

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
Université de Saad DAHLEB – Blida 01  
Faculté des technologies  
Département Des Energies Renouvelables



## MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de  
**Master En Energies Renouvelables**  
Option: Conversion photovoltaïque

*Intitulé du sujet*

**Étude comparative entre le  
pompage solaire et le pompage par  
le réseau sonelgaz**

**Présenté par :**

- M<sup>r</sup>. BAHCENE Mohammed Amine

**Soutenu le** 04/07/2022 devant le jury composé de :

<b>President :</b>	BEDIA Asma	MCA	Université de Blida
<b>Examineur 1:</b>	MAZOUZ Halima	MCA	Université de Blida
<b>Examineur 2:</b>	BENAHMED Moumene	MCB	Université de Blida
<b>Encadré par :</b>	BOUZAKI Mohammed	Moustafa MCB	Université de Blida

**Année Universitaire 2021/2022**

## *Remerciements*

*Avant de Soumission de ce travail, je voudrais remercier Dieu tout puissant, de m'avoir permis d'atteindre ce niveau d'étude, et aussi de m'avoir donné beaucoup de patience et de courage sans oublier mon père et ma sœur qui ne m'ont rien épargné. avec toute l'assistance nécessaire pour atteindre ce niveau qui me donnera une garantie de mon avenir.*

*A travers cette modeste thèse, je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à mon honorable directeur de thèse : **BOUZAKI Mohammed Moustafa**, qui m'a encadré avec bienveillance.*

*J'exprime également ma gratitude à tous les enseignants et travailleurs du département des énergies renouvelables. Merci pour la bonne formation de base que j'ai reçue de vous, de mes amis et de tous ceux qui m'ont aidé à réaliser le projet. Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Avec tout l'amour que je porter dans mon cœur, je dédie ce mémoire aux deux êtres qui sont les plus chers au monde :*

*À Mon très cher Père EL-HASSANE : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années*

*À Ma tendre Mère MABROUKA : Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*À mes chers frères : ABDUL HAMID, MUHY ADDIN.*

*À mes chères sœurs : MOUNA, LATIFA, FATIMA EL-ZAHRA, ASMA.*

*À mes grands-parents qui auraient voulu partager cet événement avec moi s'ils n'étaient pas morts, je demande à Dieu de faire miséricorde à leurs bonnes âmes. À mes grands-mères ZAINAB, FATIMA.*

*À mes oncles, mes tantes et leurs fils, chacun en son nom.*

*À mes chers amis : BAKKAR, ABDELOUAHAB, OUSSAMA, , AYUOB, EL HADJ.*

*À tous ceux qui sont dans ma mémoire et qui n'ont pas été mentionnés dans mon mémoire.*

---

## المخلص

اليوم يتزايد الطلب على المياه لاسيما في المناطق الريفية والمناطق المعزولة حيث يصعب الحصول على الطاقة التقليدية ومعظم هذه المناطق مشمسة والمياه متوفرة فيها تحت الارض وهي نفس حالة الجزائر، إن استخدام الطاقة الشمسية في المواقع المعزولة في مختلف التطبيقات مثل ضخ المياه له أهمية قصوى لسكان البلدان النامية الذين لا يحصلون على مياه الشرب بشكل آمن . لكن للمولدات الكهروضوئية عيبان رئيسيان منخفض الكفاءة والتكلفة العالية. الغرض من عملنا هو إجراء دراسة تقنية واقتصادية للضخ الكهروضوئي مقارنة بنظام الضخ بشبكة سونلغاز ولقد اقترحنا اجراء هذه الدراسة على منطقة فلاحية في ولاية تيميمون.

الكلمات الرئيسية : المولدات الكهروضوئية ، الضخ الكهروضوئي ، الضخ بشبكة سونلغاز

## Résumé

Aujourd'hui, la demande d'eau augmente, en particulier dans les zones rurales et isolées, où l'énergie traditionnelle est difficile d'accès. La plupart de ces zones sont ensoleillées et l'eau est disponible sous terre, comme en Algérie.. De l'énergie solaire dans des endroits isolés dans diverses applications, telles que le pompage de l'eau il est d'une importance primordiale pour les habitants des pays en développement qui n'ont pas un accès sur à l'eau potable, mais les générateurs photovoltaïques ont deux inconvénients principaux : un faible rendement et un coût élevé.

Le but de notre travail est de réaliser une étude technico-économique du système de pompage photovoltaïque par rapport au système de pompage par le réseau SONELGAZ, et nous avons proposé de mener cette étude sur une zone agricole dans la Wilaya de Timimoun

**Les mots clés :** les générateurs photovoltaïques, pompage photovoltaïque, pompage par le réseau sonelgaz

## Abstract

Today, demand for water is increasing, especially in rural and remote areas, where traditional energy is difficult to access. Most of these areas are sunny and water is available underground, as in Algeria.. The use of solar energy in isolated locations in various applications, such as pumping water it is of paramount importance to people in developing countries who do not have safe access to drinking water. But photovoltaic generators have two main drawbacks: low efficiency and high cost

The purpose of our work was to conduct a technical and economic study of the photovoltaic pumping system compared to the pumping system in the SONELGAZ network and we proposed to conduct this study on an agricultural area in the Wilayat of Timimoun

**Key words:** photovoltaic generators, the photovoltaic pumping system, the pumping system with SONELGAZ.

## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

$HMT$  : Hauteur manométrique totale

$Hg$  : Hauteur géométrique

$Nd$  : Niveau dynamique

$Ns$  : Niveau statique

$\rho$  : Masse volumique de l'eau ( $\text{Kg/m}^3$ ).

$g$  : Accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ ).

$\Delta H$  : Sommes de toutes les pertes de charges dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement (tuyauteries, vannes, accessoires).

$P_{MAX}$  : Puissance maximale

$P_c$  : Puissance crête

$PV$  : Photovoltaïque

$R$  : Rabattement maximal

$V_{OC}$  : Tension (circuit ouvert)

$V_{MP}$  : Tension de système

$D_j$  : Demande journalière

$E_{elec}$  : Energie électrique

# Sommaire

---

## Sommaire

Liste des figures .....	
Liste des tableaux.....	
Liste d'abréviation.....	
Introduction Général .....	

### **Chapitre 01 : DEFINITION SUR LES SYSTEMES DE POMPAGE D'EAU**

Introduction .....	01
I.1 Définition de pompe .....	01
I.2 Différents types des pompes .....	02
I.2.1 Classification selon la conception de la pompe.....	02
I.2.2 Classification selon la position de pompe .....	05
I.2.3 Classification selon le moteur utilisé.....	06
I.3 Les éléments utilisés dans le système de pompage par réseau Sonelgaz .....	08
I.3.1 Le réseau.....	08
I.3.2 Armoire électrique .....	08
I.3.3 Le groupe électropompe : .....	09
Conclusion: .....	09

### **Chapitre 02 : Etude du système photovoltaïque**

Introduction .....	10
II.1 L'effet photovoltaïque :.....	10
II.2 Classification des systèmes photovoltaïques : .....	10
II.2.1 Système isolé ou autonome : .....	10
II.2.2 Système raccordé au réseau :.....	11
II.2.3 Système photovoltaïque de pompage d'eau :.....	11
II.3 Constitutions d'un système de pompage PV : .....	12
II.3.1 Le générateur photovoltaïque :.....	12
II.3.2 Le groupe électropompe :.....	12
II.3.3 L'électronique de commande, contrôle et de protection :.....	12
II.3.4 La partie stockage : .....	13
Conclusion: .....	13

# Sommaire

---

## Chapitre 03: Dimensionnement du Système de Pompage Photovoltaïque

Introduction .....	14
III.1 Méthode de dimensionnement.....	14
III.1.1 Evaluation des besoins en eau : .....	14
III.1.2 Dimensionnement et choix de la pompe .....	17
III.1.3 Taille du générateur PV : .....	18
III.2 Application d'un système de pompage PV sur le site d'elssabaaine.....	18
III.2.1 Présentation de la zone d'étude.....	18
III.2.2 La demande journalière.....	20
III.2.3 Choix de la pompe : .....	20
III.2.4 Calcul de l'énergie électrique .....	22
III.2.5 Calcul de la puissance crête $P_c$ .....	22
III.2.6 Calcul de nombre de panneaux solaire .....	23
Conclusion: .....	24

## Chapitre 04 : Étude comparative technico-économique

Introduction : .....	25
IV.1 Etude technique : .....	25
IV.2 Analyse économique des systèmes de pompage : .....	25
IV.2.1 les prix de pompage par système PV : .....	25
IV.2.2 Les éléments et prix de pompage pour le système connecté au réseau de SONELGAZ : .....	26
IV.3 Comparaison : .....	30
IV.3.1 Après l'installation initiale: .....	30
IV.3.2 Après 20 ans d'utilisation : .....	31
IV.4. Interprétation des résultantes : .....	32
Conclusion: .....	32
Conclusion général: .....	

## Liste des figures

---

### Liste des figures

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1</b>	Différentes techniques de pompage d'eau	01
<b>Figure 2</b>	Classification des pompes	02
<b>Figure 3</b>	La pompe volumétrique	03
<b>Figure 4</b>	La pompe centrifuge	03
<b>Figure 5</b>	Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge	03
<b>Figure 6</b>	Courbes des caractéristiques d'une pompe centrifuge	04
<b>Figure 7</b>	Courbe caractéristiques d'une pompe volumétrique	05
<b>Figure 8</b>	Pompe de surface	05
<b>Figure 9</b>	Pompe immergée	06
<b>Figure 10</b>	Moteur à courant continu avec balais au carbone	07
<b>Figure 11</b>	Moteur à courant continu sans balais	07
<b>Figure 12</b>	système photovoltaïque autonome	10
<b>Figure 13</b>	système photovoltaïque connecté au réseau	11
<b>Figure 14</b>	Hauteur manométrique total.	16
<b>Figure 15</b>	Fiche technique de la pompe	22
<b>Figure 16</b>	Fiche technique de panneau	23
<b>Figure 17</b>	Répartition des coûts entre les différents composants du système PV	26
<b>Figure 18</b>	Répartition des coûts entre les différents composants du système connecté au réseau de SONELGAZ	28
<b>Figure 19</b>	Répartition des coûts des systèmes (installation initiale)	30
<b>Figure 20</b>	Répartition des coûts des systèmes	31

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Caractéristiques des pompes volumétriques et centrifuges	04
<b>Tableau 2</b>	Avantages et inconvénients pour les deux moteurs, MCC et MAS	08
<b>Tableau 3</b>	l'architecture d'un système de pompage	25
<b>Tableau 4</b>	les prix des composent de système de pompage PV	26
<b>Tableau 5</b>	Les prix des composants d'un système de pompage par système connectée au réseau de SONELGAZ	27
<b>Tableau 6</b>	Détail de la facturation	29
<b>Tableau 7</b>	Coûts des systèmes (installation initiale)	30
<b>Tableau 8</b>	Coûts des systèmes (Après 20 ans d'utilisation)	31

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

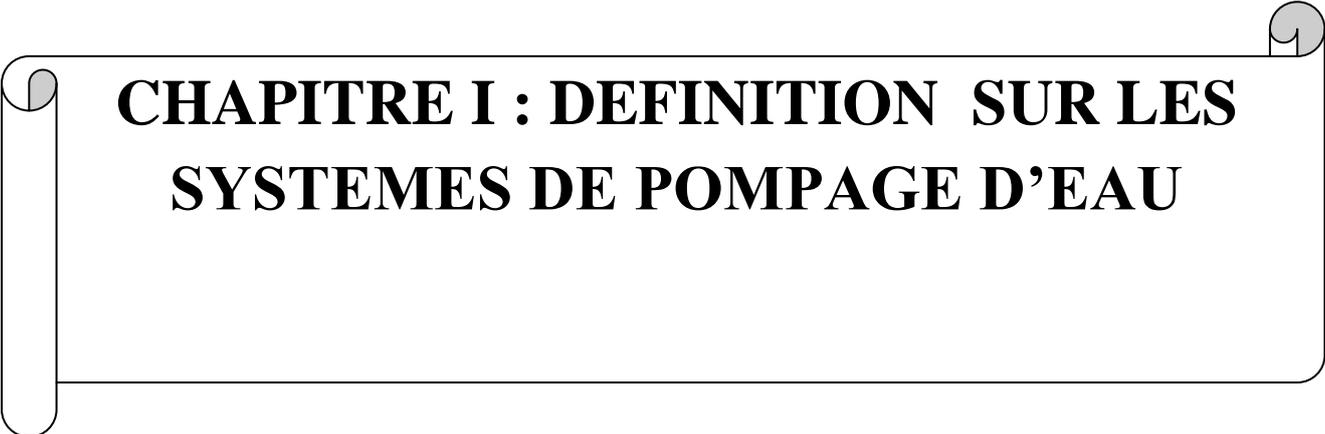
## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau, source de vie pour l'homme, les animaux et la végétation, est l'une des préoccupations majeures du 21<sup>ème</sup> siècle pour toute la planète et surtout dans les régions où elle se fait rare. En effet, l'approvisionnement en eau, soit pour la consommation domestique, soit pour l'agriculture (élevage et irrigation) constitue aujourd'hui l'un des plus grands enjeux des temps modernes.

L'Algérie a l'une des réserves d'énergie solaire les plus élevées au monde. Le solaire PV est donc une solution particulièrement intéressante pour notre site le pompage de l'eau est également l'une des applications les plus importantes de l'énergie solaire photovoltaïque, en particulier dans les zones rurales non connectées aux réseaux électriques.

Ce travail traite spécifiquement des aspects techniques et économiques d'une solution de pompage d'eau à partir d'une source d'énergie solaire photovoltaïque, et sa comparaison avec le pompage avec une source réseau SONELGAZ.

Le contenu de ce manuscrit est organisé en quatre chapitres. Dans le premier chapitre, nous allons parler des éléments de base du pompage, tandis que le deuxième chapitre de ce mémoire s'est concentré sur la définition de l'énergie photovoltaïque et ses différentes utilisations et systèmes, et nous allons faire des dimensions pour le système de pompage pris en charge par les deux systèmes et faire une comparaison complète entre les deux systèmes dans les troisième et quatrième chapitres.



**CHAPITRE I : DEFINITION SUR LES  
SYSTEMES DE POMPAGE D'EAU**

**Introduction :**

L'eau est une ressource essentielle et il faut pouvoir l'extraire quel que soit l'endroit de la planète. L'organe essentiel pour l'extraction de l'eau est la pompe. Selon la source d'énergie disponible (solaire, électrique, éolienne) et selon l'utilisation (zone urbaine, zone rurale) l'architecture de la chaîne d'énergie et le choix des pompes seront différents. Cette ressource a pour objectif de : - classer les différentes solutions d'extraction de l'eau, - donner les solutions qui permettent de transformer l'énergie électrique en énergie hydraulique, - donner les éléments de conception du réseau hydraulique pour un système d'extraction d'eau pour l'utilisation collective, - donner l'architecture et le rendement des différents composants pour extraire l'eau destinée à un usage individuel ou villageois.

La figure 1 montre les différentes solutions qui permettent de disposer de l'énergie hydraulique

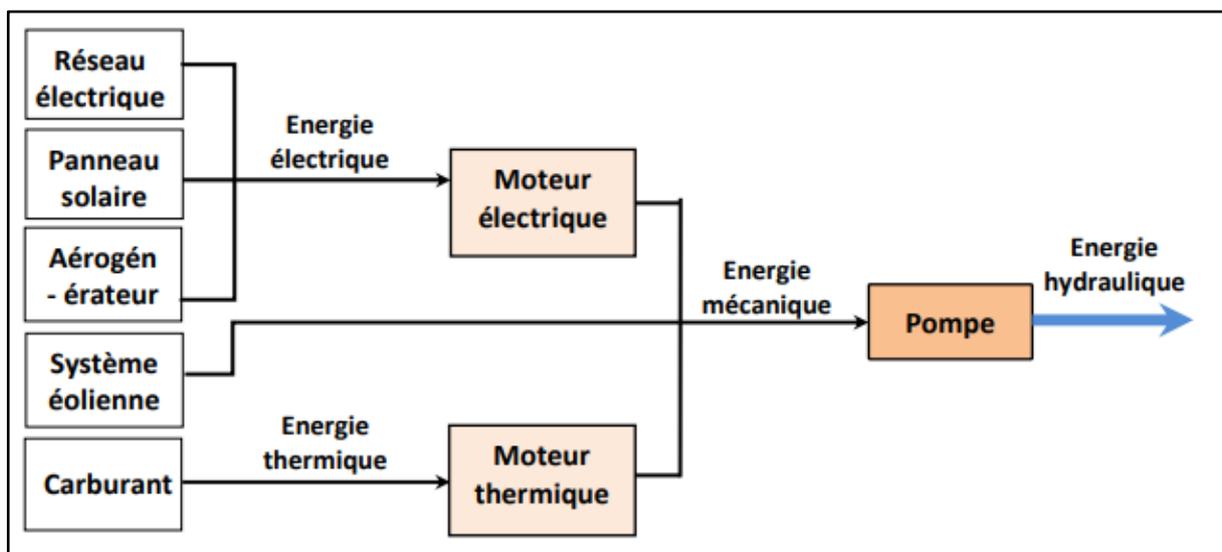


Figure 1 : Différentes techniques de pompage d'eau.

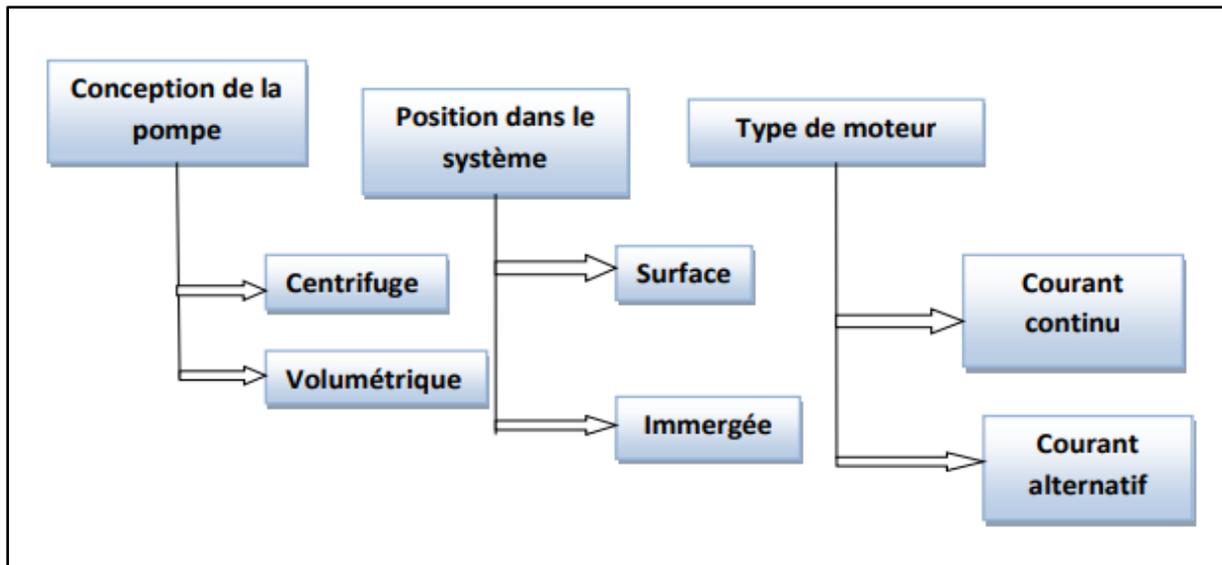
**I.1 Définition de pompe**

On appelle pompe toutes machines hydrauliques qui servent à déplacer les liquides d'une région de basse pression vers une région à grande pression. Son fonctionnement consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement au moyen de l'organe actif (piston, roue, ...etc.) de la pompe. Du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique [1]

## I.2 Différents types de pompes

L'énergie requise pour faire fonctionner une pompe dépend des nombreux facteurs rencontrés dans l'étude des écoulements [2] :

- **Les propriétés du fluide** : masse volumique, viscosité, compressibilité.
- **Les caractéristiques de l'installation** : longueur, diamètre, rugosité, singularités ...
- **Les caractéristiques de l'écoulement** : vitesse, débit, hauteur d'élévation, pression ...



*Figure 2 : Classification des pompes [2]*

### I.2.1 Classification selon la conception de la pompe

Devant la grande diversité de situations possibles, on trouve un grand nombre de pompes que l'on peut classer en deux grands groupes [3] :

#### a- Les pompes volumétriques

Une pompe volumétrique est une pompe dans laquelle une certaine quantité de fluide « emprisonnée » est forcée à se déplacer jusqu'à l'orifice de sortie. C'est-à-dire elle sert à transmettre l'énergie cinétique du moteur en mouvement changeant (Qui part et qui revient) 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. Cette opération s'effectue pour de faibles débits. Ces pompes sont les plus utilisées dans le domaine industriel. Ceci, pour la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, pour leur simplicité et pour leur faible coût. [4]

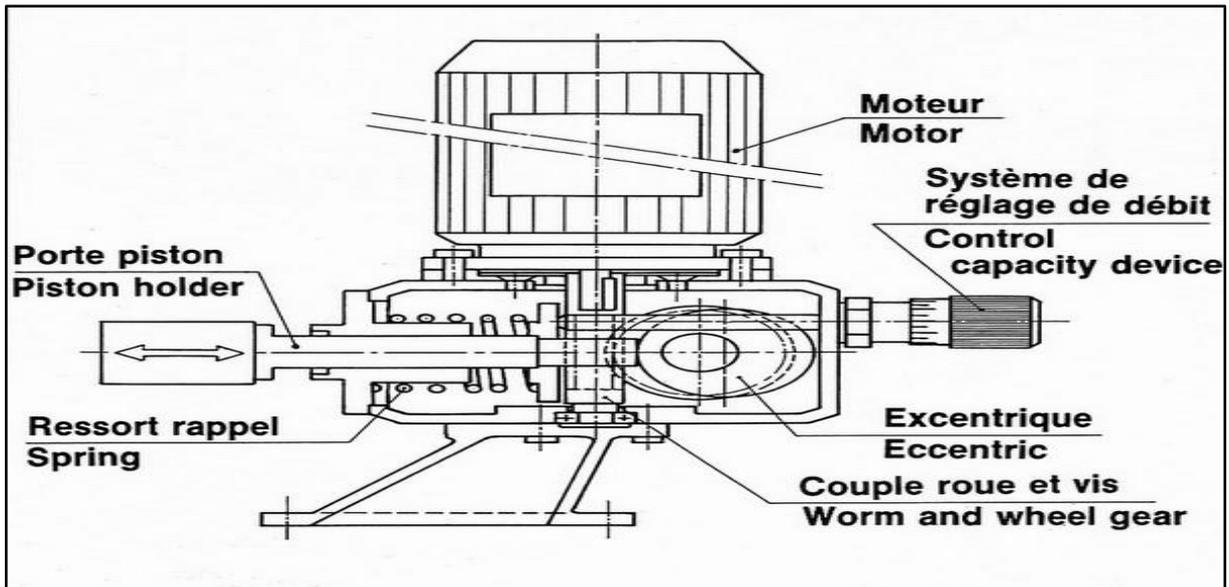


Figure 3: pompe volumétrique [4]

**b- Les pompes centrifuges**

Son principe est de donner 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 la rejette vers l'extérieur grâce à la force centrifuge des aubages.[5]



Figure 4: pompe centrifuge [5]

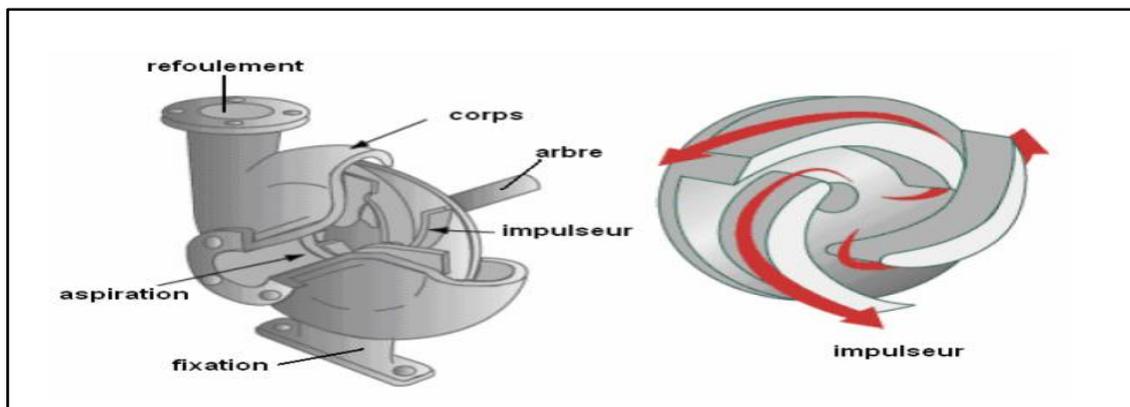
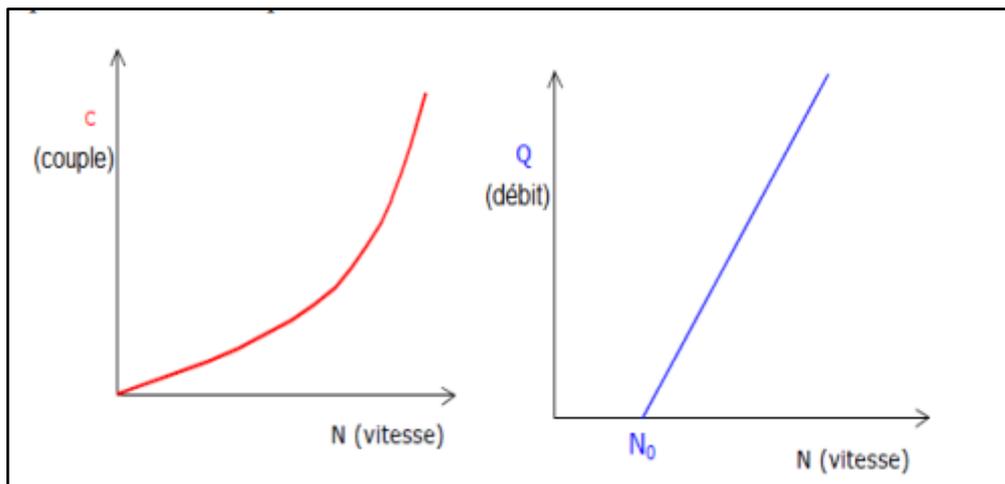
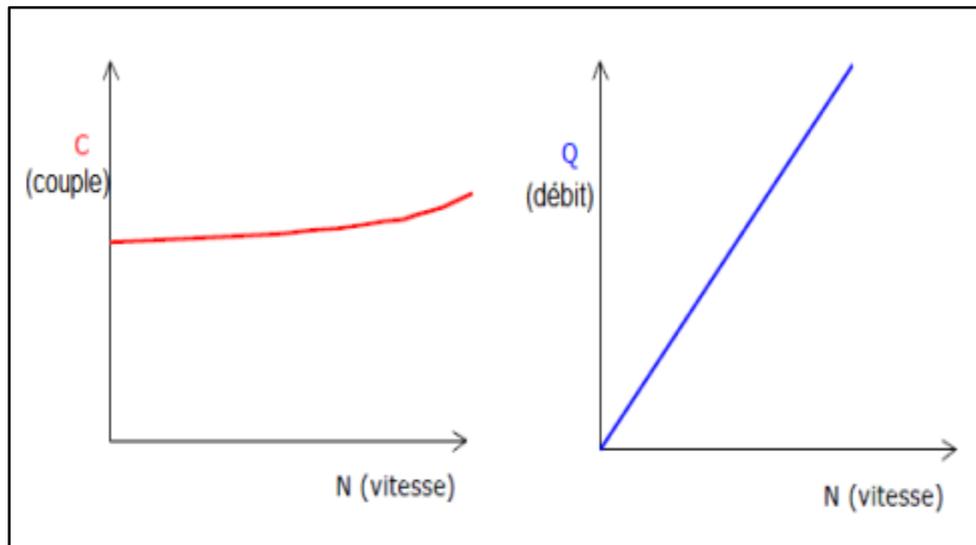


Figure 5: Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

❖ Les Caractéristiques des pompes volumétriques et centrifuges**Tableau 1:**Caractéristiques des pompes volumétriques et centrifuges

Les pompes volumétriques	Les pompes centrifuges
<p>-Faible débit et une grande hauteur manométrique totale</p> <p>-Le débit et la puissance absorbée sont proportionnels à la vitesse</p> <p>-Le couple est fonction de la HMT</p> <p>-Le couple de démarrage est de 3 à 5 fois le couple nominal.</p>	<p>-Grand débit</p> <p>-Le débit est proportionnel à la vitesse lorsqu'elle atteint une certaine valeur</p> <p>-La puissance absorbée est proportionnelle au cube de la vitesse</p> <p>-Le Couple est fonction du carré de la vitesse -La pression est proportionnelle à la vitesse</p> <p>-Couple de démarrage est quasiment nul qui est intéressant dans l'application du système photovoltaïque car la pompe peut tourner à un faible ensoleillement et le moteur peut avoir une vitesse de rotation rapide, à peu constant.</p>

**Figure 6:** Courbes des caractéristiques d'une pompe centrifuge [4]



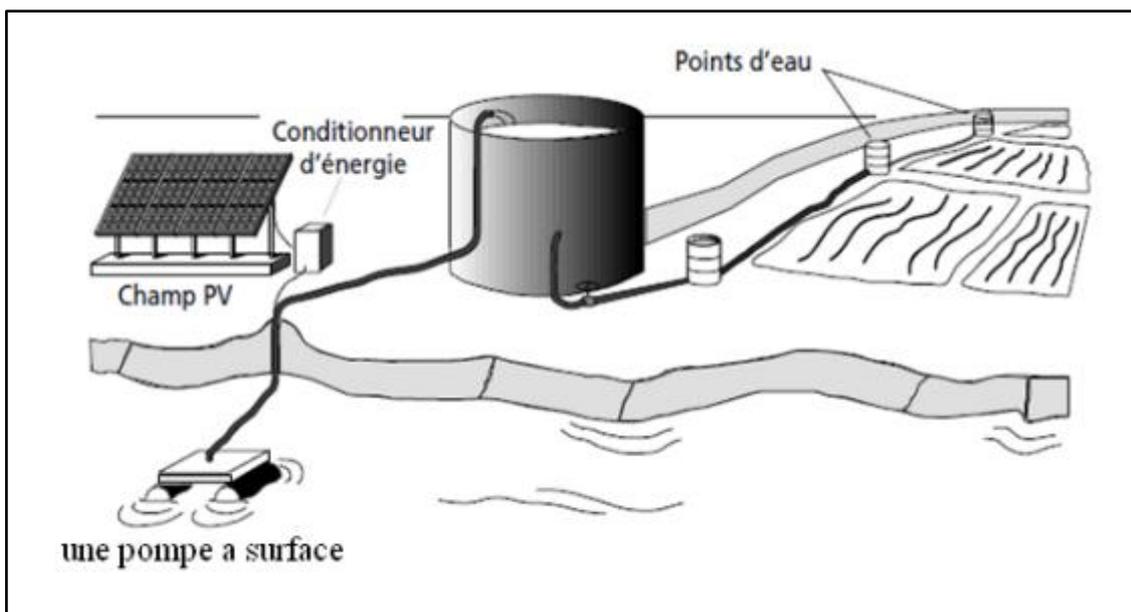
**Figure 7:** Courbe caractéristiques d'une pompe volumétrique [4]

### I.2.2 Classification selon la position de pompe

En fonction de l'emplacement physique de la pompe, nous distinguons Les pompes de surface, et les pompes immergée :[8]

#### a- Pompes de surface

Le terme surface définit la position d'une pompe par rapport au liquide à pomper. Elle est dite pompe de surface, car prévue pour être posée en dehors du liquide à aspirer.



**Figure 8:** Pompe de surface

### b- Pompes immergées

Les pompes de refoulement sont immergées dans l'eau et ont soit leur moteur immergé avec la pompe (pompe monobloc), soit le moteur en surface. La transmission de puissance se fait alors par un long arbre reliant la pompe au moteur. Dans les deux cas, une conduite de refoulement après la pompe permet des élévations de plusieurs dizaines de mètres, selon la puissance du moteur. [8]

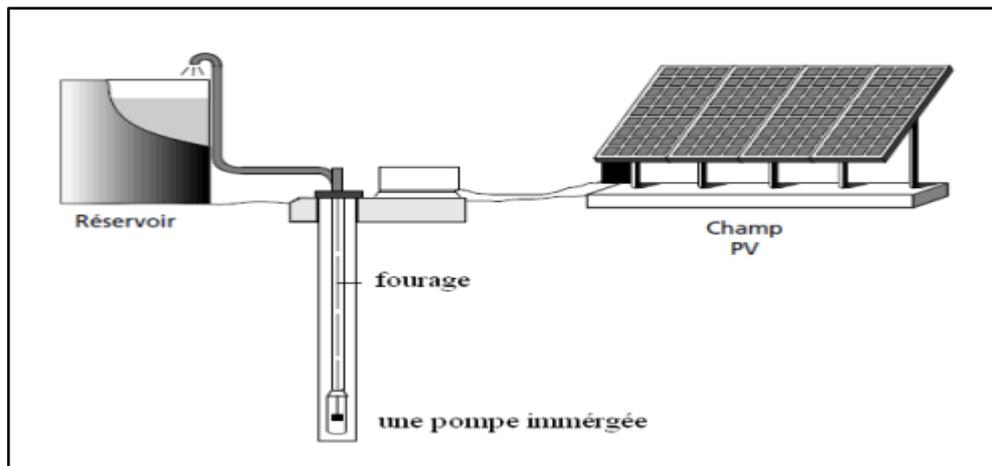


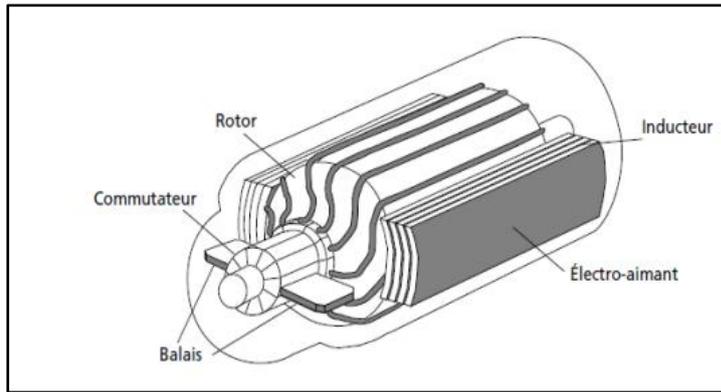
Figure 9:Pompe immergée

### I.2.3 Classification selon le moteur utilisé

Un moteur électrique est un dispositif électromécanique qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Ces machines électriques fonctionnent grâce au magnétisme. Ils existent deux types de moteurs :

#### a- Moteur à courants continu

- **Les Moteurs à courant continu avec balais :** Ce sont les moteurs série qui sont utilisés pour des applications de pompage solaire. Il faut avoir un couple de démarrage suffisant pour vaincre la résistance redémarrage d'une pompe. L'installation nécessite une électronique simple mais présente un inconvénient, l'entretien régulier du moteur et les balais doivent être changés périodiquement, surtout pour les pompes à moteur immergé où il faut retirer la pompe du forage pour changer les balais. [9].



**Figure 10:** Moteur à courant continu avec balais [9]

- **Moteur à courant continu, sans balais (Brushless) :** Ce type de moteur électrique a beaucoup d'avantage : fort couple au démarrage et durée de vie élevée due à l'absence des paliers et des balais mais leur utilisation est limité aux faibles puissances [9]



**Figure 11:** Moteur à courant continu sans balais [9]

### **b- Moteur à courant alternatif**

Les moteurs alternatifs asynchrones sont les plus employés pour une gamme variée d'applications industrielles. Ils sont utilisés pour le pompage immergé dans les forages et les puits ouverts. L'utilisation, de ce moteur plus robuste et moins cher, est une solution économique et plus pratique même si le circuit électronique de commande est plus complexe.[9]

### **c- Moteur**

La pompe nécessite une énergie mécanique en entrée. Cette énergie mécanique est fournie dans la plupart des cas par un moteur électrique (électropompe), qui peut être à courant continu ou alternatif, et d'autre cas par un moteur thermique (Motopompe) Diesel ou essence [10].

Quelques avantages et inconvénients de chacun sont donnés ci-dessous :

**Tableau 2:** Avantages et inconvénients pour les deux moteurs, MCC et MAS

types de moteur	Avantages	Inconvénients
Moteur à courant continu	Facilité de régulation (variation de vitesse, couple, ...) Rendement de 90%	Coût d'entretien : le système balai/collecteur nécessite beaucoup d'entretiens
Moteur asynchrone	Fiabilité, nécessite peu d'entretien Rendement de 90%	Difficulté et coût de régulation (nécessite la réalisation de commandes vectorielles)

### I.3 Les éléments utilisés dans le système de pompage par réseau SONELGAZ

Il y a trois éléments de base du système de pompage par réseau SONELGAZ.

#### I.3.1 Le réseau

C'est un réseau national de la fondation, en particulier SONELGAZ, qui produit de l'électricité à travers des turbines à gaz et assure le transport et la distribution des caractéristiques de ce courant:

Un courant alternatif, soit un simple 220 V ou un composé 380 V à une fréquence de 50 Hz.

#### I.3.2 Armoire électrique

Divisé a deux parties :

##### a- Pour la protection :

- Le disjoncteur divisionnaire
- Le coupe circuit ou porte fusible
- L'interrupteur différentiel
- Le disjoncteur différentiel

##### b- Pour la commande :

- Un bouton poussoir marche
- Un bouton poussoir arrêt
- Un sélecteur de choix : manuel / arrêt / automatique.
- Un bouton poussoir effacement défaut

### **I.3.3 Le groupe électropompe**

Composé de deux parties :

#### **a- La pompe**

Une pompe est une machine qui transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elle est couplée directement au moteur et elle est caractérisée par un couple, vitesse, débit. Une bonne adaptation entre la pompe et le moteur mène à de bons résultats.

#### **b- Le moteur électrique**

Le moteur d'un groupe motopompe convertit l'énergie électrique (courant alternatif) en énergie mécanique.

#### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons parlé des éléments de base du pompage, et en détail de la partie principale qu'est la pompe, nous avons énuméré ses types et leurs différences.

Nous avons également inclus les composants utilisés dans le système de pompage utilisant le réseau SONELGAZ

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, framing the chapter title.

**CHAPITRE II : *ETUDE DU SYSTEME  
PHOTOVOLTAÏQUE***

### **Introduction :**

Le développement et l'utilisation d'énergie solaire se base sur les systèmes utilisateurs, selon le besoin de consommateur, et la diversifiée de ses installations en autre.

Dans ce chapitre nous allons étudier les divers systèmes photovoltaïques en se concentrons sur les systèmes de pompes solaires et ses fiabilités.

### **II.1 L'effet photovoltaïque**

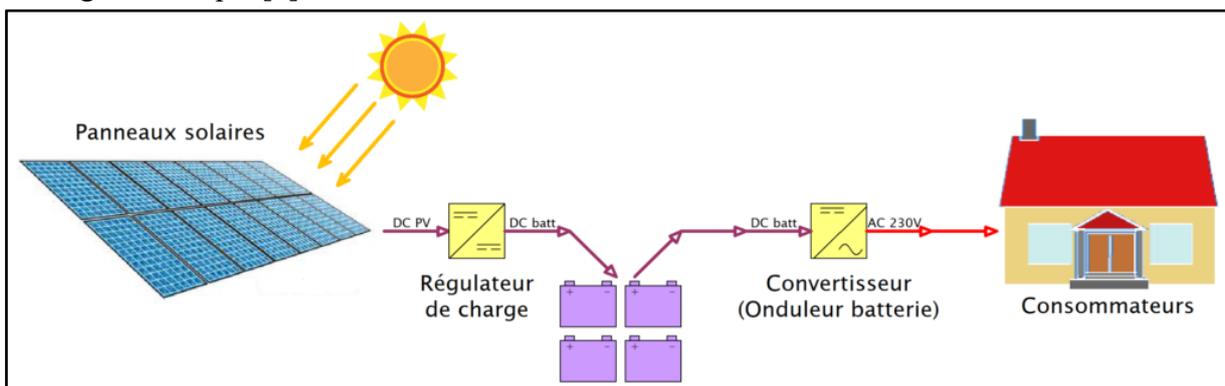
Il s'agit de transformer l'énergie contenu dans la lumière du soleil en énergie électrique à travers d'un capteur constitué de matériaux sensible à l'énergie contenue dans les photons .Ce capteur présente à l'échelle élémentaire sous forme d'une cellule PV .L'effet photovoltaïque fut observé la première fois en 1839 par le physicien français Edmond Becquerel[4]. Toute fois ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs de la compagnie Bell , aux Etats-Unis parvinrent à fabriquer la première photopile ; l'élément primaire ou de base de la conversion photovoltaïque

### **II.2 Classification des systèmes photovoltaïques**

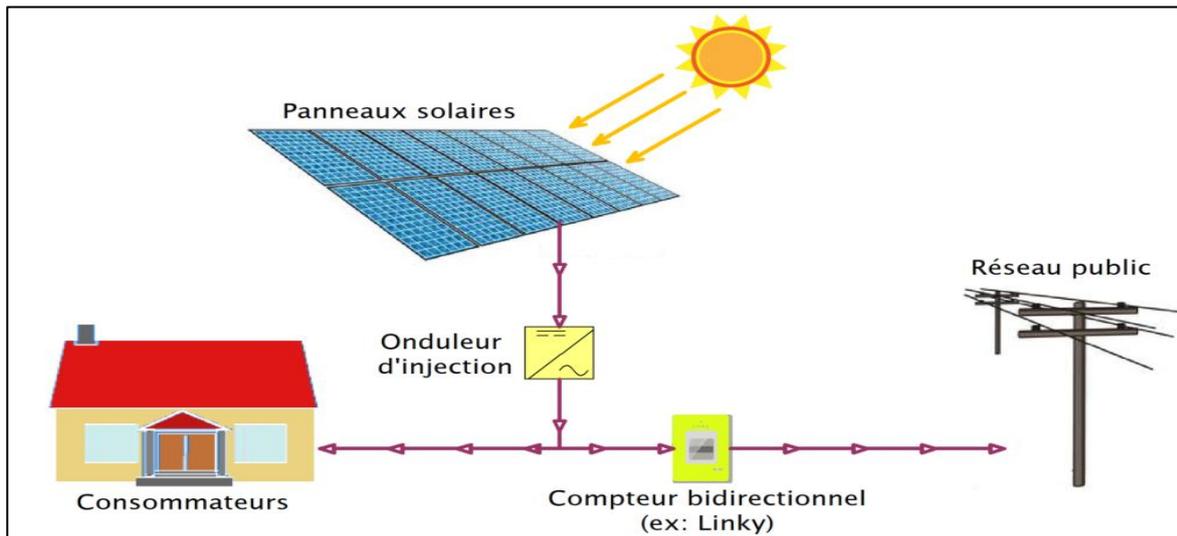
Le système solaire photovoltaïque peut être classifié selon l'autonomie en trois classes :

#### **II.2.1 Système isolé ou autonome**

Ce sont des systèmes qui travaillent 24 h/24 h avec l'énergie solaire convertie en énergie électrique sans l'aide d'aucune autre source électrique, et cela à l'aide de plusieurs composants mais le plus importants ce sont les batteries qui aident à emmagasiner de l'énergie électrique [6].



**Figure 12 :** système photovoltaïque autonome



**Figure 13** : système photovoltaïque connecté au réseau

### II.2.2 Système raccordé au réseau

Un système photovoltaïque connecté au réseau, c'est un système couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un onduleur. Ce type de système offre beaucoup de facilité pour le producteur/consommateur puisque c'est le réseau qui est chargé de l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité.

### II.2.3 Système photovoltaïque de pompage d'eau

Le pompage solaire représente la solution idéale pour l'approvisionnement en eau partout où le réseau électrique est absent (alimentation en eau pour un usage domestique, pour l'irrigation agricole, ...etc.). D'autre part, l'énergie photovoltaïque ne présente aucun risque de pollution de l'eau, contrairement aux générateurs diesel où des écoulements de combustible peuvent se produire. Pour pomper l'eau avec un système photovoltaïque, deux méthodes sont possibles.

#### A. Pompage « au fil du soleil »

Le pompage « au fil du soleil » permet d'avoir un système photovoltaïque simple, fiable et moins coûteux. Ici l'eau est pompée et stockée dans un réservoir, au fil de la journée. On parle alors d'un stockage hydraulique. L'eau stockée sera distribuée au besoin.

#### B. Pompage avec stockage d'énergie

Ici c'est l'énergie électrique qui sera stockée dans des batteries. Le pompage sera possible même en absence du soleil. Un tel système est plus coûteux que le précédent, vu la nécessité de changer les batteries, car elles ont une courte durée de vie.

### II.3 Constitutions d'un système de pompage PV « au fil du soleil »

Un système de pompage solaire est généralement constitué de [19]:

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

#### II.3.1 Le générateur photovoltaïque

Ensemble de modules photovoltaïques connectés électriquement et installés mécaniquement dans leur lieu de fonctionnement, assurant la production et la gestion de l'électricité fournie par les capteurs photovoltaïques. Il comporte aussi une structure métallique pour supporter l'ensemble [11].

#### II.3.2 Le groupe électropompe

Composé de deux parties :

➤ **Les pompes :**

Une pompe est une machine qui transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elle est couplée directement au moteur et elle est caractérisée par un couple, vitesse, débit. Une bonne adaptation entre la pompe et le moteur mène à de bons résultats [6].

➤ **Les moteurs électriques :**

Le moteur d'un groupe motopompe convertit l'énergie électrique en énergie mécanique. La plupart des machines électriques fonctionnent grâce au magnétisme, Il peut être à courant continu ou alternatif. [12]

#### II.3.3 L'électronique de commande, contrôle et de protection

**a- Pour la commande :**

➤ **Le convertisseur DC/DC (hacheur) :**

Pour les pompes avec moteur à courant continu en utilisant un étage d'adaptation entre le générateur PV et la charge (pompe alimentée par moteur à courant continu), Cet étage joue le rôle d'interface entre les deux éléments en assurant à travers une action de contrôle commandé par son rapport cyclique, le transfert du maximum de puissance fournie par le générateur pour qu'elle soit la plus proche possible de la puissance maximale disponible.

➤ **Le convertisseur DC/AC (onduleur) :**

Pour les pompes à courant alternatif monophasé ou triphasé le convertisseur électronique permet de convertir le courant continu produit par les panneaux solaires en un courant alternatif dont la fréquence et l'amplitude sont contrôlées et ajustées en fonction de

l'ensoleillement pour avoir le maximum de débit sur la pompe. On utilise un onduleur pour alimenter le groupe motopompe à partir des panneaux photovoltaïques. D'une façon générale l'onduleur joue le rôle d'interface entre source d'énergie électrique et le moteur.

- Un bouton poussoir marche.
- Un bouton poussoir arrêt.
- Un sélecteur de choix : manuel / arrêt / automatique.
- Un bouton poussoir effacement défaut.

**b- Pour la protection :**

- Le disjoncteur divisionnaire.
- Le coupe circuit ou porte fusible.
- L'interrupteur différentiel.
- Le disjoncteur différentiel.
- Le parafoudre.

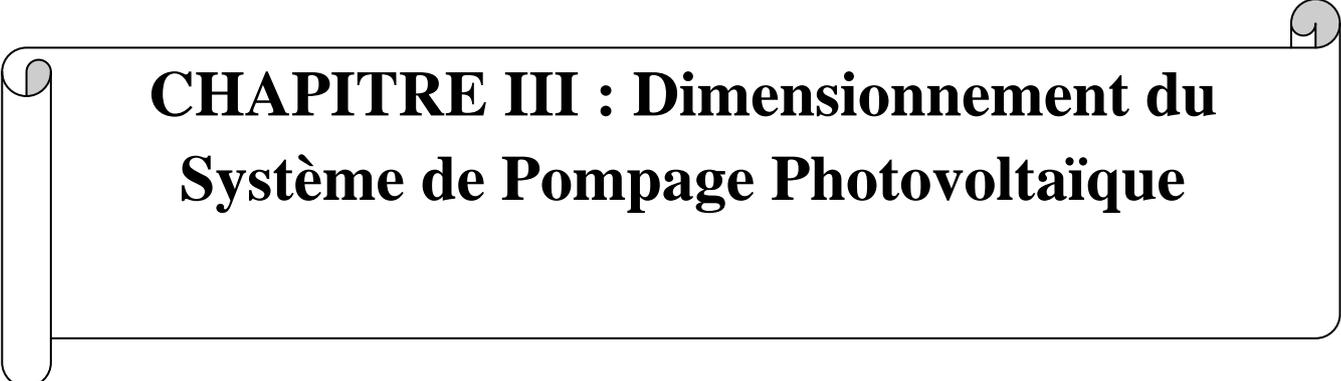
**III.3.4 La partie stockage**

Il existe deux façons de stockage d'énergie:

Le stockage d'énergie électrique ou le stockage d'eau où l'eau en excès peut être pompée dans des réservoirs de stockage ou des étangs situés en hauteur afin de garantir la disponibilité d'eau par voie gravitaire en cas de couvert nuageux. 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.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la définition de l'énergie photovoltaïque et ses différents usages et systèmes, puis nous avons évoqué les composants utilisés dans le système de pompage utilisant le réseau d'énergie solaire.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, framing the chapter title.

## **CHAPITRE III : Dimensionnement du Système de Pompage Photovoltaïque**

**Introduction :**

La réalisation d'un système de pompage photovoltaïque autonome, fiable et a bon rendement, constitue une solution pratique et économique au problème du manque d'eau, en particulier dans les régions sahariennes et isolées. En effet, un système photovoltaïque devient intéressant lorsqu'il est facile a installer avec une autonomie acceptable et une excellente fiabilité de service.

Dans ce chapitre nous traitons principalement les éléments nécessaires qui permettent a la réalisation d'une station de pompage solaire sans oublier le dimensionnement de ces derniers et de faire les bons choix de matériels tant en quantité qu'en qualité.

Notre projet sera réalisé dans une région de la wilaya de Timimoun ou nous allons dimensionner le système Photovoltaïque de pompage autonome au fil du soleil.

**III.1 Méthode de dimensionnement**

Le dimensionnement du système de pompage photovoltaïque concerne essentiellement le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque, le choix de la pompe et le choix du contrôleur répondants au service requis dans les conditions de référence. La démarche analytique adoptée dans le cadre de notre étude s'articule autour de quatre étapes suivantes [08] :

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

Cette étude permet de déterminer et de faire le choix des différents composants :

Le panneau solaire, la pompe, et le convertisseur d'une station de pompage solaire au fil du soleil.

**III.1.1 Evaluation des besoins en eau**

La détermination des besoins en eau pour la consommation d'une population donnée dépend essentiellement de son mode de vie. Les besoins en eau que l'on estime nécessaires pour les zones rurales des pays pauvres sont de l'ordre de 20 litres par personne et 30 litres par tête de bétail [6]. Les besoins d'eau pour l'irrigation dépendent du type de culture, des facteurs météorologiques comme la température, l'humidité, la vitesse du vent, l'évapotranspiration du sol, la saison de l'année considérée et de la méthode d'irrigation. Cependant, il est important de se baser sur la pratique et l'expérience locale. La capacité du réservoir sera déterminée selon les besoins en eau journalières et l'autonomie requise du système.

**Besoins en eau :****Humains**


---

5 l/jour	Survie
10 l/jour	Minimum admissible
30 l/jour	Conditions de vie normales en Afrique

**Animaux**


---

Bœuf	40 l/jour
Mouton, chèvre	5 l/jour
Cheval	40 l/jour
Âne	20 l/jour
Chameau	20 l/jour (réserve de 8 jours)

**Irrigation**


---

Cultures à l'échelle du village	60 m <sup>3</sup> /jour/ha
Riz	100 m <sup>3</sup> /jour/ha
Graines	45 m <sup>3</sup> /jour/ha
Canne à sucre	65 m <sup>3</sup> /jour/ha
Coton	55 m <sup>3</sup> /jour/ha

---

➤ **La hauteur manométrique 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. Elle est donnée par :

$$HMT = Hg + Pc$$

Hg : hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation. Elle est calculée par la formule suivante :

$$Hg = A + B + C$$

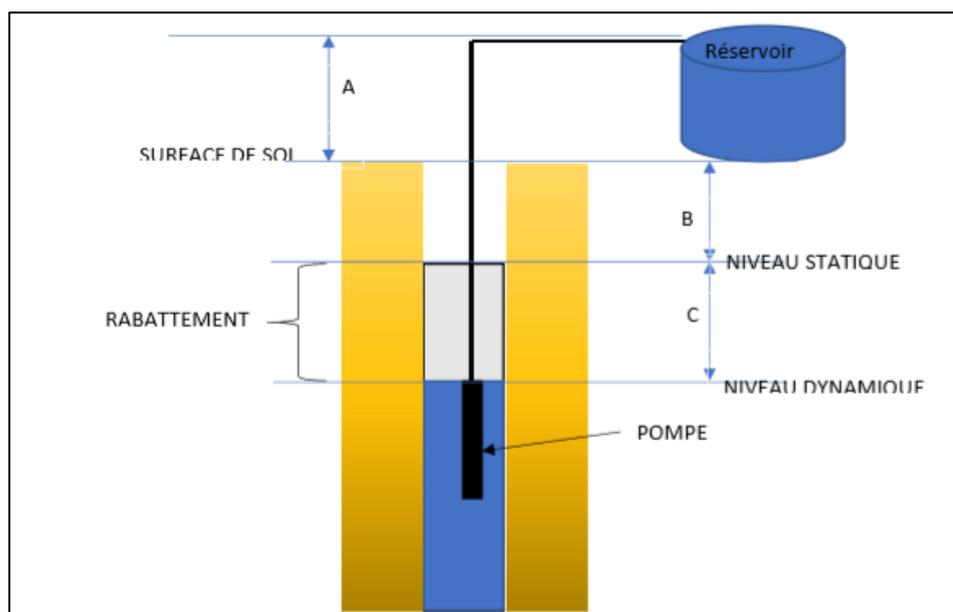


Figure 14: Hauteur manométrique total.

**a) Niveau statique :**

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

**b) Niveau dynamique :**

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

**c) Les pertes de charge  $P_c$  :**

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.

### III.1.2 Dimensionnement et choix de la pompe

#### a- Détermination du débit horaire de la pompe $Q$ en ( $m^3 / h$ ) :

Pour estimer le débit maximal de la pompe en  $m^3/h$ , on prend approximativement la valeur de la demande journalière de pointe  $Q_j$  qu'on divise par le nombre heures d'ensoleillement maximal. Le débit horaire de la pompe est calculé de la manière suivante [12] :

$$Q_P = \frac{Q_j}{H_i} \quad (m^3 / h) \quad (III .1)$$

$H_i$  : Nombre d'heures d'ensoleillement. IV

#### b- Calcul de l'énergie électrique nécessaire par jour :

L'énergie électrique journalière nécessaire  $E_{elec}$  en (kWh/j) pour soulever une certaine quantité d'eau sur une certaine hauteur donnée pendant une journée est calculée par la

formule suivante [13] :

$$E_{elec} = \frac{C_h \times Q_j \times HMT}{\eta_G} \quad (III .2)$$

$\eta_G$ : Rendement du groupe de pompage :  $\eta_G = \eta_{moteur} \times \eta_{pompe}$

$C_h=2.725$  : Constante hydraulique, cette constante hydraulique dépend de la gravité et de la densité de l'eau.

$Q_j$  = Débit journalière de la pompe en ( $m^3$ / jour).

**HMT** : Hauteur manométrique totale de la pompe.

### III.1.3 Taille du générateur PV

Selon la puissance demandée par le groupe moteur-pompe et l'irradiation journalière incidente sur le plan du générateur, la puissance nominale que doit fournir le générateur PV est calculée par l'expression suivante [15] :

$$P_C = \frac{E_e}{G * \eta} \quad (III .3)$$

L'énergie fournie par les panneaux solaires en une journée doit être égale à l'énergie journalière consommée par la pompe

$\eta$  : Rendement du système d'alimentation (panneaux solaires, chaleur, poussière, chute de tension en ligne....) On prendra  $\eta= 0,85$ .

#### a- Le nombre de modules photovoltaïques :

Le nombre total de modules photovoltaïques est calculé en rapportant la puissance globale du champ à celle ( $P_M$ ) d'un seul module :

$$N_{module} = \frac{P_c}{P_p \times \eta_p} \quad (III.4)$$

$P_c$  : La puissance crête de système.

$P_M$  : La puissance du panneau.

$\eta_p$ : Rendement du panneau

### III.2 Application d'un système de pompage PV sur le site d'elssabaaine

#### III.2.1 Présentation de la zone d'étude

##### a- Situation géographique de site :

La wilaya de Timimoun se situe dans la partie centrale du Sahara algérien, elle s'étend sur une superficie de 9,936 Km<sup>2</sup>, occupé par 33060 habitants (2008).

Elle est limitée :

Au nord par la wilaya d'El Bayadh

A l'est par la wilaya d'Ain Saleh et la Wilaya de El Meniaa

A l'ouest par la wilaya de Baní Abbas

Au sud par la wilaya d'Adrar

La zone d'elssabaaine située à l'est de la wilaya de Timimoun après 70 km.

##### b- Milieu physique :

Les différents paramètres climatologiques donne une idée précise sur le climat qui caractérise la région et permet d'envisager les types d'agricultures que l'on peut l'adopter et leurs besoins en eaux.

##### ➤ Climatologie :

De type désertique continental, il est caractérisé par une pluviométrie très faible, des températures très élevées, et une forte évaporation.

➤ **Températures :**

Des écarts de températures considérables ; la température maximale est de plus 45°C en Juin, Juillet et en Aout.

➤ **Les vents :**

La fréquence des vents est très grande Durant toute l'année. Les vitesses sont très élevées puisque la fréquence des vents de vitesses supérieure à 5 m/s.

➤ **La pluviométrie :**

Elle se caractérise par sa faiblesse et son extrême irrégularité, le total annuel est souvent inférieur a 20 mm

➤ **Rayonnement solaire :**

Pour la région de Timimoun où on va installer notre système, nous a donné un ensoleillement moyen de 6.2 KW/m<sup>2</sup>/j [17] .

➤ **Hauteur manométrique total :**

Pour notre station de pompage, nous avons choisi une hauteur manométrique totale de 30 m.

## III.2.2 La demande journalière

Eau domestique

Famille	Nb/Fam.	litres/pers.	Total (m <sup>3</sup> )
20	10	20	4

Bétail

Type	Têtes	litres/tête	Total (m <sup>3</sup> )
Cheval	12	40	} 5
Âne	8	20	
Chameau	30	20	
Mouton	750	5	

Maraîchage

Type	Surface	m <sup>3</sup> /hect.	Total (m <sup>3</sup> )
Cultures à l'échelle du village	-	60	} 105
Palmier	-	45	

**Total = 114 m<sup>3</sup>**

## III.2.3 Choix de la pompe

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

**a- Débit horaire :**

Il est calculé par la formule suivante :  $Q_p = \frac{Q_j}{h} \text{ (m}^3/\text{h)}$

Avec :

**h** : Le nombre d'heures d'ensoleillement maximal;

Dans notre cas, nous prenons :  $Q_j = 114 \text{ m}^3/\text{jour}$

$h = 7 \text{ heures}$

Par conséquent, le débit horaire est le suivant :  $Q_p = 16.2 \text{ m}^3/\text{h}$

Selon nos besoins, d'une part, un débit horaire de  $16.2 \text{ m}^3/\text{h}$ , et une hauteur manométrique totale de 30 m, d'autre part, la motopompe adéquate sera alors la pompe PS2-4000 de Lorentz (pompe 100% solaire).

LORENTZ

## PS2-4000 C-SJ17-4

### Système de pompe solaire immergée pour puits 6"

**Gamme de systèmes**  
 Chute max. 45 m  
 Débit max. 26 m<sup>3</sup>/h

**Données techniques**

**Contrôleur PS2-4000**

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

Puissance	max. 4.0 kW
Tension d'entrée	max. 375 V
Optimal Vmp**	> 238 V
Intensité du moteur	max. 14 A
Efficacité	max. 98 %
Temp. ambiante	-40...50 °C
Classe de protection	IP68

**Moteur ECDRIVE 4000-C**

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

Puissance nominale	4.0 kW
Efficacité	max. 92 %
Vitesse du moteur	900...3 300 rpm
Classe d'isolation	F
Classe de protection	IP68
Submersion	max. 150 m

**Extrémité de la pompe PE C-SJ17-4**

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



Graphique de la pompe

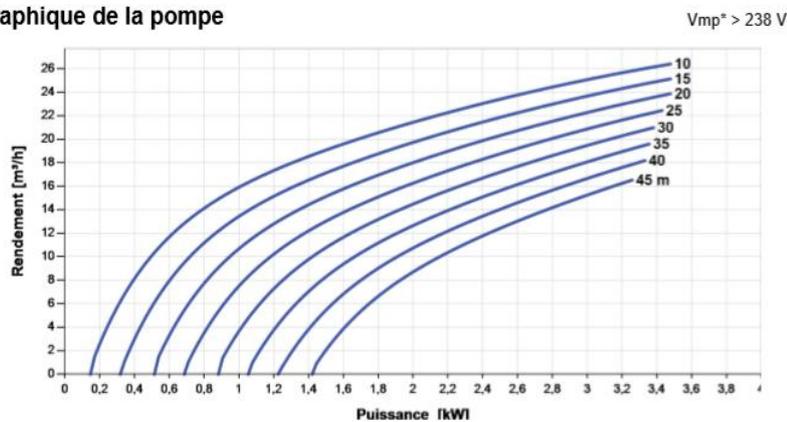


Figure 15: Fiche technique de la pompe

### III.2.4 Calcul de l'énergie électrique

Calculée par la formule suivante:

$$E_{elec} = \frac{C_h \times Q_j \times HMT}{\eta_G}$$

$\eta_G$ : En général le rendement des groupes motopompes est de 30% à 45%, selon le type de pompe et de moteur.

$C_h=2.725$  : Constante hydraulique, cette constante hydraulique dépend de la gravité et de la densité de l'eau.

$Q_j$  = Débit journalière de la pompe en (m<sup>3</sup>/jour) .

**HMT** : Hauteur manométrique totale de la pompe.

$$E_{elec} = \frac{2.725 \times 114 \times 30}{0.35} = 26627.15 \text{ Wh}$$

### III.2.5 Calcul de la puissance crête $P_c$

L'énergie fournie par les panneaux solaires en une journée doit être égale à l'énergie journalière consommée par la pompe [16].

La puissance crête se calcule en fonction de trois facteurs :

- L'énergie électrique calculée selon les besoin de notre système  $E_{elec}$  .
- Le facteur de correction  $F_c = 0.85$  .
- L'ensoleillement moyen du site d'installation].  $I = 6297 \text{ Wh/j}$

Donc :

$$P_c = \frac{E_{elec}}{F_c \times I}$$

$$P_c = \frac{26627.15}{0.85 \times 6.2} \approx 5053 \text{ Wc}$$

## III.2.6 Calcul de nombre de panneaux solaire

$$N_P = \frac{P_C}{P_P \times \eta_P}$$

Nous choisir des panneaux avec des caractéristiques :

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)			
Module type		PST 325-24/CM (PANDA)	PST 300-24/CP
Power output	Pmax	325 W	300 W
Power output Tolerances	ΔPmax	0/+ 5 W	
Module efficiency	ηm	18.0%	17.5%
Open-circuit Voltage	Voc	46.0 V	46.0 V
Voltage at Pmax	Vmp	35.0 V	35.0 V
Current at Pmax	Imp	9.33 A	8.61 A
Short-circuit Current	Isc	10.40 A	9.60 A
Maximum System Voltage	Vmax	1000 V	1000 V

Figure 16 : caractéristique de module PV

$$N_P = \frac{5053}{300 \times 0.8} \approx 21 \text{ panneaux}$$

➤ Nombre de panneaux en série :

$$N_{bPs} = \frac{V_{syste}}{V_P} \quad (\text{III.5})$$

Optimal  $V_{mp}$  de contrôleur :  $238 < V_{syste} < 375$

DONC :

Nombre minimum des panneaux en série :

$$N_{bPsm} = \frac{V_{min.syste}}{V_P} \quad (\text{III.6})$$

$V_{min.syste}$  : Tension minimum de système

$V_P$  : Tension nominale de panneau

$$N_{bPsm} = \frac{238}{35} \approx 6 \text{ Panneaux}$$

- Nombre maximum des panneaux en série :

$$N_{bPsM} = \frac{V_{max\ syste}}{V_{co}} \quad (\text{III.7})$$

$V_{max\ syste}$  : Tension maximum de système

$V_{co}$ : Tension de circuit ouvert

$$N_{bPsM} = \frac{375}{46} \approx 8 \text{ Panneaux}$$

Donc : Nous choisissons 7 panneaux en série.

- Nombre de panneaux en parallèle :

$$N_{bPP} = \frac{N_P}{N_{bPs}} \quad (\text{III.8})$$

$$N_{bPP} = \frac{21}{7} = 3 \text{ Panneaux}$$

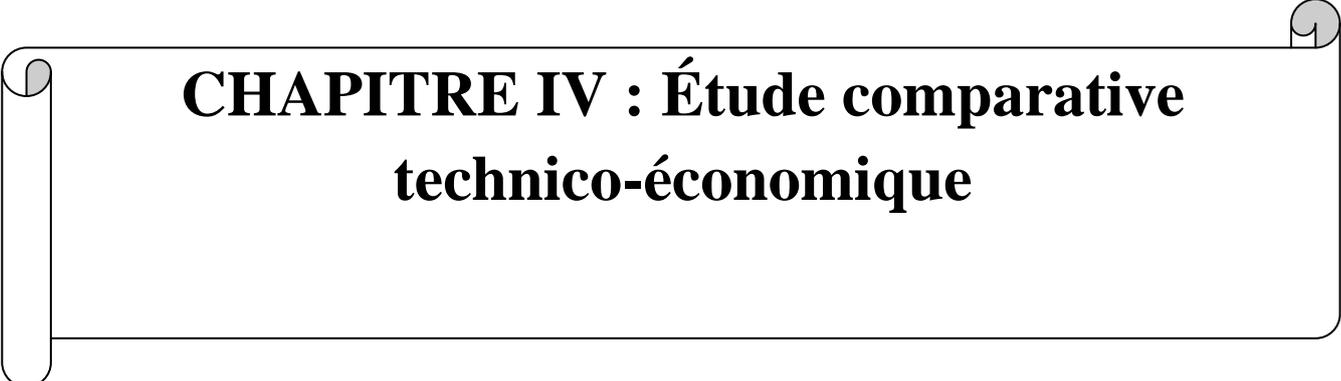
### ***Dimensionnement du Système de Pompage par système connectée au réseau de SONELGAZ.***

Le système de pompage du réseau électrique n'a pas besoin d'être étudié de manière significative, le réseau vous donne l'électricité que vous voulez et sans interruption, tout ce que vous avez à étudier est le type de pompe nécessaire.

*Selon nos besoin, nous choisissons une pompe AC, mais avec la même puissance que la pompe précédente 4 KW.*

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons étudié un système de pompage alimenté par une source d'énergie photovoltaïque.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a slight shadow effect.

## **CHAPITRE IV : Étude comparative technico-économique**

**Introduction :**

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

**IV.1 Etude technique**

Rappelons que les composants d'un système de pompage est souvent composée :

L'architecture d'un système de pompage :

Tableau 3:l'architecture d'un système de pompage

	PV	Réseau de SONELGAZ
Source de tension	Générateur PV	Réseau de SONELGAZ
Groupe électropompe.	Pompe solaire DC avec contrôleur	Pompe AC immergée
Accessoire	câble électrique de la pompe, tuyau de refoulement, etc.	

- 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.

**IV.2 Analyse économique des systèmes de pompage****IV.2.1 Les prix de pompage par système PV**

Le prix d'un système de pompage peut se décomposer en trois parties :

- Le prix de l'électropompe et de l'électronique associée (contrôleur).
- Le prix du générateur photovoltaïque (modules, supports et câblage).
- Enfin celui des accessoires (câble électrique de la pompe, tuyau de refoulement, etc.).

Le coût total est calculé par l'expression suivante :

$$CT = C_{GPV} + C_{MP} + C_{Acc} \quad (\text{IV . 1})$$

Sachant que :

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

$$C_{GPV} = P_M \times N_M \quad (\text{IV . 2})$$

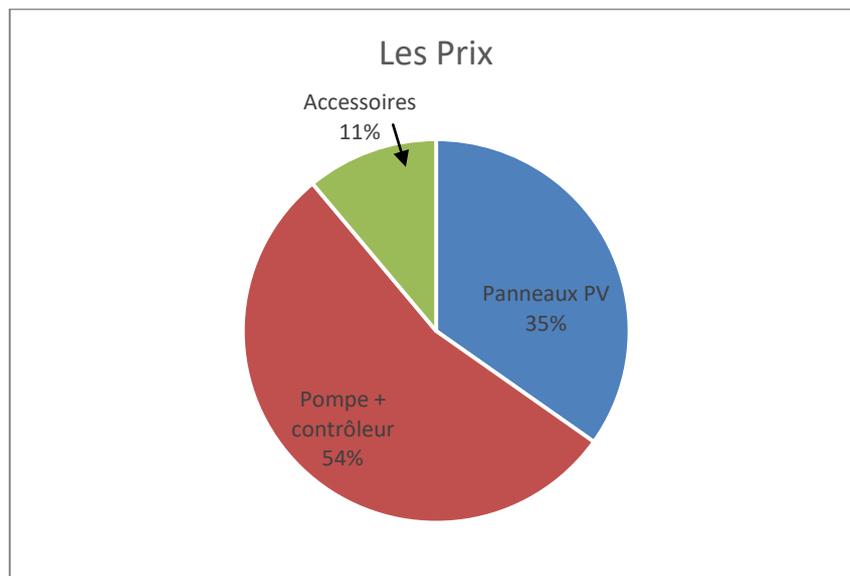
Avec :           -  $P_M$  : Prix du module  
                       -  $N_M$  : Nombre de modules

- $C_{MP}$ ;  $C_{Acc}$  sont respectivement coût de motopompe et accessoires.

❖ **Le prix de chaque composant :**

Tableau 4: les prix des composants de système de pompage PV

Désignation	Prix unitaire(DA)	Quantité	Montant (DA)
Panneau	15000	21	315000
Pompe + contrôleur	490000	01	490000
Accessoires	100000	01	100000
Total			905000
Installation du système (15% Total)			135750
<b>TOTAL</b>			<b>1040750</b>

➤ **Représenter graphiquement les résultats :****Figure 17:** Répartition des coûts entre les différents composants du système PV

#### IV.2.2 Les éléments et prix de pompage pour le système connecté au réseau de SONELGAZ

La zone étudiée est située à 50 mètres du réseau électrique, nécessitant :

- ❖ 50 m Conducteur almélec
- ❖ 01 Poteaux

Le coût d'un système de pompage par système connectée au réseau de SONELGAZ est calculé par la formule suivant :

$$C_T = C_{Alim} + C_{pom} + C_{Acc} + C_{fac} \quad (IV . 3)$$

Ou :

$C_{Alim}$  : Cout d'une nouvelle ligne d'alimentation

$C_{pom}$  : Le prix de la pompe

$C_{Acc}$  : Le cout des accessoires

$C_{fac}$  : Le prix de facteur de SONELGAZ en trimestre

- ❖ **Le prix de chaque composant :**

*Tableau 5: Les prix des composants d'un système de pompage par système connectée au réseau de SONELGAZ*

Désignation	Prix unitaire(DA)	Quantité	Montant (DA)
Cout d'une nouvelle ligne d'alimentation	219000	01	219000
Pompe	90000	01	90000
Accessoires	100000	01	100000
Total			409000
Installation du système (15% Total)			61350
le prix de facteur de SONELGAZ par 1 ans (voir le tableau 6)			29852.52
<b>TOTAL</b>			<b>450202.5</b>

➤ Représenter graphiquement les résultats :

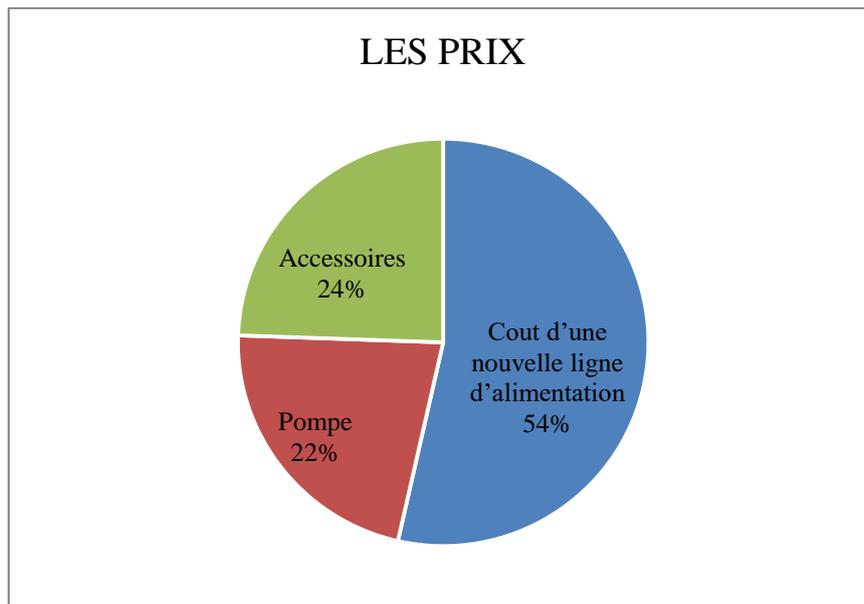


Figure 18: Répartition des coûts entre les différents composants du système connecté au réseau de SONELGAZ

Consommation par trimestre(KWh)								2880
PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		QUATRIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
125.00	1.7787	125.00	4.1789	750	4.8120	1880	5.4796	
CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION				MONTANT HORS T.V.A(DA)	T.V.A			MONTANT TOUTES TAXES(DA)
					TAUX %	MONTANT (DA)		
				744.70	09	67.023		811.72
				13910.648	19	2643.02		16553.67
PRIMES FIXES				150				150
DROIT FIXE				100.00				100
TAXE HABITATION				150.00				150
DROIT DE TIMBRE								200
MONTANT TOTAL A PAR TRIMESTRE								17965.39
MONTANT TOTAL A PAR ANS								71861.56
CONTRIBUTION ANNUELLE DE L'ÉTAT (65% CONSOMMATION ≤ 12000 KWh )								- 42009.04
MONTANT TOTAL A PAYER EN ESPECES PAR 1 ANS								29852.52
MONTANT TOTAL A PAYER EN ESPECES PAR 20 ANS								597050.4

Tableau 6: détail de la facturation

### IV.3 Comparaison

Après avoir étudié le coût des deux systèmes, nous les comparons.

#### IV.3.1 Après l'installation initiale

Tableau 7: Coûts des systèmes {installation initiale}

Le Système	Pompage par système PV	Pompage par système connectée au réseau de SONELGAZ
le coût (DA)	1040750	450202

❖ On remarque que le coût de l'installation initiale par système PV est le plus coûteux par rapport à système connectée au réseau de SONELGAZ car le coût des composants du système photovoltaïques est très élevé. les résultats représentés sur la figure suivant :

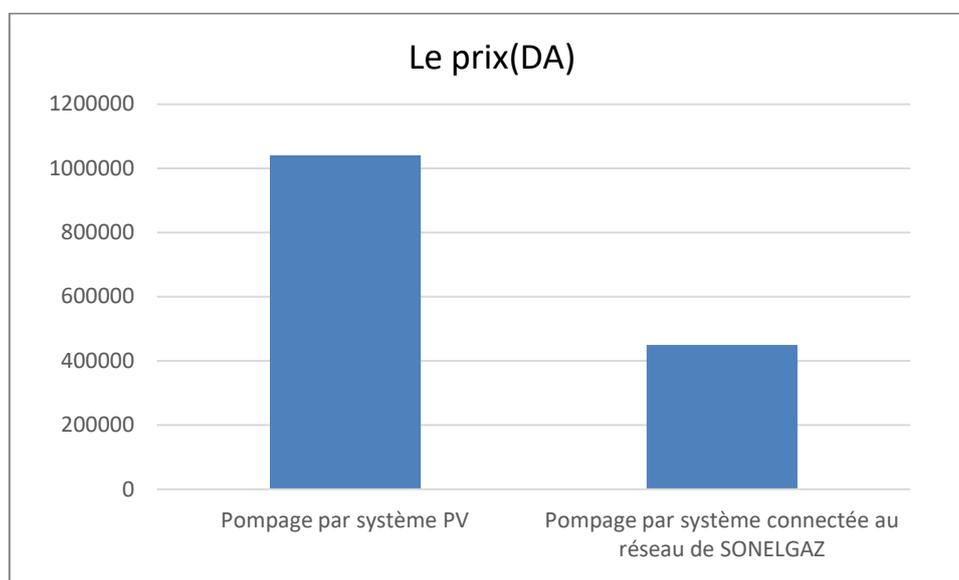


Figure 19: Répartition des coûts des systèmes {installation initiale}

## IV.3.2 Après 20 ans d'utilisation

Après 20 ans d'utilisation et avec un entretien régulier, nous obtenons le coût suivant :

Tableau 8: Coûts des systèmes {Après 20 ans d'utilisation}

Le Système	Le coût initial (DA)	Coût d'entretien périodique (DA)	Coût d'une nouvelle Pompe (DA)	le prix de facteur de SONELGAZ par 20 ans	Nouveau coût (DA)
Pompage par système PV	1040750	200000	490000		1730750
Pompage par système connectée au réseau de SONELGAZ	450202	200000	90000	597050	1337252

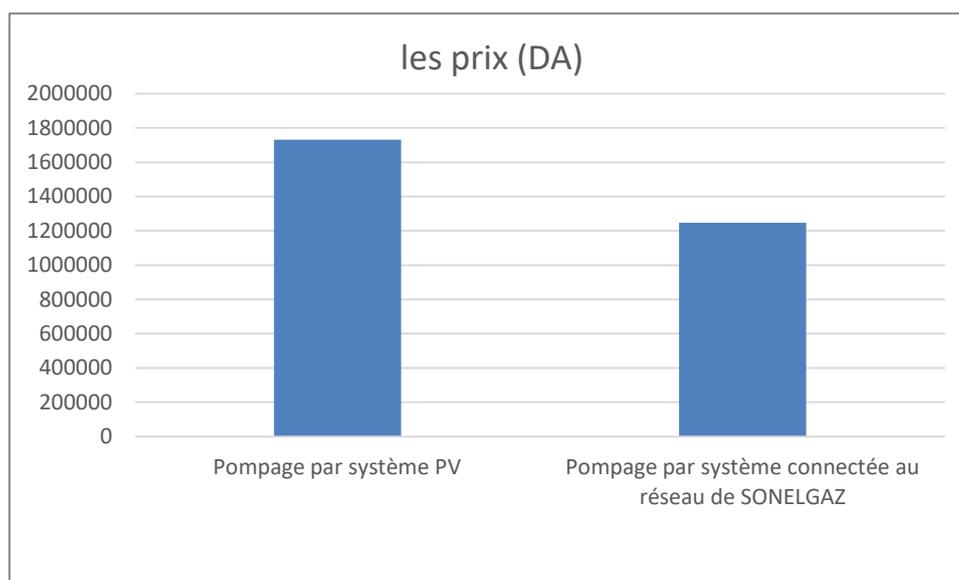


Figure 20: Répartition des coûts des systèmes {Après 20 ans d'utilisation}

Nous notons qu'après 20 ans, le coût des deux systèmes converge mais le pompage du réseau SONELGAZ reste moins cher que le pompage solaire.

#### IV.4 Interprétation des résultats

D'après les résultats de cette comparaison, il est clair que le coût par mètre cube de l'eau du système de pompage solaire photovoltaïque est cher par rapport au système de pompage SONELGAZ, mais ces résultats ne restent valables que dans le cas de la politique de soutien à l'électricité, et dans le cas de l'application réelle du prix de la production d'énergie, le système de pompage solaire-électrique s'est avéré être le moins cher que le système de pompage SONELGAZ.

#### Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats d'une étude qui a conduit au dimensionnement de deux systèmes de pompage (PV-connectée au réseau de SONELGAZ). et on a aussi déterminé les éléments nécessaires dans chaque système définie d'une comparaison technico-économique qui montre que l'utilisation de système connectée au réseau de SONELGAZ plus préférable pour l'utilisation de système d'irrigation.

## **CONCLUSION GENERALE**

---

### **CONCLUSION GENERALE**

Dans ce travail, nous avons étudié un système de pompage par deux types d'alimentation, photovoltaïque et le réseau SONELGAZ, pour irriguer une zone agricole à Timimoun.

Pour nous permettre de présenter les différentes capacités de chaque système et de choisir sur la base de normes techniques et économiques. Nous ne pouvons pas recommander une solution techniquement attrayante mais coûteuse.

De cette comparaison, il ressort que le coût au mètre cube d'eau pour un système de pompage solaire PV est très cher par rapport à un système de pompage d'eau du réseau SONELGAZ.

Cependant, ces résultats ne restent valables que dans le cas de la politique de subvention saharienne à l'électricité et dans le cas de l'application effective du prix de la production d'énergie, il a été constaté que le système de pompage solaire photovoltaïque est le moins cher que le système de pompage dans le Réseau SONELGAZ.

Pour l'avenir, plusieurs facteurs pointent vers une baisse des coûts d'investissement et une amélioration de la compétitivité du pompage PV.

## **Références**

---

### **Références :**

[1] BEN SALAHEDDINE Faouzi OUAHRANI Houda, « Mise au point d'un banc d'essai d'une motopompe centrifuge », mémoire de master 2017, Université A. Mira de Bejaia

[2] Amine BELAID, « Etude et conception d'une pompe Centrifuge », mémoire de Master 2017, Université de Biskra.

[3] OURS BLANC DES CARPATHES, « Introduction à C++ Builder », Isima 1988-1999, [http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/intro\\_cpp\\_builder.pdf](http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/intro_cpp_builder.pdf)

[4] SHRAI M. F., 2001, « Optimisation d'une chaîne de conversion d'énergie photovoltaïque en énergie électrique », Séminaire de l'école doctorale GEET, Université Paul Sabatier, Toulouse.

[5] LAUGER A., Roger J.A., 1981, Les photopiles solaires, Edition technique et documentation.

[6] JIMMY Royer, THOMAS Djiako, Eric Schiller, Bocar Sada Sy « le pompage photovoltaïque, manuel de cours à l'intention des ingénieurs et techniciens » Institut de l'énergie des pays ayant en commun l'usage français, 1998

[7] Ahmed Bagré. « Cours sur le pompage photovoltaïque et le dimensionnement de système PV »

[8] Chenni, Kerbach, 2004, Optimisation d'une motopompe associée à un générateur Photovoltaïque, Communication internationale CIMA, Université de Boumerdes.

[9] Poirée, Ollier. 1986, Irrigation. Les réseaux d'irrigation. Théorie, technique et économie des arrosages, Edition Eyrolles, paris, 408 pages

[10] Jean-Loup PRENSIER – Christophe DAUX, « La chaîne d'énergie du pompage de l'eau », Edité le 17/05/2006

[11] B. Mohammed, "Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque autonome," Centre Universitaire De Bechar Mémoire de Magister, 2007-2008

[12] 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.

## Références

---

[13] LAFIA SEIDOU Imorou, « Etude et dimensionnement des systèmes de pompage photovoltaïque dans les localités rurales du Bénin : cas de Adjakpata » Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur 2<sup>ie</sup> avec le grade de master, Promotion [2015/2016] Institut International d'Ingénierie. BURKINA.

[14] Bassam OUAIDA « Les Energies Renouvelable et le Développement Durable en milieu rural », novembre 2013

[15] Hadj Arab A., BENGHANEM M. et GHARBI A., 2005, Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque, Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 19 – 26.

[16] M<sup>elle</sup> BACHSAIS Iméne, M<sup>elle</sup> SEBBAGH Asma, « Optimisation d'un système de pompage photovoltaïque pour l'irrigation d'un hectare de palmier dattier en utilisant les méthodes Métaheuristiques », Mémoire de Master 2016, université M'Hamed Bougara de Boumerdes

[17] <https://fr.tutiempo.net/radiation-solaire/timimoun.html>