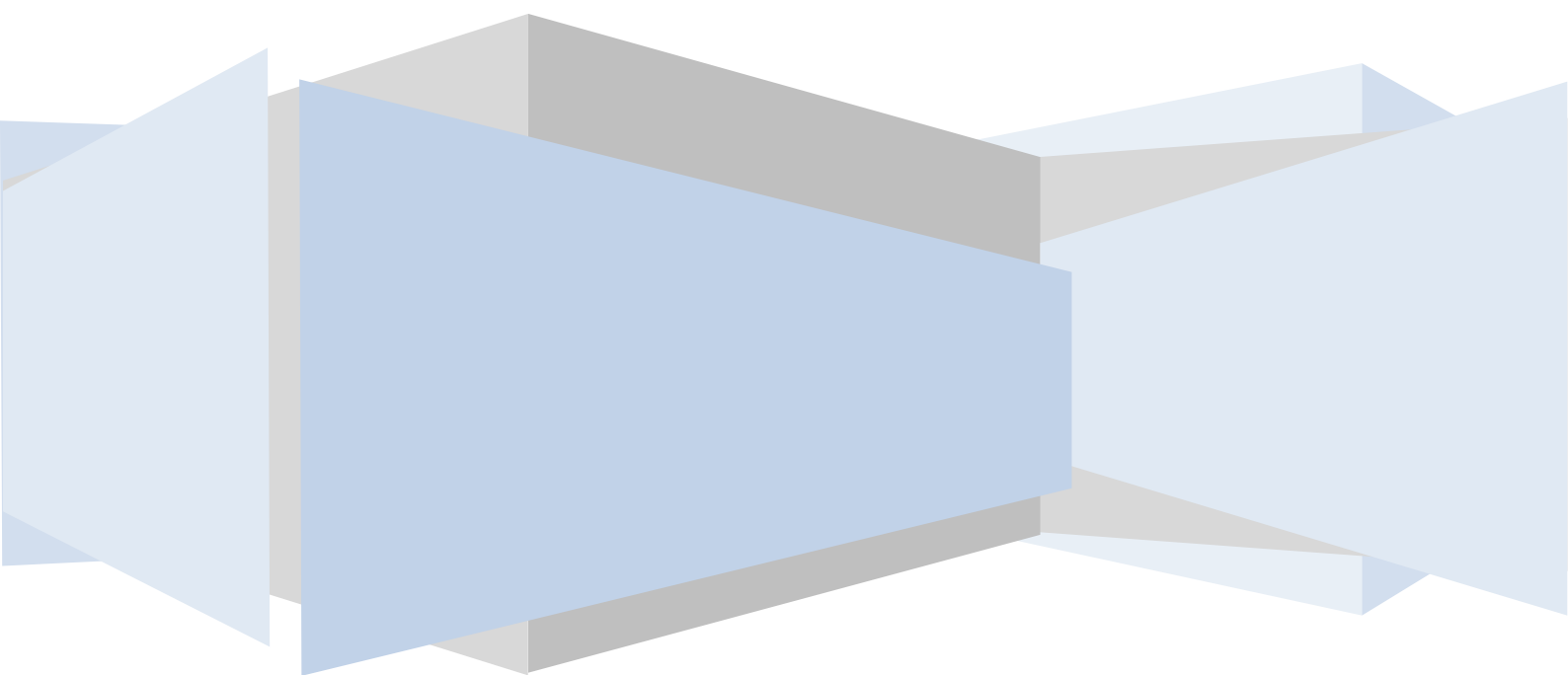


Références bibliographiques

- [1] J. Royer, T. Djiako, E. Schiller, B. Sada Sy, « le pompage photovoltaïque », Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, IEPF/Université d'Ottawa /EIER/CREPA/ IEPF/CREPA.
- [2] A. Labouret, M. Viloz, « Energie solaire photovoltaïque », Dunod, Paris, (2003, 2005), ISBN 2 10049052 4.
- [3] B. Flèche, D. Delagnes, « Energie solaire photovoltaïque », juin 07, STI ELT Approch générale.
- [4] A. Oi. « Design and simulation of photovoltaic water pumping system », Thèse de Doctorat, California Polytechnic State University San Luis Obispo, 2005.
- [5] Solab energie et bâtiment E-link :
<https://solabel.be/photovoltaique/nos-solutions/types-de-pose..>
- [6] « Le pompage photovoltaïque » Manuel de cours, centre de developpement des energies renouvelables (CDER).
- [7] A. Labonne, « Alimentation d'une pompe à Burkina Faso », 2004.
- [8] J. Royer, T. Djako, « Le pompage photovoltaïque », Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, Université d'Ottawa, 2002.
- [9] B. Molle, « Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation », juin 1996.
- [10] B. Multon, H. B. Ahmed, N. Bernard, « Les moteurs électriques pour applications de grande série », Pierre-Emmanuel CAVAREC Antenne de Bretagne de l'École Normale Supérieure de Cachan, Revue 3EI juin 2000.
- [11] UNESCO, 1972.
- [12] M. Capderou, « Atlas solaire de l'Algérie », Office des publications universitaire Tome 1' Tome 2, Algérie 1986.

- [13] OMN de Ouargla.
- [14] Ministère des ressources en eau, office national de l'assainissement, Vallée de Ouargla. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, N°6029.01-RN058 Lausanne, le 12 août 2003.
- [15] Gestion des ressources en eau souterraines au Sahara Algérien Site Web : www.abhs.dz
- [16] ANRH, 2013.
- [17] S. LABED. « Le pompage photovoltaïque et le développement des régions sahariennes », Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS) Ouargla - 12 et 13 décembre 2005. Pompage Photovoltaïque 'Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 19-26.
- [18] B. Bouzidi et A. Malek, « Analyse économique des systèmes énergétiques-station de pompage », Rev.Energ.Ren : ICPWE(2003)53-60.
- [19] B.Chabot From cost to prices : « Economic analysis of PV energy and services progress in photovoltaics research and applications », Vol 6.P55-68 (1998).
- [20] 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.
- [21] B. Azoui et M. Djarallah, « Dimensionnement et expérimentation d'un système photovoltaïque de pompage d'eau utilisant un moteur à aimants permanents sans balais collecteur », Journée d'Etude sur l'Energie Solaire, Mardi 01 mars 2005, Bejaia.
- [22] L.Khattache , Etude et commande d'un système éolien à base d'une machine électrique à double alimentée ", mémoire de magister, Batna, 2007.

Annexes



1- Schéma abri solaire rectifié

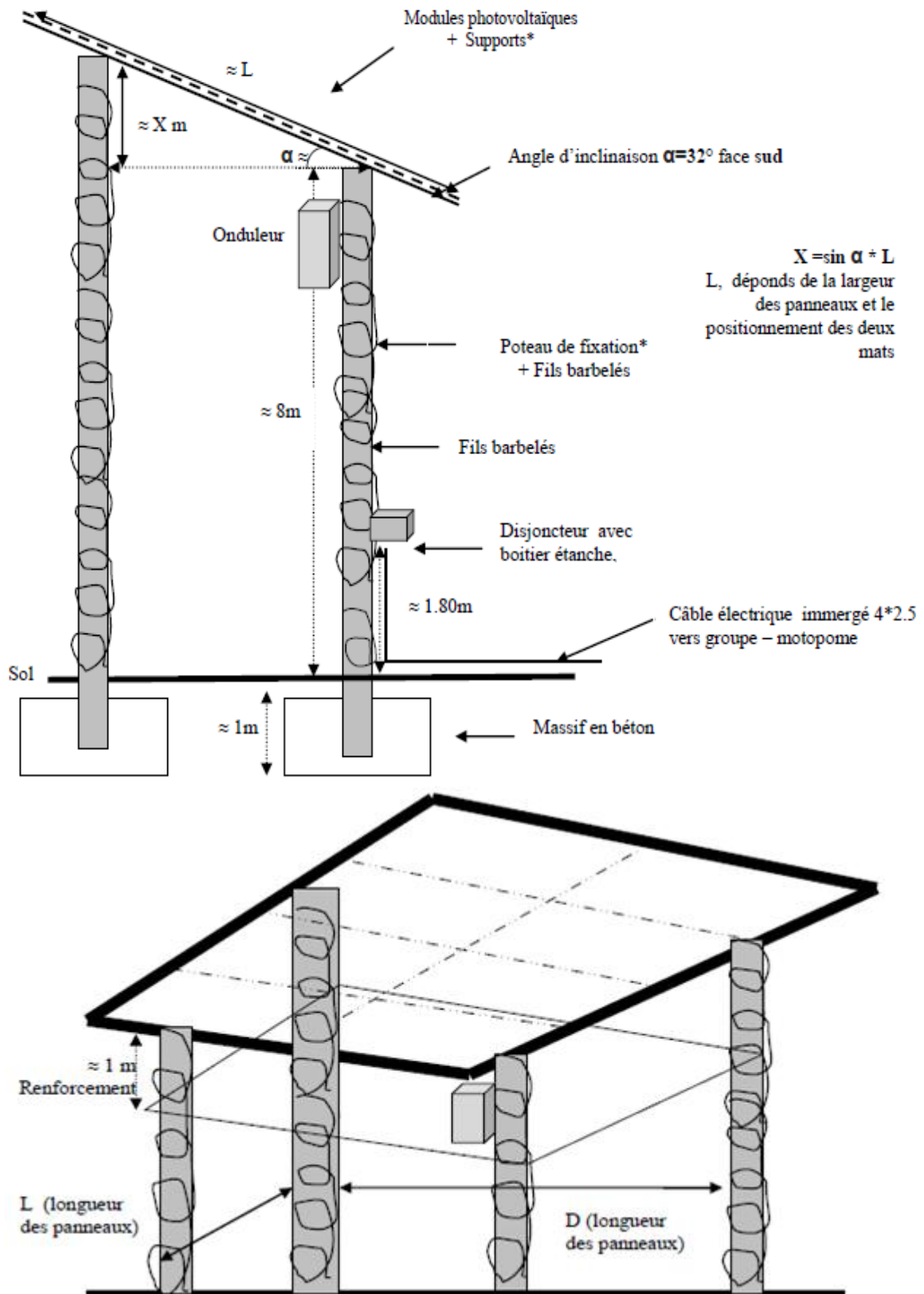


Figure A1 : Schéma explicative des panneaux photovoltaïques sur structure montée.

2- Base de données – Rayonnement solaire

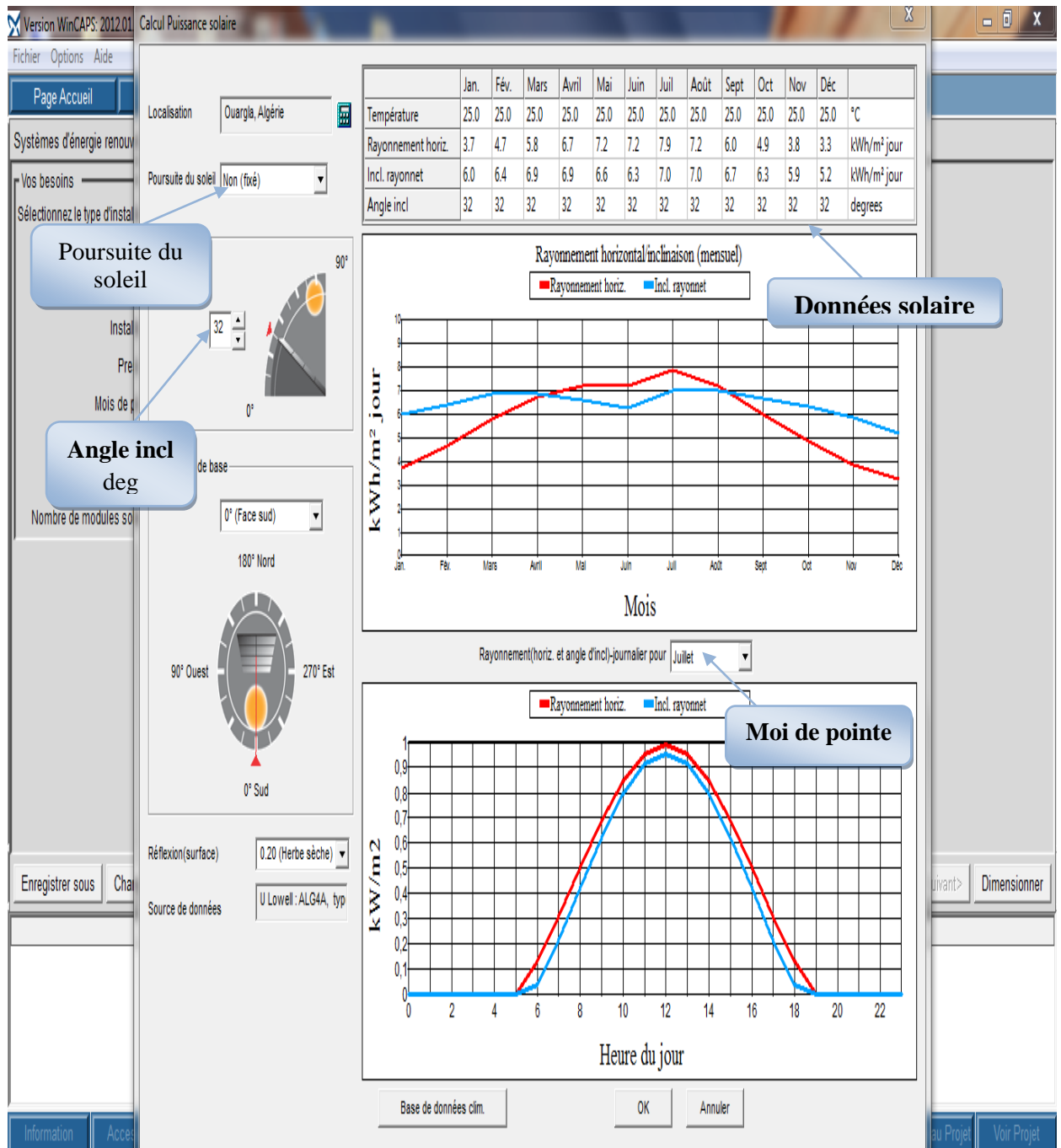


Figure A2 : Ecran correspondant à la base de données

de la région de Ouargla.

Pour le calcul du dimensionnement du générateur photovoltaïque et l'irradiation globale sur le plan incliné, la connaissance de certains paramètres du site d'installation est nécessaire comme indiqué sur la figure A2.

3- Base de données – Modules Photovoltaïques

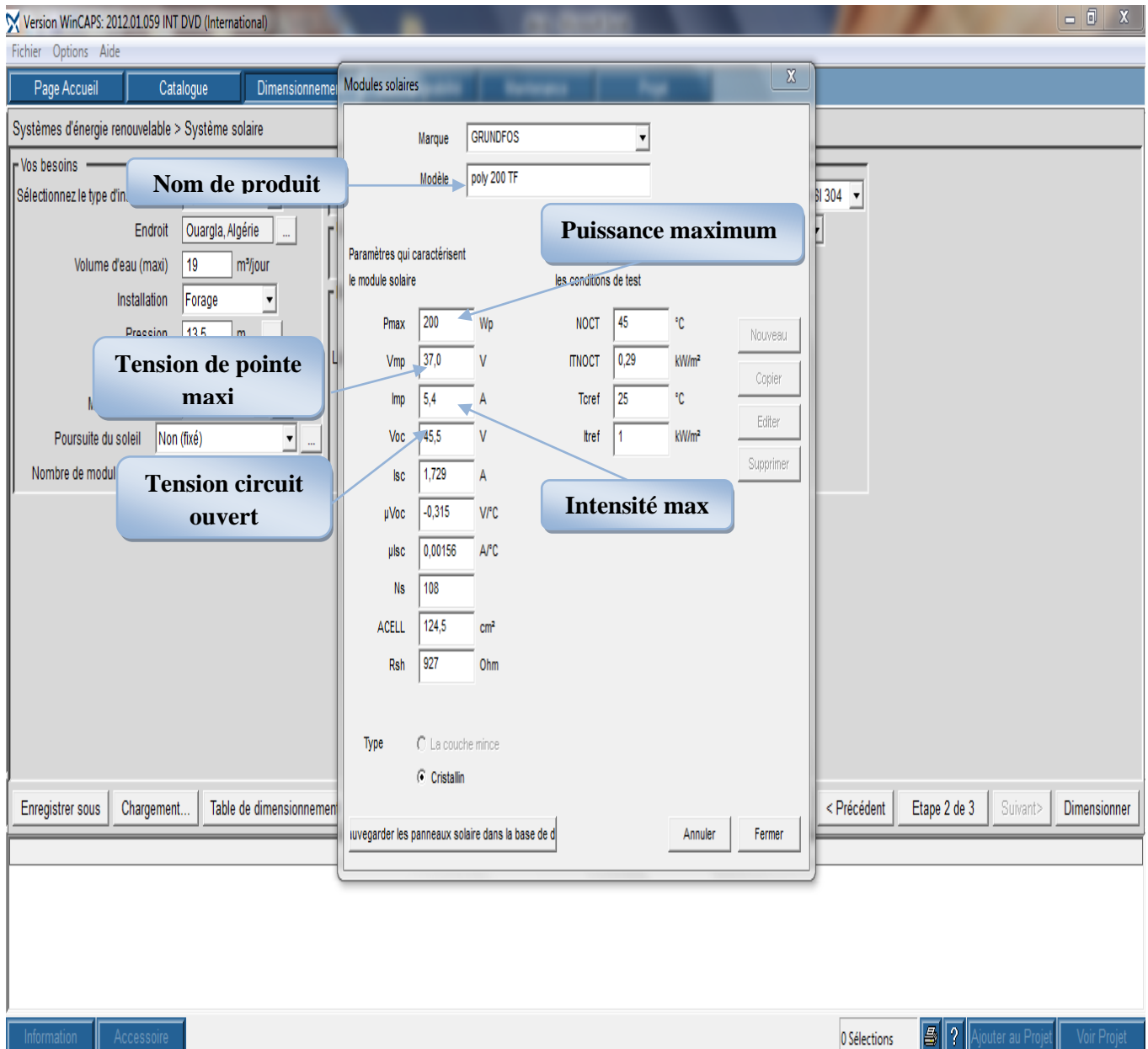


Figure A3 : Ecran relatif à la base de données des modules photovoltaïques.

Cette base de données fournit les caractéristiques électriques des modules photovoltaïques de divers fabricants. Sur ces écrans figurent les principales caractéristiques électriques du module photovoltaïque utilisé.

4- Base de données – motopompe

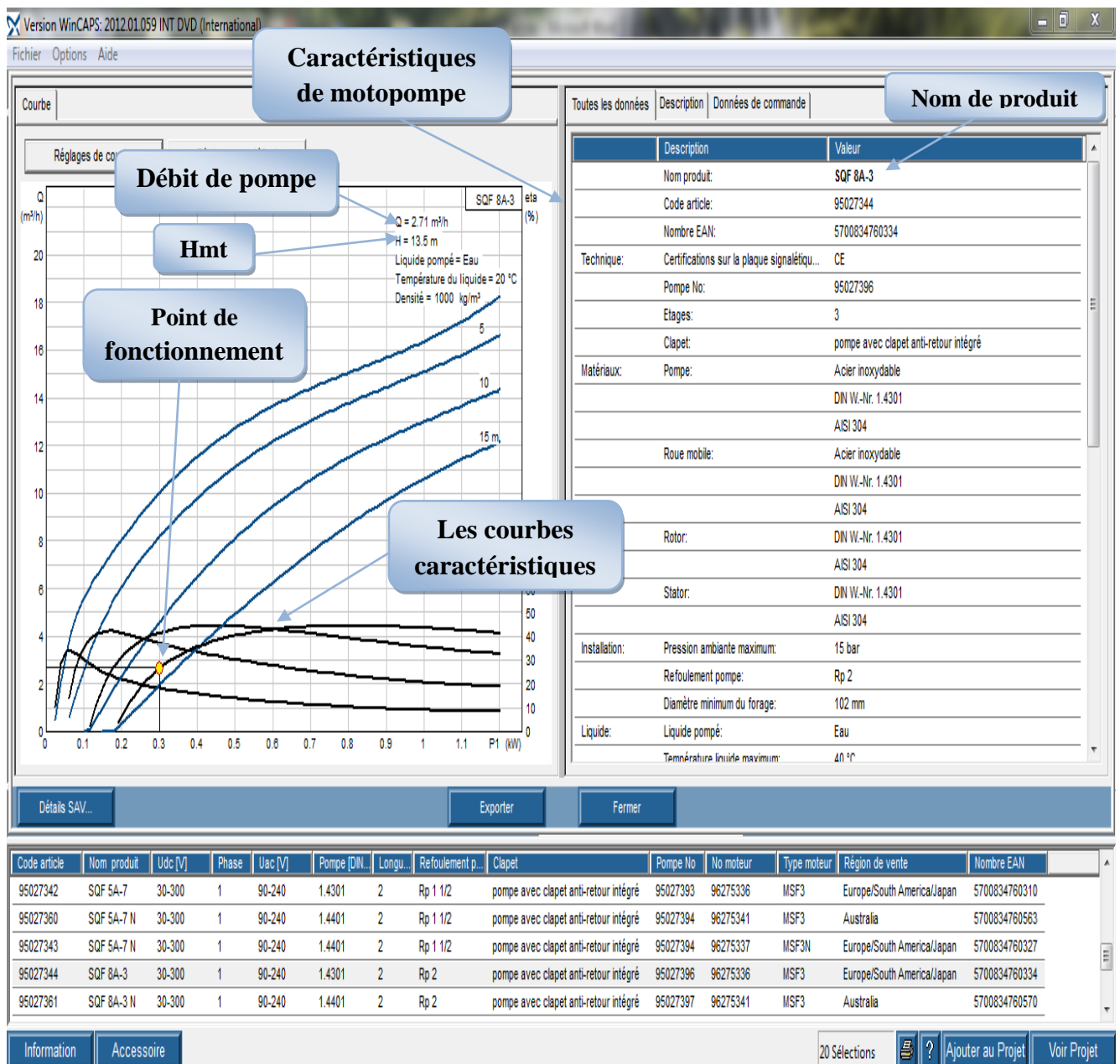


Figure A4 : Ecran relatif aux caractéristiques de la motopompe sélectionnée
SQF 8A-3.

Lors de l'introduction des données et pour permettre une meilleure caractérisation de la motopompe sélectionnée, il est mis à disposition en plus des caractéristiques électriques.

5- Base de données – groupe électrogène

GROUPE ELECTROGENE DIESEL 5 KW 400V TRIPHASE TARUS

E-START | 400V/230V | CE&ISO9001 | Fiable et
fortement!

Groupe électrogène Diesel Generator Tarus
LDG5000CLE Deluxe

Un démarreur électrique

Tension nominale de 400 V & 230 V

Fiable et fortement!

DIESEL GÉNÉRATEUR avec 4,6Kw
performance! E-START !

Tension nominale de 400 V & 230 V

1x 400v + 1x 230 V + 1x 12 V

DIESEL Groupe électrogène avec 4,6Kw
performance! E-START !

Facture avec TVA et 2 années garantie!

Equipement

Puissance:

En continu: 4400 W

, De pointe : 4600 W

Puissance de Moteur 9 CV

Capacité réservoir / Durée de service à réservoir
plein (maxi) 12,5L / 9 heures

Tension :

1 x 400 , 1 x 230 V , 1 x 12V

Données techniques

Type: Tarus Stromerzeuger LDG5000CLE

DeLuxe

Moteur: Diesel, un cylindre à 4 temps, refroidi à
l'air

Carburant: Diesel

Cylindrée: 406 cc

Dimensions: 740 x 475 x 590 mm

Poids: 93 kg

Vous êtes fournis:

Rémarchandise

Années de garantie

Facture sur avec TVA

Sécurité : CE

Qualité : ISO9001 certification!!



Figure A5 : Ecran de la base de données
relative au groupe électrogène.

ملخص :

المياه و الطاقة من أهم العناصر الأساسية و الضرورية للحياة. نظرا للتزايد المستمر في الطلب على الطاقة والنضوب المستقبلي المحتم للمصادر التقليدية، أصبح من الضروري البحث عن مصادر بديلة لإنتاج الطاقة مثل الطاقات المتجددة. تعتبر الطاقة الشمسية من أهم المصادر استعمالا لما لها من مميزات كثيرة.

تهدف هذه المذكرة إلى دراسة فعالية تقنية الضخ بالألواح الشمسية لأبار المياه في المناطق الرعوية الجافة المنعزلة التابعة لمنطقة ورقلة (مناطق معزولة غير موصولة بالشبكة الكهربائية).

الدراسة مرتكزة على الجانب النظري للقدرة الهائلة للطاقة الشمسية (المنجم الشمسي) في الصحراء الجزائرية والتطرق إلى مختلف طرق الضخ باستعمال ألواح الطاقة الشمسية. كما تطرقت الدراسة إلى جانب تطبيقي ومقارن من خلال دراسة بئرين رعويين في منطقة الطيبات بورقلة .

من خلال هذا العمل استخلصنا أن استعمال هذه التقنية في هاته المناطق هو مكسب لتطوير قطاع الثروة الحيوانية في الصحراء الجزائرية.

الكلمات المفتاحية : المياه, الطاقات المتجددة, الضخ الشمسي , الأبار الرعوية, المناطق الجافة المعزولة , المنجم الشمسي, الصحراء الجزائرية, الطيبات ورقلة.

Résumé :

L'eau et l'énergie sont parmi les plus importants éléments essentiels et indispensables à la vie. La demande croissante de l'énergie et l'épuisement futur inévitable des sources classiques exigent des recherches sur des sources alternatives, comme les énergies renouvelables. L'énergie solaire est très utilisée à cause de ces nombreuses qualités.

L'objectif de cette mémoire est l'étude de faisabilité des techniques de pompage solaire pour les puits de parcours des sites arides isolés dans la région de Ouargla (endroits isolés non connectés au réseau électrique).

Le travail scindé sur une étude théorique de gisement solaire dans le Sahara algérien et les techniques de pompage solaire afin d'établir une étude expérimentale et comparative sur des puits de parcours de la région de Taibet-Ouargla.

À partir de ce travail nous avons constaté que l'utilisation de cette énergie pour ces zones est un gain pour le développement du secteur d'élevage dans le Sahara algérien.

Mots clés : eau, énergie renouvelable, pompage solaire, puits de parcours, site aride isolé, gisement solaire, Sahara algérien, Taibet-Ouargla.