

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Ghardaïa



Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologie

N° de série :

N° d'ordre :

Mémoire présenté en vue de l'obtention  
du diplôme de

**MASTER**

*Domaine : Sciences et Technologies.*

*Filière : Hydraulique.*

*Spécialité : Hydraulique urbain.*

**PAR :**

- **SOUID Oussama Abderazak**
- **MOULAY OMAR Abdelkader.**

**Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage  
dans la palmeraie Sebseb.**

**Soutenu le : 26/10/2020**

**Devant le jury :**

<b>Mr. BOUTELLI Hicham</b>	MAA Univ. Ghardaïa	<b>President</b>
<b>Mr. BEN SAHA Salah</b>	MAA Univ. Ghardaïa	<b>Examineur</b>
<b>Mr. BOUZID abdelmalek</b>	MAA Univ. Ghardaïa	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire : 2019/2020**

## Remerciement :

Notre remerciement s'adresse en premier lieu à Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant ces longues années.

Nous remercions le promoteur Mr. BOUZIDE ABDELMALKE. Pour toute l'aide qu'il nous a apporté avec ses encouragements et les orientations dans ce travail. Sa rigueur scientifique et sa sincérité seront toujours pour nous un modèle.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Mr. le directeur de L' SKT M et un remerciement particulier au chef l'unité Mr. SAYEH

Nous tenons remercier vivement Monsieur le président et les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Pour finir nous remercions vont également à tous ceux qui de près ou de loin ma apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

# DEDICACES

*Nous voudra dédicacer ce travail :*

*Avant tout à chers parents, qui nous encouragé à aller de l'avant et  
qui m'ont donné tout leur amour.*

*Que Dieu leurs accorde une longue vie.*

*A mes frères Mohammed , Imene , A mes freres : Mohamed , Yacine ..*

*A la grande famille Souid et Moulay Omar.*

*A mes meilleur amis : Toufik, ABEIDA , Farouk .*

*Ainsi que tous mes collègues de la promotion (corona) 2020 . A tous  
mes profs qui m'ont encouragé pour réussir mes études.*

*Une spéciale dédicace à la personne qui a été très paternaliste avec  
moi : Mr. BOUZID Abd El Malek.*

*Trouvez dans ce modeste travail mes sincères gratitudes et  
reconnaissance.*

**SOUID Oussama Abdelrazak**

## DEDICACE

Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de  
M'avoir donné le courage et la patience pour réaliser  
Ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents, que dieu les garde et les  
Protège pour leurs soutien moral et financier, pour  
Leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont

Endurés.

A mes frères

A mes sœurs

A mes grandes familles

A mes camarades et mes amis

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à

Maintenant, Merci.

**MOULAY OMAR Abdelkader**

# Résumé

### Résumé :

Ce modeste travail a été porté sur l'optimisation d'un système de pompage photovoltaïque fondé sur le calcul des besoins en eau des différentes cultures de la région de Ghardaïa, à cet égard, nous avons choisie deux scénario, le premier concerne l'irrigation d'une seul culture et deuxième concerne l'irrigation de plusieurs cultures.

Pour chaque scénario nous avons calculé les besoins en eau des cultures ainsi le dimensionnement le système de pompage adéquat. Pour le deuxième scénario le dimensionnement à était basé sur le bilan des besoins des différentes cultures.

Selon l'étude, le générateur photovoltaïque adéquat est constitué de 20 modules photovoltaïques en silicium monocristallin d'une puissance crête de 130 WC chacun. Ainsi, la puissance crête du générateur PV est de 2600 WC. Il est cependant important de signaler que, souvent, le calcul de la taille du générateur comporte un certain degré d'incertitude.

**Mots-clés:** photovoltaïque, pompage, générateur, cristallin, énergie solaire.

### **Abstract:**

This work has been focused on optimizing a photovoltaic pumping system based on the calculation of the water needs of the different crops in the Ghardaïa region, in this respect we have chosen two scenarios, the first concerns the irrigation of a single crop and the second concerns the irrigation of several crops.

For each scenario we calculate the water needs of the crops so sizing the proper pumping system. For the second scenario, the sizing was based on the assessment of the needs of the different cultures.

According to the study, the correct photovoltaic generator consists of 20 single-crystalline silicon photovoltaic modules with a peak power of 130 WC each. Thus, the peak power of the PV generator is 2600 WC. It is important to note, however, that often there is a degree of uncertainty in calculating the size of the generator.

**Key Words:** photovoltaic, pumping, generator, crystalline, solar power.

### ملخص الدراسة:

ركز هذا العمل على تحسين نظام ضخ الكهروضوئي على أساس حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة في منطقة غرداية، وقد اخترنا في هذا الصدد مرحلتين، الأولى تتعلق بري محصول واحد والثانية تتعلق بري عدة محاصيل.

لكل مرحلة نقوم بحساب احتياجات المياه من المحاصيل حتى تحجيم نظام الضخ السليم. أما بالنسبة للمرحلة الثانية، فقد استند التحجيم إلى تقييم احتياجات الثقافات المختلفة.

ووفقا للدراسة، يتكون المولد الضوئي الصحيح من 20 وحدة بلورية أحادية السيليكون الكهروضوئية مع قوة الذروة من WC 130 لكل منها. وهكذا، فإن الطاقة الذروة للمولد الكهروضوئي هو WC 2600. ومع ذلك من المهم ملاحظة أنه كثيرا ما يكون هناك قدر من عدم اليقين في حساب حجم المولد.

**الكلمات المفتاحية:** الضوئية، ضخ، مولد، البلورية، والطاقة الشمسية.

# **Sommaire**

**Sommaire:**

<b>Résumé :</b> .....	<b>6</b>
<b>Sommaire:</b> .....	<b>10</b>
<b>List de Tableaux:</b> .....	<b>15</b>
<b>List du Figures:</b> .....	<b>17</b>
<b>Introduction:</b> .....	<b>A</b>
<b>Préface:</b> .....	<b>2</b>
<b>1. DEFINITION :</b> .....	<b>3</b>
<b>2. SITUATION ET CLIMAT :</b> .....	<b>4</b>
Situation géographique : .....	4
La Wilaya de Ghardaïa est limitée : .....	4
Le climat de la région de Ghardaïa : .....	5
Les Précipitations Maximales Journalières : .....	5
Le Vents : .....	6
Température : .....	6
L'Humidité : .....	7
Le Rayonnement : .....	7
<b>3. Type de cultures :</b> .....	<b>7</b>
<b>4. NATURE DE SOL :</b> .....	<b>9</b>
<b>5. Ressources d'eau d'irrigation région de Ghardaïa :</b> .....	<b>10</b>
<b>6. Type d'irrigation : Gravitaire aspersion localise :</b> .....	<b>11</b>
6.1. Irrigation gravitaire : .....	11
6.2. L'arrosage par infiltration (à la raie) : .....	12
6.3. Avantages de l'irrigation par gravité : .....	12
6.4. Inconvénients de l'irrigation par gravité : .....	12
6.5. Irrigation par aspersion : .....	12
6.6. Avantages de l'irrigation par aspersion .....	12
6.7. Inconvénients de l'irrigation par aspersion : .....	13
6.8. Irrigation par apports localisés : .....	13
6.9. Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte) .....	13
6.10. Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte) : .....	13
<b>7. CONCLUSION :</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCTION :</b> .....	<b>16</b>
<b>1. Définitions :</b> .....	<b>17</b>
1.1. Evapotranspiration .....	17
1.2. Evapotranspiration réelle (ETR) : .....	17
1.3. Evapotranspiration optimale (ETROpt) : .....	18
1.4. Facteurs influençant l'ETP : .....	18
1.5. Mesure de l'ETP : .....	19
1.6. Conduite des mesures sur évapotranspiromètre: .....	19
1.7. Estimation de l'ETP : .....	20
<b>2. Développement des différentes méthodes de calcul de l'etp :</b> .....	<b>21</b>
2.1. La méthode de Blaney-Criddle : .....	21

2.2. La méthode de Bllaney-Criddle généralisée :	21
2.3. Méthode du rayonnement :	21
Méthode du Bac :	22
<b>3. Bilan hydrique :</b>	<b>23</b>
<b>4. Evapotranspiration DE LA CULTURE (kc) :</b>	<b>23</b>
<b>5. Hydrologie et pluies :</b>	<b>24</b>
5.1. Pluies annuelles	24
<b>6. Besoins nets en eau d'irrigation :</b>	<b>24</b>
Besoins de pointes :	25
Besoins bruts en eau d'irrigation :	25
<b>CONCLUSION :</b>	<b>26</b>
<b>Introduction</b>	<b>28</b>
<b>1. Généralité Sur les pompes :</b>	<b>29</b>
<b>2. Principe de la pompe :</b>	<b>29</b>
<b>3. Classification des pompes :</b>	<b>29</b>
3.1. Pompes roto-dynamiques	29
<b>4. Catégories des pompes :</b>	<b>31</b>
4.1. Pompes centrifuges	31
4.2. Pompes volumétriques	33
<b>5. Vitesse et diamètre spécifique d'une pompe :</b>	<b>34</b>
5.1. Notion de la vitesse spécifique :	35
5.2. Notion du diamètre spécifique :	35
<b>6. Lois de similitude :</b>	<b>36</b>
<b>7. Caractéristiques des pompes :</b>	<b>37</b>
7.1. Rendement global de la pompe :	38
7.2. Couplage des pompes :	38
<b>8. Conclusion :</b>	<b>40</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>42</b>
<b>2. Gisement solaire</b>	<b>43</b>
<b>3. Energie photovoltaïque</b>	<b>45</b>
3.1. Principe de la conversion photovoltaïque :	45
<b>4. Système photovoltaïque</b>	<b>46</b>
<b>5. Composition d'un système photovoltaïque</b>	<b>47</b>
5.1. Principe de fonctionnement	47
<b>6. Type des systèmes photovoltaïques</b>	<b>47</b>
6.1. Système autonome :	47
6.2. Systèmes hybrides :	48
6.3. Systèmes connectés au réseau	48
<b>7. Les différents types de générateurs photovoltaïques :</b>	<b>49</b>
7.1. Silicium monocristallin	49
7.2. Silicium poly cristallin (multi cristallin)	50
7.3. Silicium amorphe :	51
<b>8. Type de raccordement</b>	<b>52</b>

8.1. Association en série .....	52
8.2. Association en parallèles .....	52
<b>9. Conclusion .....</b>	<b>53</b>
<b>1. Préface :.....</b>	<b>55</b>
<b>2. Les composants d'un système de pompage photovoltaïque : .....</b>	<b>56</b>
<b>3. Description du principe .....</b>	<b>57</b>
<b>4. Type de pompages : .....</b>	<b>58</b>
4.1. Pompage « au fil du soleil » : .....	58
4.2. Pompage avec batteries : .....	59
4.3. Notions hydrauliques : .....	59
<b>5. Les avantages et les inconvénients de système pompage photovoltaïque : ...</b>	<b>61</b>
5.1. Les avantages et les inconvénients de système pompage photovoltaïque : .....	61
<b>6. Dimensionnement des stations de pompage solaire : .....</b>	<b>62</b>
<b>7. Conclusion :.....</b>	<b>63</b>
<b>1.Présentation de Sebseb.....</b>	<b>66</b>
1.1. Histoire :.....	66
1.2. Le Climat de Sebseb :.....	66
<b>1. Introduction : .....</b>	<b>68</b>
<b>2. Etat de lieu : .....</b>	<b>69</b>
<b>3. Description du système de pompage PV existant : .....</b>	<b>69</b>
3.1. Alimentation du système de pompage (générateur photovoltaïque) : .....	69
3.2. Composition des générateurs solaires photovoltaïques :.....	71
3.3. Dimensionnement de la station de pompage .....	76
3.4. Evaluation des besoins en eau .....	76
<b>4. Les heures de journée de l'ensoleillement :.....</b>	<b>77</b>
4.1. Calcule Le débits : .....	78
<b>5. Rayonnement solaire : .....</b>	<b>78</b>
<b>6. Mois de dimensionnement.....</b>	<b>78</b>
<b>7. Hauteur manométrique total : .....</b>	<b>79</b>
<b>8. Choix de la pompe : .....</b>	<b>79</b>
8.1. Codification des pompes .....	80
<b>9. Choix de l'onduleur : .....</b>	<b>81</b>
<b>10. Application de dimensionnement de la station de pompage .....</b>	<b>82</b>
10.1. Dimensionnement de la pompe .....	82
10.2 Dimensionnement du générateur PV .....	83
10.3. Déterminer le nombre du module PV.....	84
<b>11. Comparaison entre système excitant et les calcules .....</b>	<b>85</b>
<b>12. Résultats : .....</b>	<b>85</b>
12.1. Irrigation et Pompage solaire.....	85
12.2. Calcule hydraulique de réseau d'irrigation.....	86
<b>Conclusion générale : .....</b>	<b>91</b>
<b>Références Bibliographiques :.....</b>	<b>94</b>

# **List de Tableaux**

### List de Tableaux:

Tableau 01 : Précipitations mensuelles et annuelles de régions étude : .....	6
Tableau 02 : Vétisse d'vent dan région Ghardaïa. ....	6
Tableau 03 : La température dans région Ghardaïa .....	7
Tableau 04 : La l'humidité dans région Ghardaïa .....	7
Tableau 05 : Le Rayonnement solaire dans région Ghardaïa. ....	7
Tableau 06 : Granulométrie de sol .....	10
Tableau 07 : principales méthodes d'estimation .....	20
Tableau 08 : recueillies sur une période de 110 années (1986-1994) .....	24
Tableau 09 : Les avantages et les inconvénients .....	61
Tableau 10 : les caractéristiques sur le générateur photovoltaïque. ....	71
Tableau 11 :les caractéristiques de module photovoltaïque .....	72
Tableau 12: les caractéristiques de débitmètre utilisé. ....	75
Tableau 13: calendrier rotation de culture (SEBSEB) [16]. ....	77
Tableau 14 : Heurs de journées de l'ensoleillement [17]. ....	77
Tableau 15 : les débits horaires pour chaque mois.....	78
Tableau 16 : Les valeurs globales de l'irradiation journalière .....	78
Tableau 17 : les caractéristiques de l'onduleur .....	83
Tableau 18 : de calcule hydraulique de réseau d'irrigation. ....	85
Tableau 19 : de calcule hydraulique de réseau d'irrigation. ....	88

# List du Figures

### List du Figures:

Figure 01 : Situation de la région .....	5
Figure 02 : Répartition des surfaces d'occupation .....	9
Figure 03 : Principe de conversion d'une pompe hydraulique .....	29
Figure 04 : Classification des pompes hydrauliques.....	30
Figure 05 : Schéma d'une pompe centrifuge .....	32
Figure 06: Pompe centrifuge avec vannes isolement.....	32
Figure 07 : Pompe Volumétrique A Membrane (Alternative).....	33
Figure 08 : pompe volumétrique (rotative). .....	34
Figure 09: Classification des turbopompes en fonction de la vitesse spécifique. ...	36
Figure 10 : Système de couplage en série. ....	38
Figure 11 : Point de fonctionnement de pompes en série.....	39
Figure 12: Système de couplage en parallèle.....	39
Figure 13: Point de fonctionnement de pompe en parallèle.....	39
Figure 14 : Moyenne annuelle de l'énergie reçue en Algérie .....	44
Figure 15 : Composantes du rayonnement solaire au sol. ....	45
Figure 16: Description de la cellule photovoltaïque .....	46
Figure 17: Composant d'un champ de module photovoltaïque .....	46
Figure 18 : Schéma descriptif du système autonome.....	47
Figure 19: Schéma descriptif du système hybride.....	48
Figure 20: Schéma descriptif du système connecté au réseau .....	49
Figure 21 : cellules en silicium.....	50
Figure 22 : Silicium poly cristallin.....	51
Figure 23 : Cellules identiques en série .....	52
Figure 24 : Cellule identiques en parallèles. ....	52
Figure 25: Schéma synoptique simplifié de pompage PV .....	56
Figure 26 : chaîne de composant d'un pompage PV .....	56
Figure 27 : Configuration générale d'un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil. ....	57
Figure 28 : pompage au fil du soleil. ....	58
Figure 29 : pompage avec batterie. ....	59
Figure 30 : Hauteur manométrique total. ....	60
Figure 31 : Les donné climatique pour SEBSEB .....	66
Figure 32 : la marque et le modèle de module de panneau .....	69
Figure 33 : Générateur photovoltaïque .....	70
Figure 34 : Illustration Générateur photovoltaïque avec configuration 2×6.....	70
Figure 35 : Courant en fonction tension de module PV Isofoton, I_130/24 .....	70
Figure 36 : les étapes de utilisation logiciel PVSYST5_0 .....	72
Figure 37 : boîte de jonction .....	73
Figure 38 : la pompe utilisée sur le système existant.....	73
Figure 39 : Puits existant .....	74
Figure 40 : le bassin existant.....	74
Figure 41 : illustration de débitmètre .....	75

## List du Figures

---

Figure 42 : débitmètre.....	75
Figure 43 : besoin d'irrigation solaire.....	77
Figure 44 : Les étapes d'utilisation logiciel GRUNDFOS WinCAPS . .....	80
Figure 45 : la pompe choisie .....	81
Figure 46 : Caractéristiques de la pompe choisie .....	81
Figure 47 : Onduleur solaire de gamme 3 KW.....	82
Figure 48 : illustration Générateur photovoltaïque avec configuration 21 panneaux. .....	84
Figure 49 : Schéma de principe du système d'irrigation solaire .....	86

# **Introduction**

### **Introduction:**

Notre pays connaît une longue période de sécheresse et il a une pluviométrie insuffisante, ce phénomène a réduit le niveau des nappes. Pour cela, l'économie de l'eau surtout dans le domaine agricole est indispensable.

Depuis toujours, l'irrigation est pratiquée dans toutes les zones de culture où la répartition naturelle des pluies n'est pas assez régulière pour assurer une production agricole satisfaisante, c'est pourquoi, l'homme est resté sédentaire dans certaines régions.

C'est surtout la rationalisation de l'agriculture qui a suscité la mise en œuvre d'un programme de développement agricole, qui, comme partout ailleurs en Algérie, reste conditionné par le problème d'eau.

Les experts disent que le quasi-épuisement des réserves de pétrole est considéré comme le principal moteur utilisé pour produire de l'électricité.

La recherche s'est concentrée sur l'énergie alternative et les ressources renouvelables, et l'énergie solaire à la meilleure chance.

L'énergie produite par le soleil qui est suffisante pour produire la quantité d'énergie pour répondre à tous les types de besoins humains à la surface de la balle que nous étudions l'utilisation de ce type de l'énergie dans le domaine agricole et utilisé dans l'irrigation et surtout dans les régions éloignées ou isolées des ressources énergétiques.

La wilaya fait l'objet d'une zone agricole par excellence, ou le potentiel solaire est abondant, ce qui favorise à l'application de pompage photovoltaïque dans l'irrigation des exploitations agricole lointaine du réseau électrique.

Dans ce travail nous nous focalisons sur les pratiques et choix des cultures dans la région et son impact sur la taille du générateur photovoltaïque destiné au pompage.

**Chapitre I**

**Généralité Sur**  
**l'irrigation Dans La**  
**Région De Ghardaïa**

**Préface:**

La ville de Ghardaïa est située au centre du Sahara algérienne, cette ville à un caractère spécial, car elle conserve toujours sa culture ancienne et son patrimoine.

Dans ce chapitre on essayera de faire une identification générale des caractéristiques climatiques, géographiques, agricoles.

Les besoins d'irrigation dépendent essentiellement de deux facteurs :

- ❖ La nature des assolements (type de cultures)
- ❖ La superficie à irriguer

En fait, si on parle des consommations en eau, il faudrait ajouter un troisième facteur qui est la technique d'irrigation : (gravitaire, aspersion...etc.).

**1. DEFINITION :**

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface ne nécessitant qu'un aménagement adéquat du sol.

On classifie généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux : irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.

D'irrigation de surface (bassins, planches, raies), avant d'analyser les différents critères de choix d'une technique adaptée à une situation Donnée.

Les irrigations par submersion consistent à introduire rapidement l'eau dans des bassins convenablement délimités par de petites Dignes arasées à l'horizontale, puis à laisser cette eau s'infiltrer dans Le sol.

L'irrigation par épandage des eaux de crue constitue une variante rudimentaire de ce type de technique. Elle peut être utilisée pour Reconstituer les réserves en eau du sol en dehors des périodes d'activité Végétative ou pour l'aménagement de rizières permanentes dans Des champs d'inondation. L'irrigation par bassins horizontaux est, par contre, une technique Élaborée, permettant une irrigation rationnelle.

Dans les irrigations par ruissellement, l'eau ruisselle en nappe mince sur toute la surface à irriguer et s'infiltré progressivement. Les irrigations par rigoles, où les eaux sont répandues sur le sol par débordement de petites rigoles, correspondent à des aménagements sommaires, courants en pays de montagne. On utilise des rigoles de niveau ou des rases (rigoles en oblique) selon la pente du terrain. Les irrigations par plans inclinés et ados permettent une irrigation précise et peuvent être utilisées lorsque le terrain n'a pas une pente naturelle suffisante pour faire ruisseler l'eau en nappe mince ; le terrain est alors aménagé en une succession de petites terrasses en plan incliné dont les petits côtés sont orientés dans le sens de la plus grande pente. La rigole de distribution située en crête déverse sur un côté (plan incliné) ou sur les deux côtés (ados).

Les irrigations à la planche sont très couramment utilisées. L'eau est introduite en tête du petit côté d'une parcelle rectangulaire dont les grands côtés sont orientés selon les lignes de plus grande pente. Elle ruisselle sur toute la surface de la planche parfaitement nivelée, et limitée par deux diguettes longitudinales. Dans les irrigations par rigoles d'infiltration, l'eau ne ruisselle que sur une partie du sol, dans des sillons préalablement aménagés, et s'infiltré latéralement et verticalement. L'irrigation à la raie est particulièrement adaptée aux cultures en ligne. L'irrigation par corrugations (microsillons) en constitue une variante adaptée aux cultures couvrantes. Nous examinerons plus en détail les trois techniques. [1]

## **2. SITUATION ET CLIMAT :**

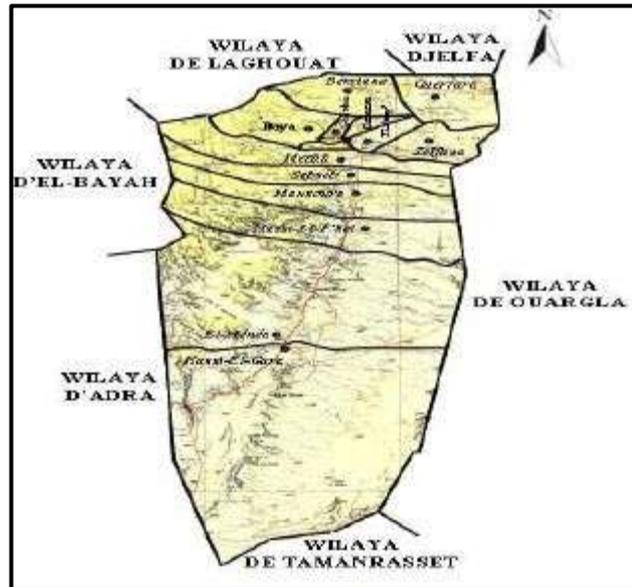
### **Situation géographique :**

La Wilaya de Ghardaïa, l'une des plus importantes Wilaya du sud de l'Algérie est assise sur une superficie de 86.560 km<sup>2</sup> située dans la partie septentrionale et centrale du Sahara (région programme Sud/Est) entre 4° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de latitude Nord, le territoire de la Wilaya de Ghardaïa s'inscrit exclusivement dans l'espace saharien (dorsale du M'Zab, Hamada, Grand Erg Occidental,...).

### **La Wilaya de Ghardaïa est limitée :**

Au Nord par les Wilayas de Laghouat et de Djelfa. A l'Est par la Wilaya d'Ouargla.

Au Sud par la wilaya de Tamanrasset, et Adrar ; l'Ouest par la wilaya d'El Bayadh et d'Adrar.



**Figure 01 : Situation de la région**

### **Le climat de la région de Ghardaïa :**

Typiquement Saharien, est caractérisé par deux saisons : Une saison chaude et sèche (d'avril à Septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une Grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver. On a enregistré une Moyenne annuelle de 25°C, avec une évapotranspiration de l'ordre de 2000mm par an et une faible hauteur de pluies avec une moyenne de précipitations de 60 mm/an.

Ces valeurs moyennes n'ont pas une grande signification car les pluies peuvent faire défaut pendant plusieurs années consécutives et que deux à trois jours de pluies peuvent apporter 50 à 80 mm.

### **Les Précipitations Maximales Journalières :**

Dans les régions arides le caractère exceptionnel de certaines pluies tombées en 24h est très important à considérer puisqu'elles peuvent être à l'origine du ruissellement des Oueds (Roche, 1996). Pour cerner le phénomène sur la région du M'Zab, on a accueilli les données pluviométriques, à partir de la station de Ghardaïa (l'ONM).

Les séries pluviométriques que nous traitons dans notre travail, sont aux nombres de trois origines différentes, la station de Ghardaïa (O.N.M) implantées dans le bassin versant de Vallée de Mzab, la direction de ressource hydrique et A.R.N.H.

Les données relatives à la station pluviométrique de Ghardaïa : Les valeurs de cette station englobent les prélèvements effectués durant une période de 40 ans allant de 1970 à 2014, faisant apparaître les précipitations journalières.

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien aride, à des hauteurs d'annuelles de moins de 100 mm La pluviométrie moyenne annuelle est de L'ordre de 70 mm. Cette valeur moyenne de la pluviométrie n'a pas une grande signification car les pluies peuvent faire défaut pendant plusieurs années consécutives, cependant, deux à trois jours de pluies peuvent apporter 50 à 80 mm, engendrant parfois des importantes crues avec des débits considérables, qui peuvent atteindre 1000 m<sup>3</sup>/s pour une fréquence cinquante ale.

**Tableau 01 : Précipitations mensuelles et annuelles de régions étude :**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
P mm	9.91	2.04	5.59	7.11	00	2.03	00	00	7.37	0.29	5.59	00
Moyenanmelle	3.32											

**La Source : ARNH station d'étude**

**Le Vents :**

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique.

Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs Centaines de mètres de haut.

Les vents d'hiver sont froid sec humides de direction préférentielle NW et WNW.

**Tableau 02 : Vêtisse d'vent dan région Ghardaïa.**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
P mm	9.3	9.8	9.7	8.6	9.1	9.6	9.8	9.8	9.4	10	9.7	9.9

V : vêtisse d'vent

V : moyyn = 9.59 km/h

**La Source : ARNH station d'étude**

**Température :**

Elle est très différente entre le jour et la nuit, l'été et l'hiver. La période chaude commence au mois de Mai jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 36,3 °C, et la température maximale de cette période est 46 °C.

Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 12,2 °C, et la température minimale de

cette même période est 2,5 °C, et les différentes températures moyennes sont représentées dans.

**Tableau 03 : La température dans région Ghardaïa**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	MoyenAnn
<b>T Moye</b>	10.9	9.65	16.05	20.9	26.75	34	36.35	34.8	29.1	24.95	17.95	12.65	22.83
<b>T Max</b>	16.2	14.9	21.8	27.4	33.6	40.8	43	41.3	35.7	30.8	23.3	18.3	28.3
<b>T Min</b>	5.6	4.4	10.3	14.4	19.9	27.2	29.7	28.3	22.5	19.1	12.6	7	16.75

**La Source : ARNH station d'étude**

**L'Humidité :**

L'humidité relative pour cette région est moyenne, elle est généralement comprise entre 24 et 34% pendant l'été et s'élève à 55% et 65% en l'hiver, Elle varie entre 24% et 65%, sur la période d'observation. La moyenne de l'humidité la plus élevée est enregistrée au mois de décembre, avec 65% et le taux le plus faible est au mois d'août, avec 23%, et une moyenne annuelle de 36.85%.

**Tableau 04 : La l'humidité dans région Ghardaïa**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>H %</b>	51	45.5	42.1	34.2	26.3	22.5	19.7	23	30	37.7	56.6	53.2
<b>Moyen</b>	<b>36.85</b>											

**La Source : ARNH station d'étude**

**Le Rayonnement :**

**Tableau 05 : Le Rayonnement solaire dans région Ghardaïa.**

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Ray</b>	3.9	4.8	5.9	7.3	7.5	7.8	7.5	7.1	6.0	4.8	4.0	3.4
<b>Ran Annai</b>	<b>5.8</b>											

**La Source : ARNH station d'étude**

Rayonnement solaire moyen journalier mensuel (kWh / m<sup>2</sup> / jour) pour Ghardaïa.

**3. Type de cultures :**

L'activité agro-pastorale reste, dans la wilaya de Ghardaïa l'un des secteurs, avec le tourisme, les plus sûrs en tant que catalyseur du développement durable et de la compétitivité des territoires. En effet, certaines expériences menées jusque-là (phoenicicultures, cultures maraîchères arboricultures, petits élevages) ont donné des résultats encourageants et augurent de belles perspectives pour le développement de la wilaya. Les cultures pratiquées au niveau de la wilaya de Ghardaïa, sont la céréaliculture, le maraîchage, les cultures fourragères et industrielles en plus de l'arboriculture.

Au début du siècle, chaque habitant du Mzab disposait d'une superficie de 0,3ha; aujourd'hui il reste 0,03 ha de surface irriguée par habitant. Une croissance démographique plus rapide que la mise en exploitation de nouvelles terres, en est la principale cause.

La population de la chebkaqui comptait 23,000 habitants en 1872, atteint en 1997 les 130 000 habitants. Alors que l'accroissement naturel est de 2,6%, l'accroissement démographique s'élève à 3,4%. La région connaît une forte immigration, ce qui renseigne aussi sur la vitalité économique de la région. Très peu de gens dans la vallée du Mzab vivent uniquement de l'agriculture (environ 9% de la population occupée). La forte urbanisation (90% de la population), se fait au détriment de la palmeraie traditionnelle. Le jardinage pour l'autoconsommation s'oriente vers une agriculture produisant pour le marché urbain de proximité.

Le développement de l'agriculture périurbaine sur les produits maraîchers et les fruits se concentre sur les espèces qui sont bien adaptées aux exigences du milieu saharien. Les performances décevantes des périmètres céréaliers entraînent progressivement la reconversion vers des spéculations plus proprement sahariennes: palmier dattier, arboriculture fruitière, raisin de table, cultures maraîchères, fourrage.

L'élevage est relativement peu développé dans la vallée du Mzab.

La topographie et la forte urbanisation réduisent les possibilités, le plus souvent à quelques têtes de caprins et d'ovins.

Parmi les fonctions de l'agriculture en région saharienne il faut insister sur la fonction de viabilisation de l'espace aride pour le rendre à la fois vivable pour les êtres vivants et créateur d'activités productives. Le pilier de cette viabilisation est le palmier dattier qui est par ailleurs la spéculation agricole la plus intéressante pour l'exportation.

Situé au centre du Sahara algérien, le Mzab est une zone de transition entre les deux principales zones phoenicoles d'Algérie et présente la plus grande diversité des cultivars majeurs. Dans la vallée, 90 différents cultivars de palmier dattier ont été recensés, dont 17 cultivars majeurs. Les autres cultivars forment des petites populations de moins de 200 arbres.

La diversité est entretenue dans les jardins familiaux et même dans les nouvelles mises en valeur pour assurer une production quel que soit les aléas climatiques: sécheresse, pluie d'automne...

Le cultivar Deglet-Nour représente 25% du nombre total de dattiers dans la wilaya qui constitue la limite de l'aire d'extension vers l'ouest de la culture de cette variété d'exportation.

D'autres variétés comme Ghars ou Timjohart sont localement développées. Des variétés locales rares sont très recherchées comme Bintqbalala qui produit une datte molle, très parfumée conservée au congélateur. Le rejet de Bintqbalala s'achète 10,000DA alors que celui des variétés les plus courantes comme Ghars et DegletNour coûtent environ 5,000DA.

La fusariose du palmier dattier appelée maladie du bayoud existe en Algérie depuis environ un siècle. Le bayoud est la maladie mortelle la plus grave des dattiers; elle a régulièrement progressé des oasis de l'ouest vers l'est. Les oasis de la chebka du Mzab (Metlili, atteinte en 1945 et Ghardaïa depuis 1965) constituent aujourd'hui le front oriental de progression de la maladie. La grande majorité des cultivars sont sensibles au bayoud. La tolérance au bayoud de certains cultivars (Aqerbucht, Timjouhart) rend leur rejet très recherchés.

Le très important accroissement urbain exerce une formidable pression sur le maillage hydro - agricole de la palmeraie traditionnelle dans la vallée (spéculation foncière, conflit d'usage...) Se met alors en place un nouveau terroir agricole à la périphérie de la ville, strictement dépendant des ressources en eaux fossiles. Il apparaît nécessaire et urgent, pour répondre aux besoins d'un marché urbain en extension, de rechercher de nouvelles ressources hydriques permettant de diminuer d'autant l'exploitation par forages des ressources limitées, non renouvelables.

#### 4. NATURE DE SOL :

Ces sols de couleur brune à brune claire en profondeur à structure argileuse grumeleuse peu friable en profondeur, La carte a été élaborée par digitalisation de l'image satellitaire IKONOS de l'an 2000 (multi spectrale à 4m de résolution) de la zone étudiée en utilisant les outils du logiciel ArcGIS 10 d'ESRI. La carte montre que sur une surface totale de la vallée digitalisée de 31,18 km<sup>2</sup> soit 3118,8 hectares ; 30% est occupée par l'urbanisme soit 10,63 hectares. Les oasis dans la vallée occupent une surface de 14,10 hectares, soit 40% de la surface totale (fig. 2).

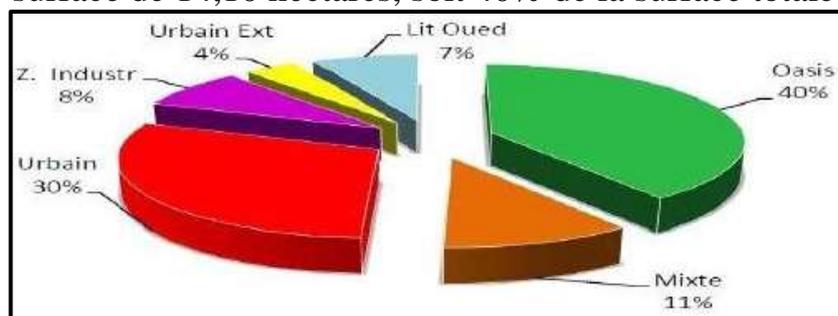


Figure 02 : Répartition des surfaces d'occupation

Les oasis sont localisées principalement en amont (Touzouz, Bouchen) et en aval de l'oued M'zab (Djaoua, Aouleouel), ainsi que le long des deux principaux affluents de la vallée du M'zab ; oued N'tissa et oued Azouil. Les zones mixtes (urbanisme et oasis) représentent 11% de la surface totale soit 3,83 hectares.

Les zones urbaines sont localisées principalement, autours des vieux ksars (pentapole) et s'étendent progressivement vers les oasis environnantes. La vallée de M'Zab fait partie de la région centrale de la chebka (Dorsale du M'Zab), cette dernière se caractérise par un relief cisailé, ravine et serpenté d'innombrables oueds. Le substratum géologique est constitué de calcaires, dolomies et marnes d'âge turonien.

On distingue aussi, le long de la vallée des dépôts alluvionnaires d'âge quaternaire. Ces alluvions sont constituées de sables fins et grossiers (mélangés à des limons et des argiles), gravillons, galets consolidés. Cette formation superficielle, contient une nappe phréatique plus ou moins profonde, exploitée par des puits donnant de faibles débits. En profondeur la formation de continental intercalaire réserve la nappe albienne qui constitue la ressource principale d'eau potable.

**Tableau 06 : Granulométrie de sol**

<b>Diameter Ø</b>	<b>Mass refus</b>	<b>Mass refus (%)</b>	<b>TYPE</b>
> 1.6 mm	874.44	62.81	<b>Gravier + Cailloux</b>
1.25 mm	22.14	1.59	
1 mm	40.59	2.92	<b>Sable Gros</b>
800 µm	52.8	3.79	
630 µm	89.02	6.39	
500 µm	78.59	5.65	
315 µm	128.08	9.20	
250 µm	31.67	2.27	
120 µm	46.65	3.35	<b>Sablefin</b>
80 µm	20.28	1.46	
63 µm	4.56	0.33	
<63 µm	3.3	0.24	<b>Limon + Argile</b>

**La Source : ARNH station d'étude**

**5. Ressources d'eau d'irrigation région de Ghardaïa :**

La région Ghardaïa n'est possible qu'en exploitant les eaux souterraines. On rappelle que, dans la wilaya, celles-ci sont localisées dans trois niveaux aquifères différents :

- La nappe phréatique qui est une nappe libre dont l'alimentation dépend des précipitations ; on la trouve principalement sous le fond de la vallée sous la forme de nappe d'infiltration - flux dans les alluvions ;
- La nappe du complexe terminal ou du miocène sableux présente principalement au Sud ;
- La nappe du continental intercalaire contenue dans les niveaux sablo-gréseux de l'Albien que l'on trouve, à des profondeurs variables, à travers toute la wilaya.

A Ghardaïa, la nappe du complexe terminal se confond avec la nappe superficielle que l'on a pu nommer "nappe phréatique du M'Zab» ; les eaux y sont naturellement de bonne qualité mais, aujourd'hui, fréquemment souillées par des infiltrations non contrôlées.

La nappe du continental intercalaire se présente à des profondeurs fortement variables affleurant à l'ouest d'El-Goléa, elle s'enfonce vers le nord pour atteindre 250 à 300 m vers Ghardaïa puis plus de 1 000 m à la limite de la wilaya, directement à l'Est. La nappe du continental intercalaire s'étend bien au-delà de la wilaya, elle s'écoule de la zone d'alimentation située à l'Ouest et qui correspond au grand Erg occidental vers son exutoire, dans le golfe de Gabès en Tunisie. C'est une des plus importantes structures hydrologiques reconnues à l'échelle mondiale.

La nappe du continental intercalaire est exploitée par des forages de profondeurs variables qui peuvent atteindre 1 000 mètres. Les débits unitaires moyens sont de 100 l/s et peuvent s'élever jusqu'à 200 l/s. La nappe est artésienne, mais le niveau de refoulement n'atteint le haut du puits qu'en peu d'endroits. Il faut noter que les forages profonds sont coûteux et posent des problèmes de maintenance non résolus qui ne leur assure qu'une durée de vie limitée.

C'est cette nappe qui a permis de faire face à l'accroissement des besoins en eau dans la wilaya mais on peut également inverser la remarque et dire que c'est la mise en exploitation de cette nappe qui a permis la poursuite du développement de la wilaya. L'annexe présente une situation détaillée des potentialités du continental intercalaire. A Ghardaïa, c'est la nappe intercalaire qui assure la majeure partie des besoins en eau pour l'AEP et pour l'irrigation.

## **6. Type d'irrigation : Gravitaire aspersion localisée :**

### **6.1. Irrigation gravitaire :**

Le ruissellement de l'eau créé par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action des deux forces plancheuses ou par calant sont des sous-classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe

consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol.

### **6.2. L'arrosage par infiltration (à la raie) :**

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse s'ajourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des Cultures.

### **6.3. Avantages de l'irrigation par gravité :**

- Coût moins élevé par rapport aux autres procédés.
- Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau.
- Matériel d'irrigation très réduit.

### **6.4. Inconvénients de l'irrigation par gravité :**

- Grand volume d'eau par unité de surface.
- Déplacement des engins agricoles est difficile (à cause des rigoles)
- Nécessité d'une main d'œuvre importante.
- Nécessité de planage des terres.
- Pertes par infiltration considérables.

### **6.5. Irrigation par aspersion :**

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés (asperseurs).

### **6.6. Avantages de l'irrigation par aspersion**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

**6.7. Inconvénients de l'irrigation par aspersion :**

- Coût des investissements très élevé. Favorise l'évapotranspiration en période sèche.
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

**6.8. Irrigation par apports localisés :**

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

**6.9. Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)**

- Une économie d'eau très importante.
- Une économie de mains d'œuvre (système fixe).
- La non sensibilité aux vents forts.
- Elle permet un dosage régulier en engrais.
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

**6.10. Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte) :**

- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.
- Coût élevé.
- Contrôle difficile des goutteurs.

## **7. CONCLUSION :**

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles qui nous ont amenée à définir l'irrigation et situation de région, et nous avons aussi parlé sur les ressources de l'eau, type des cultures et nature du sol.

Les différents paramètres que nous venons d'étudier indiquent que la plaine de Ghardaïa n'est pas assez homogène sur le plan climatique. La pluviométrie présente une certaine hétérogénéité dans le temps et l'espace. Lors de cette dernière décennie le climat est devenue chaud, qui nous amène à dire que nous sommes à la limite entre le climat subhumide et semi-aride étant donné que la GHARDAIA était toujours dans le climat subhumide, en conséquence l'irrigation est indispensable dans une période large.

Il n'y pas une méthode type d'irrigation, chaque projet doit être bien réfléchi et quel que soit le système choisi, la gestion du pilotage de l'irrigation doit être rigoureuse et régulière.



**Chapitre II**  
**Besoins En Eau Des**  
**Culture**

**INTRODUCTION :**

La première étape de l'établissement d'un projet d'irrigation consiste à déterminer les besoins en eau des cultures. En termes généraux, le besoin en eau d'une culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

De façon précise, le besoin en eau est défini comme le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans les conditions optimales de sol ; ces derniers consistent en une fertilité et une humidité suffisante pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré. Ce besoin en eau est appelé E.T.M.

## 1. Définitions :

### 1.1. Evapotranspiration :

Nous appelons évapotranspiration, la quantité d'eau consommée, qui comprend d'une part l'eau transpirée par la plante, d'autre part l'évaporation directe à partir du sol, la dernière n'est importante que dans le cas de couverts végétaux discontinus. Evapotranspiration potentielle (ETP ou ET0) : c'est en principe la valeur maximale possible de l'évapotranspiration dans des conditions climatiques données, cette définition se heurte à certaines difficultés d'interprétation, nous considérons plutôt dans la pratique l'évapotranspiration potentielle comme une référence et nous la définissons comme étant l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas, homogène dont l'alimentation en eau n'est pas limitant et qui n'est pas soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnelle, physiologique ou pathologique .

Nous employons couramment le terme « ETP » pour désigner la valeur approchée de l'évapotranspiration potentielle obtenue par calcul à partir d'une formule d'estimation fondé sur des données climatiques .l'ETP ainsi définie est considérée comme une donnée climatique, c'est-à-dire que les facteurs culturaux n'interviennent pas dans son estimation.

Evapotranspiration maximale (ETM ou ETC) : c'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif donné et dans des conditions climatiques données .Sa valeur est théoriquement inférieure ou égale à l'ETP, en fait il n'est pas rare de trouver pour certaines cultures des valeurs d'ETM supérieures à l'ETP .En fin nous posons :

$$ETM=K*ETP$$

Avec K coefficient cultural qui dépend :

- de la culture
- du stade végétatif

### 1.2. Evapotranspiration réelle (ETR) :

C'est l'évapotranspiration d'un couvert végétal dans des conditions réelles données : l'alimentation de la plante peut être limitée par des contraintes d'ordre physique, chimique et biologique, et l'on a alors une réduction de la transpiration par rapport à la valeur maximale qu'elle pourrait atteindre en l'absence de contraintes. Ainsi donc :

$$ETR \leq ETM$$

### 1.3. Evapotranspiration optimale (ETRopt) :

C'est une notion plus difficile à approcher que les précédentes, et dont l'intérêt se fait sentir lorsque l'on constate que l'optimum économique est atteint pour des valeurs inférieures à l'ETM, soit parce que le rendement commercialisable maximal- ou la quantité maximale est atteint pour des valeurs de l'ETR inférieures à l'ETM, soit parce que le rendement marginal au voisinage de l'ETM est trop faible en comparaison du coût marginal de l'irrigation. Dans ce dernier cas, la comparaison d'ETRopt intègre donc également des critères économiques et peut être donc sujette à certaines variations en fonction de la conjoncture, Nous avons donc en principe :

$$ETR \leq ETM \leq ETP$$

L'importance de l'ETP vient du fait qu'elle constitue une évaluation maximale des besoins en eau de toutes les cultures et qu'à partir d'elle nous pouvons estimer les besoins maximaux (ETM) ou optimaux (ETRopt), moyennant la connaissance des coefficients K et Kopt pour les différentes phases végétatives d'une culture données.

### 1.4. Facteurs influençant l'ETP :

Nous pouvons résumer les principaux facteurs influençant l'ETP d'une surface donnée comme suit :

Facteurs dépendant du climat :

- Le rayonnement solaire, qui est la principale source d'énergie reçue directement par la surface ;
- Le déficit de saturation de l'air, dont le gradient détermine le flux de vapeur d'eau dans l'atmosphère ;
- Le vent, qui accentue les effets du déficit de saturation, en augmentant les coefficients d'échange turbulent pour la vapeur d'eau et pour la chaleur ;
- la température de l'air, qui commande en partie ce déficit de saturation
- facteurs dépendant de la surface ;
- L'albédo, qui dépend surtout de la nature du couvert végétal, mais qui varie également un peu en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement sur la surface;
- la rugosité du couvert ; qui a en général pour effet une augmentation de l'évapotranspiration (augmentation de la surface foliaire soumise à l'évaporation) si le déficit de saturation et le vent sont importants. Mais elle peut aussi avoir l'effet contraire dans des conditions de plus forte humidité (diminution du gradient d'humidité atmosphérique au voisinage des feuilles supérieures).

### 1.5. Mesure de l'ETP :

Bien que l'ETP soit souvent considérée comme une donnée climatique, sa mesure se fait sur un couvert végétal. On appelle évapotranspiromètre l'installation utilisée pour cette mesure : il s'agit d'une cuve enterrée placée au milieu d'une parcelle irriguée, qui sert d'anneau de garde, et dans laquelle on reconstitue un sol recouvert de la même culture dans les mêmes conditions.

La culture dans la cuve est arrosée avec un léger excès d'eau, et l'eau de drainage et est récupérée au moyen d'un tuyau se déversent dans un bac de récupération.

La détermination de l'ETP à partir des mesures sur évapotranspiromètre se fait par différence entre les apports et les pertes, elle se calcule par la formule suivante :

$$\text{ETP} = \text{pluie} + \text{irrigation} - \text{drainage R}$$

Les variations de réserves R seront négligeables en valeur relative si l'alimentation en eau est régulière, et si la période de calcul est suffisamment longue (une semaine à dix jours au minimum).

### 1.6. Conduite des mesures sur évapotranspiromètre:

**Irrigations journalières** ; fertilisation et coupes régulières ; bilans sur des périodes telles que l'on puisse assurer que  $R=0$ .

La précision des mesures obtenues avec un évapotranspiromètre ordinaire est le plus souvent de l'ordre de 10%, même avec une conduite soignée. Par contre le moindre laisser aller peut aboutir à des distorsion de l'ordre de 30% à 40% , et même plus .

Ce n'est qu'avec des évapotranspiromètre que l'on peut atteindre des précision de l'ordre 0.5 mm d'évaporation (pesée piézométrique ou dynamique ), ou même de l'ordre de 0.05 mm d'évaporation (pesée par bascule mécanique). Seul de tel dispositif peuvent permettre d'envisager des mesures de l'ETP pour des périodes de 24h, ou même de suivre l'évolution de l'ETP au cour de la journée.

La mesure de l'ETP doit s'accompagner de mesures météorologiques complètes, d'abord la mesure de la pluviométrie est indispensable au calcul du bilan hydrique dans l'évapotranspiromètre, ensuite, il est important de pouvoir rapprocher les mesures de l'ETP des mesures climatiques effectuées sur le même site (rayonnement durée d'insolation, température maximale et minimale, psychrométrie, vent à 2m évaporation piche, évaporation sur nappe d'eau libre).

### 1.7. Estimation de l'ETP :

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'ETP, il est presque toujours préférable de recourir à des méthodes d'estimation. On dispose en effet actuellement de formules et de méthodes suffisamment variées, et adoptées à différents climats, de plus une bonne estimation vaut mieux qu'une mauvaise mesure.

A partir des données météorologiques disponibles, on choisit une méthode de prévision pour calculer l'évapotranspiration de la culture de référence (ETP) ou (ET0). Si l'on dispose d'une série complète de données météorologiques, on choisira la méthode en fonction du degré de précision. Le tableau suivant résume les principales parmis beaucoup d'autres et indique les données initiales minimums nécessaires pour chaque méthode.

**Tableau 07 : principales méthodes d'estimation de l'ETP avec les données initiales minimums nécessaires pour chaque une d'elle.**

Méthode	Température	Humidité	Vent	Insolation	Rayonnement	Evaporation	Milieu
Blaney-Criddle	*	0	0	0			0
Rayonnement	*	0	0	*	(*)		0
Bac		0	0			*	*

**La Source : ARNH station d'étude**

Le calcul de l'ETP se fait par période de 30 ou de 10 jours, en utilisant les données climatiques moyennes.

La méthode du rayonnement donne de bon résultat pour des périodes décennales ou plus mais exige une base de données météorologiques, la méthode du bac peut elle aussi donner de bon résultats si les bacs bénéficient de meilleurs emplacement et que les vents sont légers.

Sous de nombreux climats, la méthode de Blaney-Criddle donne des résultats satisfaisants, surtout si on introduit des coefficients liés au vent, à l'humidité, et à l'insolation relative.

Vu l'importance qu'a l'estimation de l'ETP dans tout projet de dimensionnement de réseaux d'irrigation, il est important de détailler chaque méthode pour sortir le choix le plus compatible avec notre situation et ça par une analyse cartésienne de la probabilité d'erreur pouvant être commise sur le résultat final.

## 2. Développement des différentes méthodes de calcul de l'etp :

### 2.1. La méthode de Blaney-Criddle :

La formule de blaney-criddle (1950) est l'une des plus couramment utilisée pour estimer les besoins en eau des cultures, Surtout dans le cas où la seule donnée météorologique crédible disponible est la température de l'air.

L'approche originale de Blaney-Criddle fait intervenir la température (t) et le pourcentage d'heures diurnes (N) comme variables climatiques.

Donc l'ETP selon Blancey – Crid le est calculée avec la formule suivante

$$ETP=N*(0.46*t+8.13)$$

**Avec :**

**N** : pourcentage d'heures diurnes moyennes journalières déterminées du tableau.

**t** : la température en (°C).

### 2.2. La méthode de Bllaney-Criddle généralisée :

La méthode de Bllaney-criddle a été généralisée pour d'autre climats et ça en corrigeant la valeur de l'évapotranspiration potentielle f qui est l'équivalence de l'ETP calculée avec la formule standard de Bllaney-criddle moyennant de 26 graphes correspondant à différentes conditions d'humidité relative minimum, d'heures d'insolation par jour et de vent diurne. Ces graphes ont comme abscisse f et t comme ordonnée ETP : la valeur corrigée de l'évapotranspiration potentielle.

Nous avons, à partir des graphes, essayé de trouver les expressions analytiques adéquates pour exprimer ETP en fonction de f , et on a eu les résultats suivants.

### 2.3. Méthode du rayonnement :

Dans le cas où les données climatiques disponibles comprennent des mesures de la température de l'air et de l'insolation ou de la nébulosité ou du rayonnement mais ne mentionnent ni le vent ni l'humidité on suggère d'employer la méthode du rayonnement pour prédire l'effet du climat sur les besoins en eau des cultures.

Comme dans le cas précédent, la formule qu'on va utiliser va tenir compte des conditions générales liées aux vent diurne et à l'humidité relative moyenne.

Dans ce cas on aura  $f'$  calculé avec la formule suivante :

$$f' = W * R_s$$

**Avec :**

**W** : facteur de pondération qui dépend de la température et de l'altitude.

**R<sub>s</sub>** : rayonnement solaire exprimé en évaporation équivalente.

C'est-à-dire

R<sub>s</sub> est exprimé en mm/jour

Ainsi donc on aura l'ETP en utilisant la formule suivante :

$$ETP = a * f' + b$$

**Avec :**

**a , b** : coefficient qui tiennent compte des conditions générales liées aux vent diurne et à l'humidité relative moyenne.

Et l'ETC en utilisant la formule suivante :

$$ETC = KC * ETP$$

### **Méthode du Bac :**

Les bacs d'évaporation permettent de mesurer l'effet intégré du rayonnement du vent de la température et de l'humidité sur l'évaporation à partir d'une surface d'eau libre. Les végétaux réagissent d'une manière similaire aux mêmes variables climatiques mais plusieurs facteurs importants peuvent entraîner des différences appréciables en ce qui concerne la perte de l'eau. Le rayonnement que réfléchit un plan d'eau n'est que de 5 à 8 tandis que pour les végétaux il est de 20 à 25 pour cent du rayonnement solaire reçu.

L'emmagasinement de chaleur dans le bac pendant le jour peut être appréciable et entraîner une évaporation presque égale de l'évaporation entre le jour et la nuit alors que pour la plupart des cultures, les pertes sur 24 heures se produisent à 95 pour cent ou plus pendant les heures. Par ailleurs, les pertes d'eau à partir des bacs et à partir du couvert végétal peuvent différer considérablement en raison de la variation de la turbulence de l'air juste au-dessus de ces surfaces, ainsi que de la température et de l'humidité de l'air immédiatement adjacent à ces sùr. Pour les bacs placés au-dessus du sol comme pour les bacs enterrés , il peut se

produire un transfert de chaleur à travers les parois du bac, ce transfert peut être très important pour des bacs enterrés dans un sol en jachère. De même la couleur du bac et l'utilisation ou non d'une protection contre les oiseaux influents sur jouent aussi sur les résultats surtout quand le bac est placé dans des mesures.

L'emplacement du bac et le milieu environnant champs cultivés plutôt que dans des champs en jachère, donc la connaissance de l'emplacement du bac et les caractéristiques du milieu environnant au moment des mesures est plus qu'importante pour tout projet d'estimation de l'ETP avec la formule qu'on va présenter ci-dessous.

### 3. Bilan hydrique :

D'après ce qui a été dit précédemment, l'expression de bilan

$$P + I \pm S \pm D \pm \Delta R - ETR = 0$$

- P : précipitations.
- I : l'irrigation.
- S : ruissellement de surface.
- D : drainage ou apport d'eau par remontée de nappe.
- $\Delta R$  : variation de la réserve en eau de sol.
- ETR : évapotranspiration réelle.
- $B = ETP - (P_{eff} + RFU)$ .
- B : besoin en eau d'irrigation (mm) .
- E.T.P : évapotranspiration (mm / jour) .
- RFU : réserve facilement utilisable .
- $RFU = Y ( H_{cc} - H_{pf} ) . D_a . Z$
- Y : degré de tarissement
- $D_a$  : densité apparente
- Z : profondeur d'enracinement mm
- $H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ

#### Hydrique :

- $H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement
- $P_{eff}$  : pluie efficace
- L'irrigation est faite lorsque  $B > 0$ .

### 4. Evapotranspiration DE LA CULTURE (kc) :

Pour l'agriculture irrigant, la connaissance de ETM peut être acquise au cours de la campagne d'irrigation grâce à des réseaux d'avertissement, comme il en existe dans certains pays où l'irrigation par aspiration a pris une grande extension.

Une station métrologique représentative de l'ensemble de périmée diffuse périodiquement – tous les semaines par exemple – les valeurs de L'ETM de différentes cultures pour la période écoulée : quelque fois on diffuse l'ensemble des éléments du bilan et parfois même la date de déclenchements des irrigations.

## 5. Hydrologie et pluies :

Le bassin versant de l'oued M'Zab n'est équipé d'aucune station limnigraphique. Les éléments à disposition sont essentiellement les observations de terrain faites lors de la survenue de crues durant la période 1907-1951 et qui ont été récapitulées par Du bief. Par la suite les informations exploitables sont celles qui concernent principalement les crues de juin 1991, septembre 1994 : des hauteurs d'eau à l'occasion de ces événements ont pu être évaluées à partir de documents photographiques, d'enregistrements vidéo et d'enquêtes de terrain. L'étude hydrologique effectuée par le Bureau d'études s'est appuyée sur ces informations et sur l'analyse des pluies journalières à Ghardaïa et à d'autres stations environnantes, dont les données proviennent soit des statistiques de Du bief pour la période antérieure à 1956, soit des bulletins de l'Office National de la Météorologie (ONM) pour la décennie 1974-1985. Cette analyse a permis d'établir les caractéristiques des crues à différents point caractéristiques du bassin nécessaires au dimensionnement des ouvrages du volet protection contre les crues.

### 5.1. Pluies annuelles

Moy = Hauteur moyenne de la pluie annuelle.

Max = Hauteur maximale de la pluie annuelle.

Min = Hauteur minimale de la pluie annuelle.

**Tableau 08 : recueillies sur une période de 110 années (1986-1994)**

<b>Ghardaïa</b>	<b>Moy<sub>mm</sub></b>	<b>Max<sub>mm</sub></b>	<b>Min<sub>mm</sub></b>
Brutes	71.2	175.9	1
Corrigées	67.3	175.9	1

**La Source : ARNH station d'étude**

## 6. Besoins nets en eau d'irrigation :

C'est la valeur positive du bilan hydrique pour une période considérée ou nuls choix du type d'irrigation et les pratique de conservation du sol.

**Besoins de pointes :**

Ce sont les résultats maximaux du bilan hydrique, ces besoins modaux ont une importance particulière car ils représentent une donnée indispensable pour le projet de dans le cas contraire, ces besoins nets en eau d'irrigation ne prennent pas en compte le dimensionnement du réseau d'irrigation et ça en la conjuguant simultanément avec d'autre paramètre relatif à la protection du sol contre la salinité et la valeur de la perte à accepter pour un déficit hydrique donné.

$$\mathbf{Inerte = (ETC+F+R)-(PE+Ge+N+\Delta W)}$$

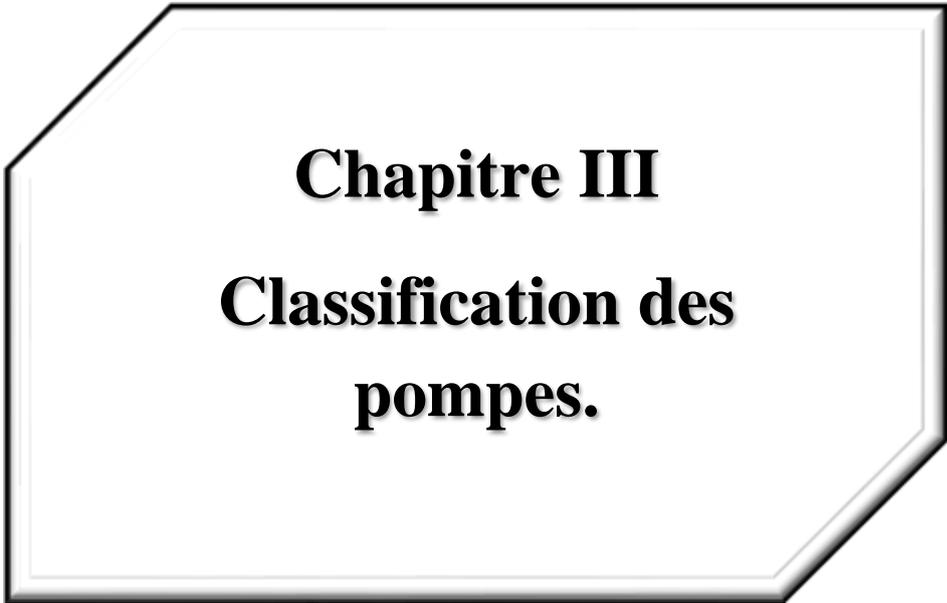
**Besoins bruts en eau d'irrigation :**

Les besoins bruts sont une fonction entre les besoins nets et le type du système d'irrigation pour tenir compte des inefficacités évitables et inévitables en matière d'application d'eau dans le but de s'assurer que les besoins en eau des cultures sont satisfaits l'efficacité d'application on majore la demande nette en eau d'irrigation avec le coefficient **Ea** qui représente l'efficacité de l'application.

$$\mathbf{Ibrute = Inette/Ea}$$

**CONCLUSION :**

On sait que pour déterminer les besoins en eau des cultures, il faut tenir compte de tous les éléments ci-après : climat, culture, système agronomique et intensité culturale, milieu et exposition, sol, eau disponible dans le sol, fertilité du sol, méthode et pratiques de culture d'irrigation.



**Chapitre III**  
**Classification des**  
**pompes.**

**Introduction**

La mise en œuvre de procédés de transformation de matière nécessite très souvent le transport de fluides. L'acheminement d'un fluide d'un point à un autre peut être réalisé en utilisant les forces de gravité, de vide ou des pressions, mais ces solutions sont limitées dans leurs applications. Dans la plupart des cas, on a recours aux pompes, permettant de travailler à des débits réguliers, contrôlés et sur des distances et des hauteurs importantes dans ce chapitre on a présenté une vue générale sur les pompes et indiqué ses types et les domaines d'utilisation...etc.

## 1. Généralité Sur les pompes :

On appelle pompe tout appareil qui aspire un fluide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région à plus grande pression. Ainsi d'après cette définition on peut dire que le rôle de la pompe consiste à augmenter la pression du fluide liquide. L'augmentation de la pression du fluide véhiculé par la pompe a lieu à la suite de la transformation de l'énergie mécanique fournie par un moteur entraînant cette pompe en une augmentation de l'énergie hydraulique qui est acquise par le liquide entre l'entrée et la sortie de la pompe.



**Figure 03 : Principe de conversion d'une pompe hydraulique**

## 2. Principe de la pompe :

Le principe de la pompe est apparu dès que l'homme a su construire un habitat artificiel pour se protéger des éléments naturels. Le besoin en eau nécessaire à sa survie l'obligea à trouver un système de transport de cette eau, du puits ou de la rivière à son habitat. Il faudra attendre la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle pour que les premières pompes soient réellement construites et utilisées.

## 3. Classification des pompes :

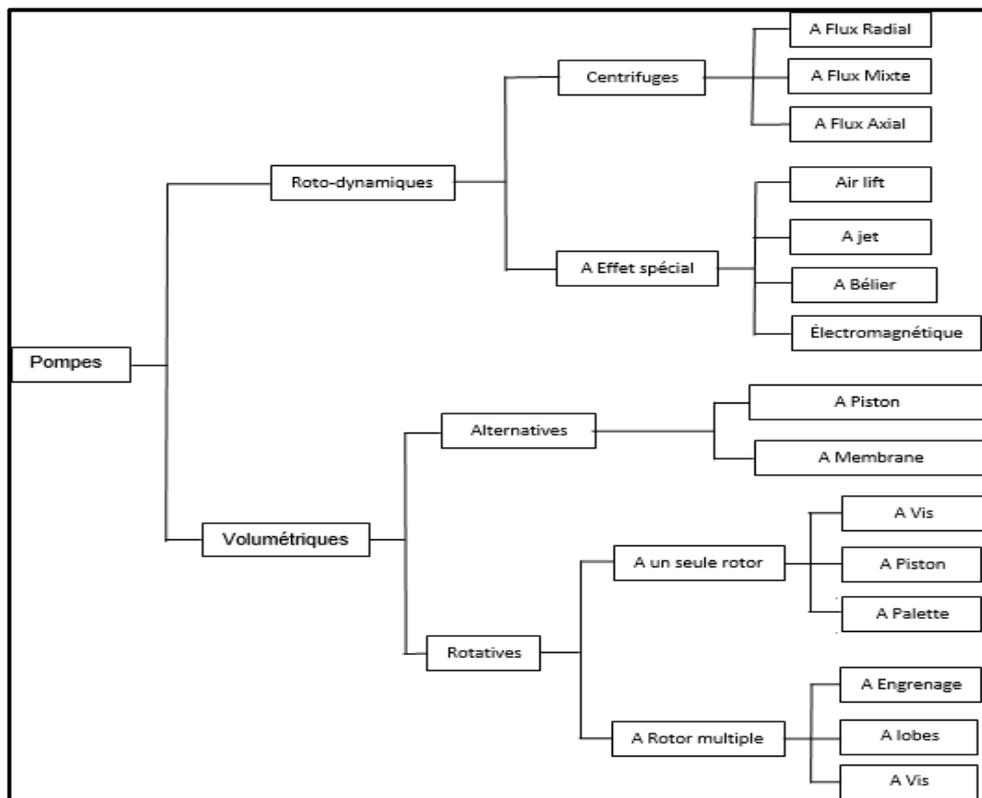
On peut classer les pompes de plusieurs façons. Principalement, sur les mouvements retransmis aux organes des pompes, qui sont comme tous les mouvements mécaniques de deux grands types :

- roto-dynamiques ;
- volumétriques.

### 3.1. Pompes roto-dynamiques

Dans ces machines, le fluide trouve un passage libre entre l'entrée et la sortie de la machine. Toutes les pompes roto-dynamiques possèdent un organe tournant, appelé roue, impulsor, ou rotor, capable de tourner librement et de façon continue au sein du fluide et permettre en même temps au fluide de traverser de manière régulière. Ainsi le transfert d'énergie entre le rotor et le fluide, transfert directement lié au taux de variation du moment cinétique, a lieu lui aussi de manière continue.

Pompes volumétriques : Dans ces machines volumétriques (à déplacement positif), un certain volume de fluide est, dans une première étape, forcé dans un espace fini où il est enfermé sous pression par un moyen mécanique. Il est ensuite, dans une seconde étape, relâché ou forcé en dehors de cet espace, et le cycle reprend de nouveau. Donc, dans ce type de machine, l'écoulement du fluide est intermittent et le débit dépend des dimensions de l'espace qui reçoit le fluide et de la fréquence avec laquelle il est rempli et vidé.



**Figure 04 : Classification des pompes hydrauliques**

En plus de la classification illustrée dans la figure ci-dessus, les pompes peuvent également être classées en fonction du type de fluide pompé, nombre d'étages, la géométrie de la volute et ainsi de suite. Voici les bases les plus courantes pour les classifications supplémentaires des pompes :

- Forme de la volute de la pompe : simple volute, double volute
- Géométrie d'aspiration : seule aspiration, double aspiration, entrée axiale, entrée latérale, etc.
- Disposition de l'arbre : l'arbre de pompe peut être horizontal, vertical ou incliné.
- Pression de refoulement ou de la consommation d'énergie : les pompes sont parfois classées comme basse pression, haute pression ou haute énergie.

- Nombre d'étages : dans les cas de radiale et des pompes centrifuges mixtes débit, ils peuvent être classés comme une seule étape, à double étage ou plusieurs étages.
- Type de moteur principal : dans la plupart des cas, les pompes sont entraînées par des moteurs électriques, mais dans certains cas, ils peuvent être entraîné par des moteurs diesel ou à vapeur ou des turbines à gaz.
- Condition de fonctionnement : comme la pompe submersible, pompe à moteur humide, pompe de secours, et la pompe auxiliaire.

#### **4. Catégories des pompes :**

Généralement les pompes véhiculant des liquides se divisent en deux catégories principales :

- Les pompes centrifuges dont Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge.
- Les pompes volumétriques dont l'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide.

##### **4.1. Pompes centrifuges**

###### **4.1.1. Principe de fonctionnement**

Une pompe centrifuge est constituée par:

- Une roue à aubes tournant autour de son axe ;
- Un distributeur dans l'axe de la roue ;
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante. L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixe) à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie.

###### **4.1.2. Amorçage :**

Les pompes centrifuges ne peuvent s'amorcer seules. L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe pour réaliser cet amorçage par gravité.

Pour éviter de désamorcer la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti-retour au pied de la canalisation d'aspiration.

### 4.1.3. Roue de la pompe centrifuge

Il existe trois formes principales de roues :

- Roue fermée ;
- Roue semi-ouverte ;
- Roue ouverte.

La hauteur engendrée par la roue est fonction du carré de la vitesse périphérique. En conséquence, pour une hauteur donnée à réaliser, plus la vitesse de rotation sera grande plus le diamètre sera faible et inversement. Plus le débit est important, plus la section d'entrée et la largeur de sortie sont grande.

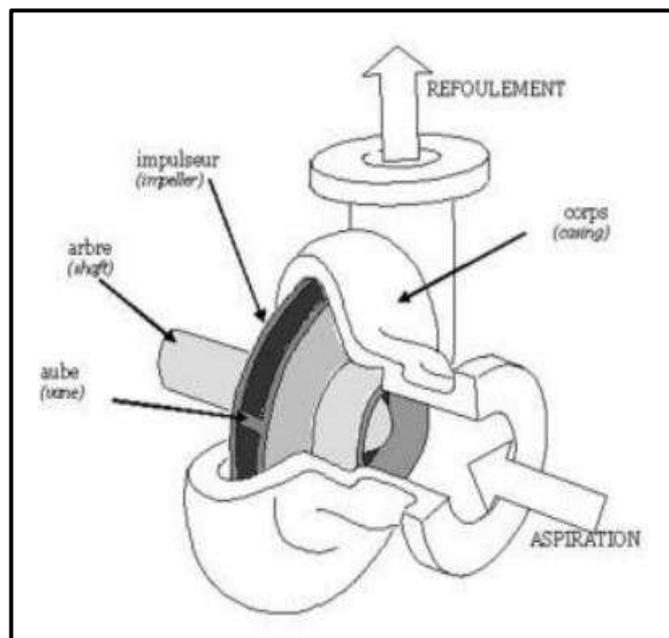


Figure 05 : Schéma d'une pompe centrifuge



Figure 06: Pompe centrifuge avec vannes isolement

## 4.2. Pompes volumétriques

### 4.2.1. Principe de fonctionnement

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace UN élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant :

- Exécution d'un mouvement cyclique ;
- Pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin. Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.
- On distingue généralement :
  - Les pompes volumétriques rotatives : constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.
  - Les pompes volumétriques alternatives : la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Les pompes volumétriques permettent d'obtenir des hauteurs manométriques totales beaucoup plus élevées que les pompes centrifuges. La pression au refoulement est ainsi plus importante. Le débit est par contre généralement plus faible mais il ne dépend pratiquement pas des caractéristiques du réseau. Le rendement est souvent voisin de 90 %.



Figure 07 : Pompe Volumétrique A Membrane (Alternative)



**Figure 08 : pompe volumétrique (rotative).**

#### **4.2.2. Utilisation :**

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.
- Ces types d'application nécessitent l'utilisation de pompes volumétriques.
- Contrairement à la plupart des pompes volumétriques, les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides.

#### **5. Vitesse et diamètre spécifique d'une pompe :**

La classification la plus répandue des pompes roto-dynamiques, dépend directement de forme du rotor, en référant à la définition du diamètre spécifique et de la vitesse spécifique, deux nombres adimensionnels issus de la similitude des turbomachines :

### 5.1. Notion de la vitesse spécifique :

La vitesse spécifique ( $N_s$ ) est un indice de conception principalement utilisé par les concepteurs de la pompe. Il est un indice adimensionnel utilisé pour décrire la géométrie des roues de pompes et de les classer en fonction de leur type.

Il faut de noter que la vitesse spécifique est définie uniquement au point de rendement maximal. Une bonne compréhension de la façon de calculer et d'interpréter la vitesse spécifique pour une pompe particulière fournit un meilleur aperçu des raisons pour lesquelles les roues de pompes sont façonnées de manière différente, pourquoi différentes pompes ont une forme différente des courbes de performance.

La formule pour la vitesse spécifique de la pompe  $N_s$ , en unités SI, est :

$$N_s = \frac{N \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

Où :

- $N$  : Vitesse de motopompe, (tr/min) ;
- $Q$  : Débit nominal, plein diamètre, (m<sup>3</sup>/s);
- $H$  : HMT nominale, plein diamètre, (m).

La vitesse spécifique d'une pompe particulière peut être calculée à partir de la courbe de la pompe ; tout en choisissant  $N$ ,  $Q$  et  $H$  sur la courbe à plein diamètre, le meilleur point de rendement ; et l'application de l'équation (I.1). Une fois  $N_s$  pour une pompe particulière a été calculée, sa valeur ne changera pas, même si la pompe fonctionne à une vitesse différente. De toute évidence, si la pompe fonctionne à une vitesse différente, la charge totale de la pompe (HMT) et le débit changent mais la vitesse spécifique ne change pas, car elle est définie par l'équation.

En effet, il est le fait que la vitesse spécifique ne changera pas car elle est la base pour le calcul des lois des similitudes qui permettent de prédire les performances de la pompe à des variations de vitesses de la pompe ou du diamètre de la roue.

### 5.2. Notion du diamètre spécifique :

On peut associer à la vitesse spécifique  $N_s$  un diamètre spécifique. Pour une pompe de diamètre  $D$  dont le fonctionnement est défini par ( $Q$ ,  $H$ ,  $N$ ), le diamètre spécifique est le diamètre de la machine du même type qui, tournant à la vitesse  $N$ ,

fournit en similitude un débit unitaire de 1 m<sup>3</sup>/s sous une hauteur unitaire de 1 m. En désignant par DS le diamètre spécifique d'une pompe, on obtient.

$$D_s = \frac{DH^{\frac{1}{4}}}{\sqrt{Q}}$$

Où :

- D : diamètre de la pompe, (m) ;
- Q : débit nominal, plein diamètre,( m<sup>3</sup>/s) ;
- H : HMT nominale, plein diamètre, (m).

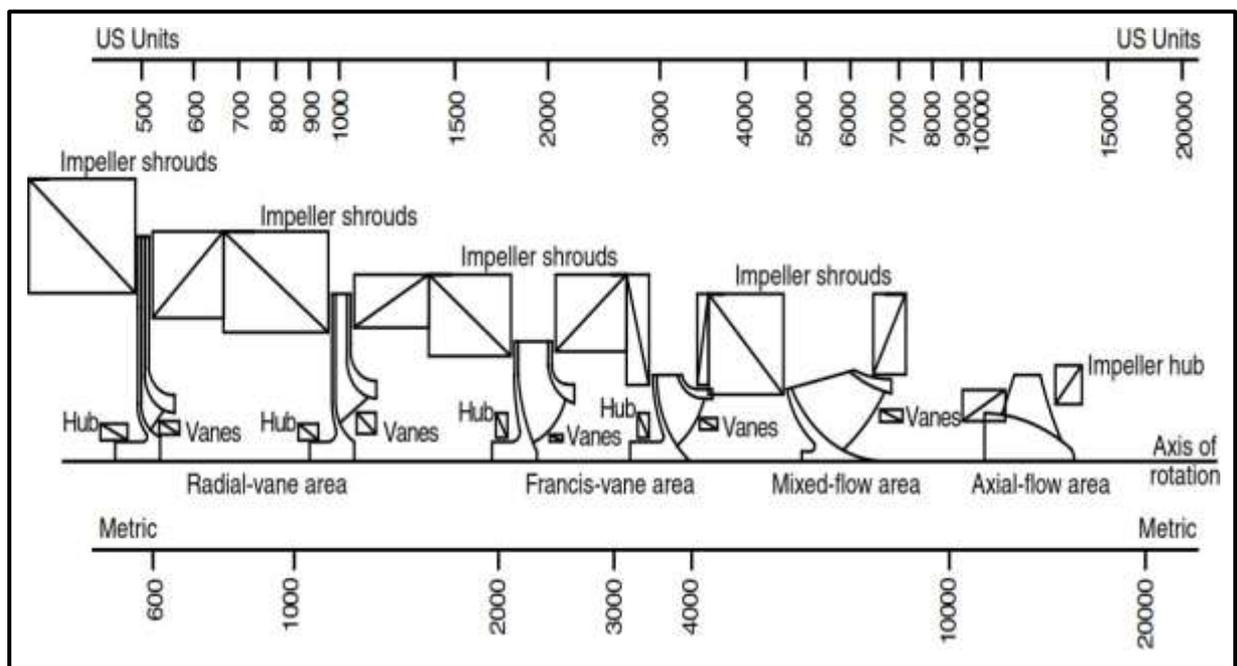


Figure 09: Classification des turbopompes en fonction de la vitesse spécifique.

## 6. Lois de similitude :

Les lois de similitude d'une pompe centrifuge sont des règles qui régissent les performances de la pompe lorsque la vitesse ou le diamètre de la roue change. La base pour le calcul des lois d'affinité est qu'une vitesse spécifique de la pompe, une fois calculée, ne change pas. Si les performances d'une pompe à une vitesse donnée et le diamètre de la roue sont connus, il est possible de prédire la performance de la pompe même si la vitesse de la pompe et le diamètre de la roue et sont changés.

Il existe deux ensembles de lois d'affinité :

Avec le diamètre de la roue,  $D$ , maintenue constante, le premier ensemble de lois est la suivante :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^3$$

Avec la vitesse,  $N$ , maintenue constante, la deuxième série de lois est :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2$$

Où :

- $Q$  : Débit (m<sup>3</sup>/s) ;
- $H$  : Hauteur totale (m) ;
- $P$  : Puissance (w) ;
- $N$  : Vitesse de la motopompe (tr/min) ;
- $D$  : Diamètre extérieur de la roue(m).

Le fabricant ou l'utilisateur fait usage de la deuxième série de lois d'affinité ci-dessus pour calculer le rognage exact de la roue de la pompe. Si les performances de la pompe à un diamètre spécifique de la roue sont connues, les performances de la pompe à d'autres diamètres de la roue peuvent être déterminées.

## 7. Caractéristiques des pompes :

- Débit égale à le volume de liquide pompé par unité de temps (l/s, m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/h).
- Hauteur d'élévation totale ou Hauteur Manométrique Totale HMT notée  $H(m)$ .

### 7.1. Rendement global de la pompe :

Comme toute machine entraînée, une pompe consomme une puissance supérieure à celle qu'elle fournit. Le rendement d'une telle machine est le rapport de la puissance hydraulique acquise par le fluide à celle disponible sur l'arbre:

- HMT: hauteur manométrique totale(m) ;
- Q: débit (m<sup>3</sup>/h) ;
- Pa: puissance fournie par le moteur (w);
- g: constante de la gravité (9,81m/s<sup>2</sup>) ;
- $\rho$  : la masse volumique de l'eau (1000kg/m<sup>3</sup>).

### 7.2. Couplage des pompes :

Dans l'utilisation pratique des pompes, on recherche souvent soit à augmenter la hauteur HTM soit à augmenter le débit. Donc, deux possibilités existantes:

- Couplage en série ;
- Couplage en parallèle.

#### 7.2.1. Couplage en série :



**Figure 10 : Système de couplage en série.**

Le système couplé fournit est :  $H_1 + H_2$  avec un débit Q.

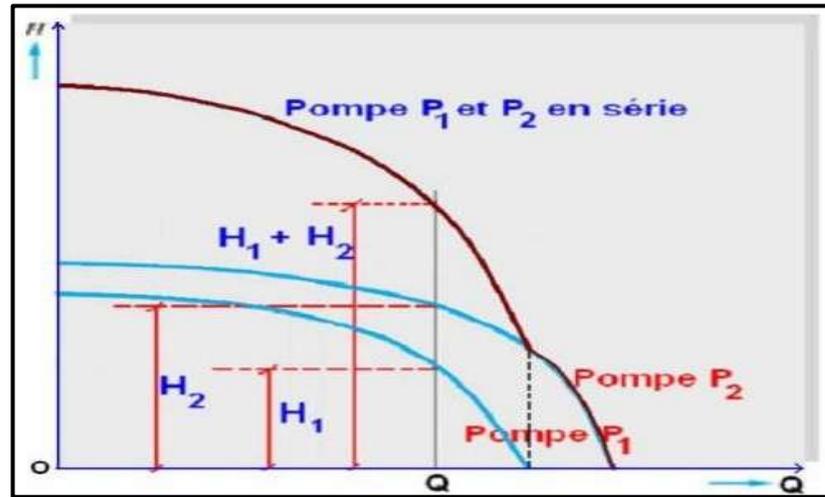


Figure 11 : Point de fonctionnement de pompes en série.

7.2.2. Couplage en parallèle :

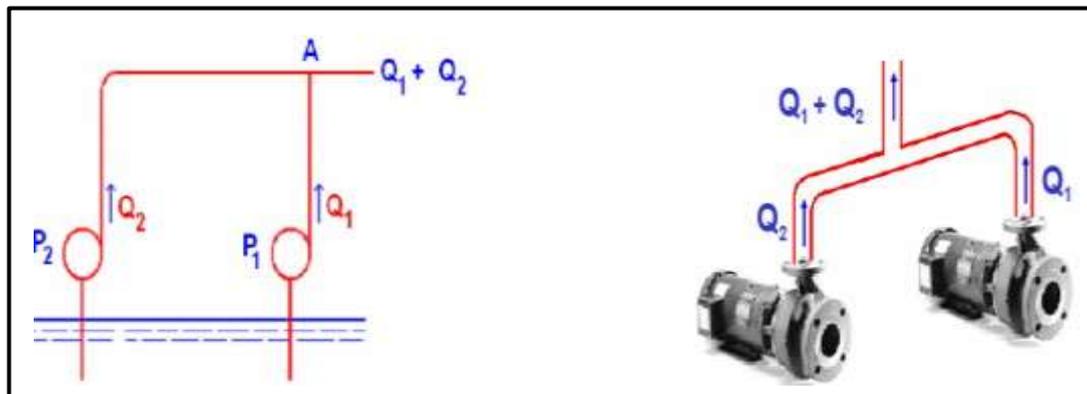


Figure 12: Système de couplage en parallèle.

Le système couplé fournit  $Q_1 + Q_2$  .

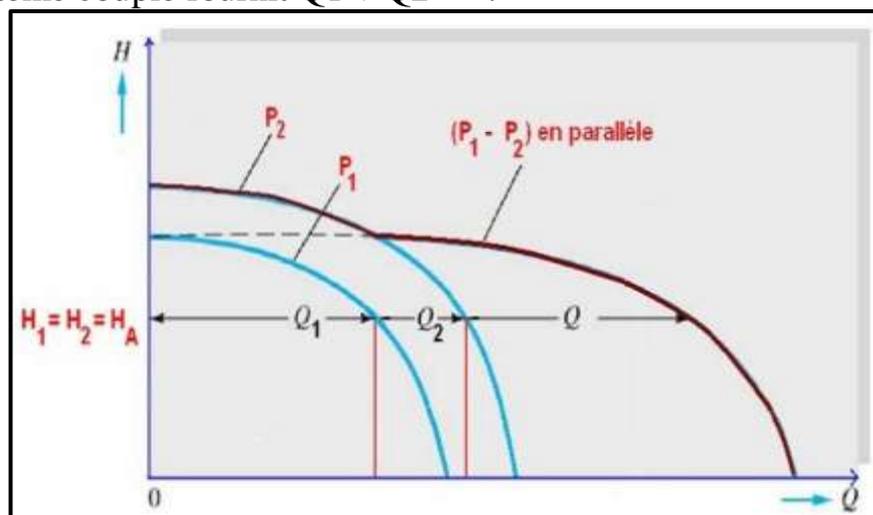
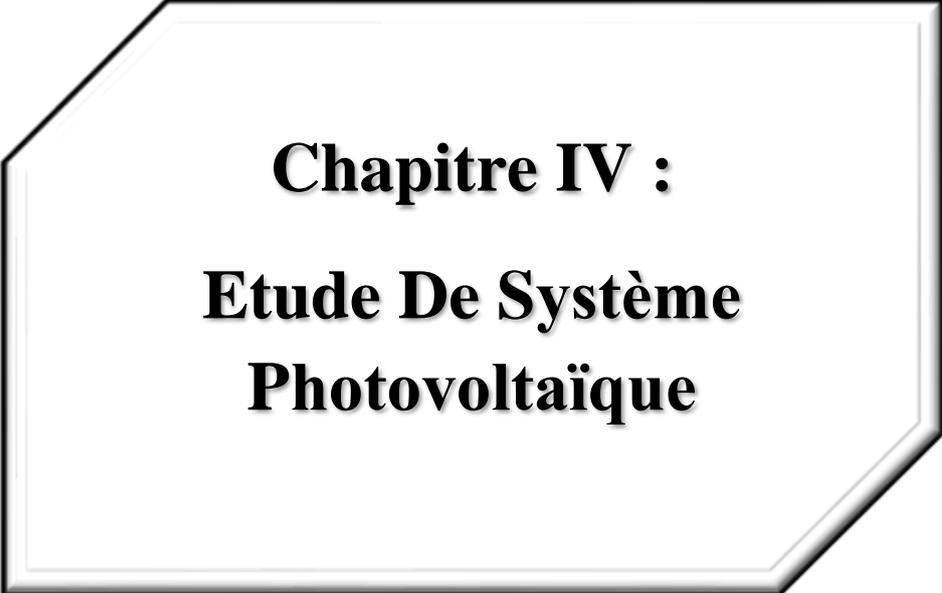


Figure 13: Point de fonctionnement de pompe en parallèle.

**8. Conclusion :**

Dans ce chapitre, Nous avons vu un aperçu sur les différents types des pompes, leurs caractéristiques et les domaines d'utilisation. Il reste de connaître les capacités de la région en eau pour définir quel est le type de pompe adéquat, ce que nous présente dans le deuxième chapitre.



**Chapitre IV :**  
**Etude De Système**  
**Photovoltaïque**

## **1. Introduction**

Le soleil peut satisfaire tous nos besoins si nous apprenons à exploiter rationnellement l'énergie qu'il rayonne vers la terre. Il brille dans le ciel depuis presque 5 milliards d'années et les scientifiques ont calculé qu'il est à la moitié de son existence. Nous avons du mal à imaginer qu'au cours d'une année le soleil diffuse vers la terre quatre mille fois plus d'énergie que celle consommée par toute la population mondiale. Aujourd'hui, il paraît insensé de ne pas en profiter car nous avons les moyens technologiques nécessaires. De plus il faut considérer que cette source d'énergie est gratuite, propre et inépuisable. Cette énergie pourrait par ailleurs nous libérer de notre dépendance aux énergies fossiles ou aux autres alternatives peu sûres ou polluantes. Cette énergie peut être directement exploitée ou transformée en électricité. Dans ce chapitre consiste à présenter une étude générale sur l'énergie solaire photovoltaïque ainsi que son principe de fonctionnement.

## 2. Gisement solaire

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour déterminer l'énergie reçue par d'un système énergétique solaire et aide au dimensionnement le plus exact possible compte tenu des demandes à satisfaire.

La connaissance du gisement solaire d'une région est plus ou moins précise :

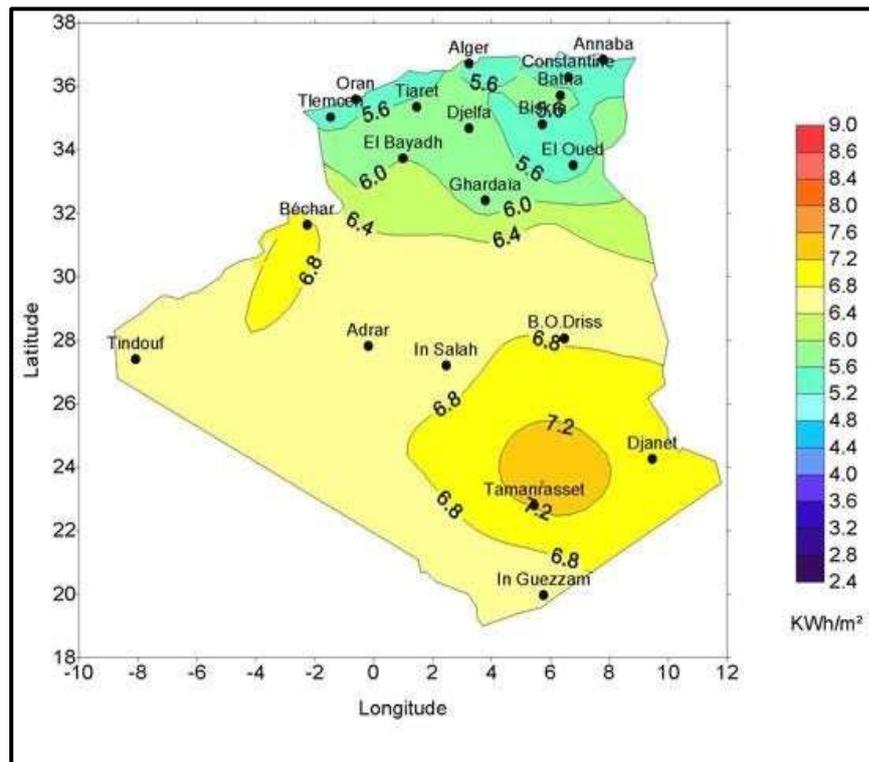
- Selon la densité des stations pour lesquelles on a des données.
- Selon le nombre d'années de mesures disponibles.
- Selon le pas de temps des données (mois, jour, heure).
- Selon la nature des données : durée d'ensoleillement, composante directe et diffuse et globale du rayonnement solaire, albédo du sol etc.....

A cet effet, concernant la mesure du rayonnement solaire en Algérie, le réseau de mesures est peu dense relativement à la superficie du territoire. En effet, seules sept stations météorologiques sur la soixantaine que compte le réseau de l'office national de la météorologie assurent la mesure des composantes diffuse et globale du rayonnement solaire reçu sur le plan horizontal.

Pour pallier aux insuffisances des réseaux de mesures, des modèles sont proposés, ils sont basés essentiellement sur l'utilisation des données météorologiques en particulier la durée d'insolation.

La distribution de l'énergie reçue en Algérie, en moyenne journalière, est donnée par la figure ci-dessous.

Elle présente les différents niveaux énergétiques qui donnent ainsi un découpage du pays en régions iso énergétiques.



**Figure 14 : Moyenne annuelle de l'énergie reçue en Algérie**

### Composants du rayonnement

En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé. Au sol, On distingue plusieurs composantes:

- Le rayonnement direct : est reçu directement du soleil, sans diffusion par l'atmosphère. Ses rayons sont parallèles entre eux. Il forme donc des ombres et peut être concentré par des miroirs.

- Le rayonnement diffus : est constitué par la lumière diffusée par l'atmosphère (air, nébulosité, aérosols). La diffusion est le phénomène qui repartit un faisceau parallèle et une multitude de faisceaux partant dans toutes les directions dans le ciel, ce sont à la fois les molécules d'air, et les gouttelettes d'eau et les poussières qui produisent cet éclatement des rayons du soleil. Cela dépend donc avant tout des conditions météorologiques.

- Le rayonnement albédo réfléchi : est la partie réfléchi par le soleil et dépend de l'environnement du site, faudra en tenir compte pour évaluer le rayonnement sur plans inclinés

- Le rayonnement global : est tout simplement la somme de ces diverses contributions comme le montre la figure ci-après :

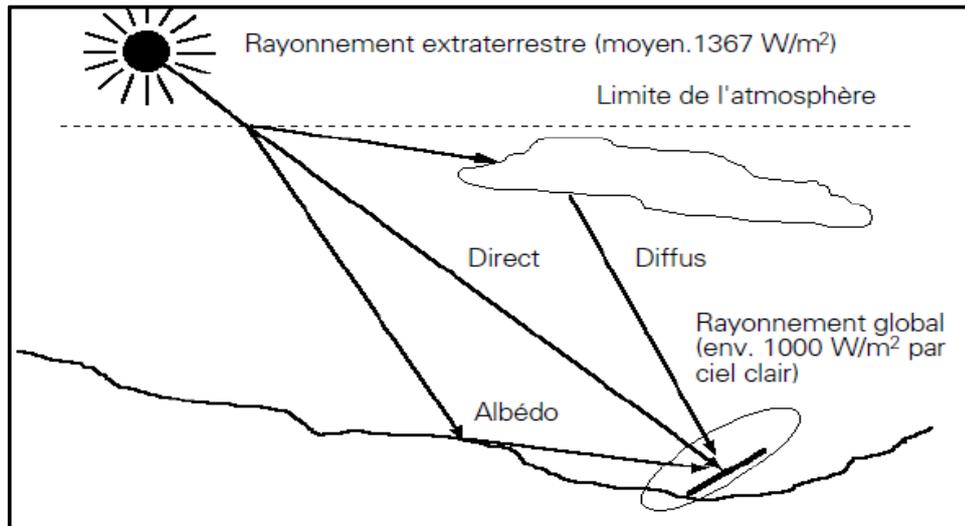


Figure 15 : Composantes du rayonnement solaire au sol.

### 3. Energie photovoltaïque

#### 3.1. Principe de la conversion photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui, exposé à la lumière (photons), génère une tension et courant électrique (volt) (c'est l'effet photovoltaïque).

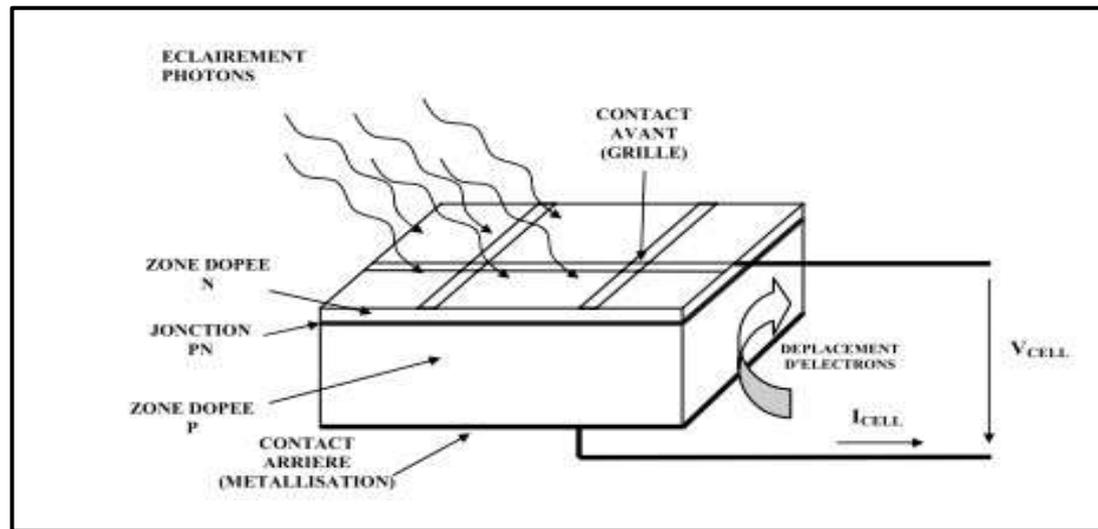
La structure la plus simple d'une cellule photovoltaïque comporte une jonction entre deux zones dopées différemment d'un même matériau.

Chacune des régions est reliée à une électrode métallique au moyen d'un contact ohmique de faible résistance.

Le principe de fonctionnement peut être décomposé en deux parties : l'absorption des photons et la collecte des porteurs de charges créés.

La première étape de la conversion de la lumière en courant électrique est la génération au sein du semi-conducteur des porteurs de charges que sont les électrons libres et les trous.

La production d'électricité est proportionnelle à la surface des modules photovoltaïque exposés au soleil et à l'intensité lumineuse. Dépendante des conditions météorologiques, la production est donc aléatoire. L'énergie peut être utilisée en direct (cas des pompes solaires) ou stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure.

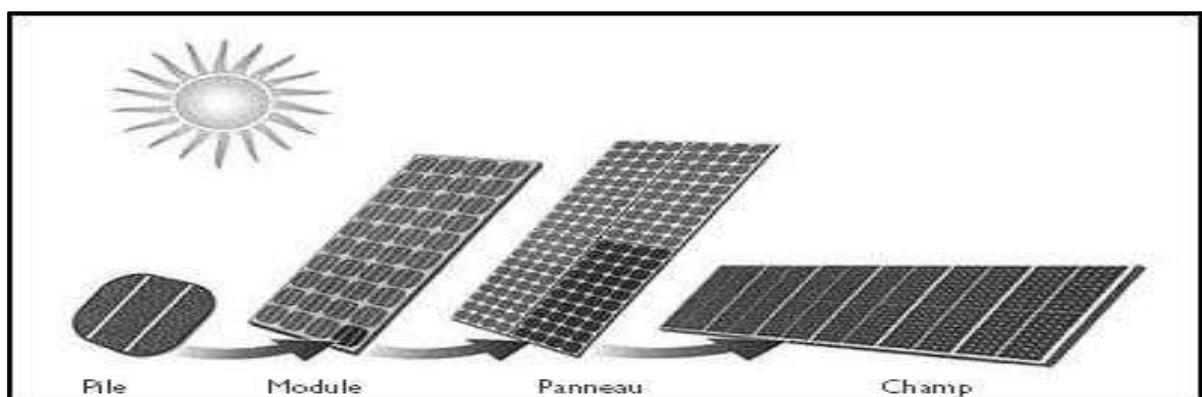


**Figure 16: Description de la cellule photovoltaïque**

#### 4. Système photovoltaïque

Les modules PV sont les éléments de base de tout système photovoltaïque. Ils peuvent être branchés en série pour augmenter leur tension d'utilisation et en parallèle pour augmenter leur courant. Cet ensemble est appelé le champ de modules PV. L'énergie fournie par le champ peut être utilisée pour charger des batteries qui fourniront l'électricité au moment voulu.

Elle peut aussi être utilisée en reliant directement les modules à la charge sans les batteries (comme pour une pompe solaire où l'eau sert de stockage), ou en les branchant sur un réseau électrique. Il est également possible de combiner la sortie du champ PV avec d'autres sources d'énergie telles une génératrice ou une éolienne qui serviront d'appoint si l'ensoleillement n'est pas suffisant.



**Figure 17: Composant d'un champ de module photovoltaïque**

## 5. Composition d'un système photovoltaïque

### 5.1. Principe de fonctionnement

Le générateur photovoltaïque comprend 4 sous-ensembles :

- Le champ de modules : produit l'énergie ;
- Le système de régulation : gère le système ;
- Le parc de batterie : stocke l'énergie ;
- L'onduleur : transforme l'énergie (optionnel).

## 6. Type 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.

### 6.1. 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.

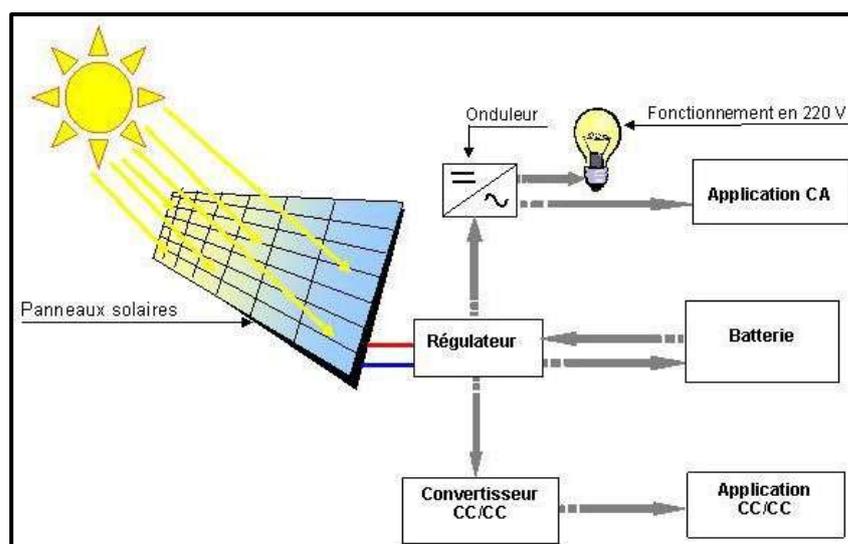


Figure 18 : Schéma descriptif du système autonome.

## 6.2. 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 l'investissement dans les champs de modules photovoltaïques et les batteries d'accumulateurs.

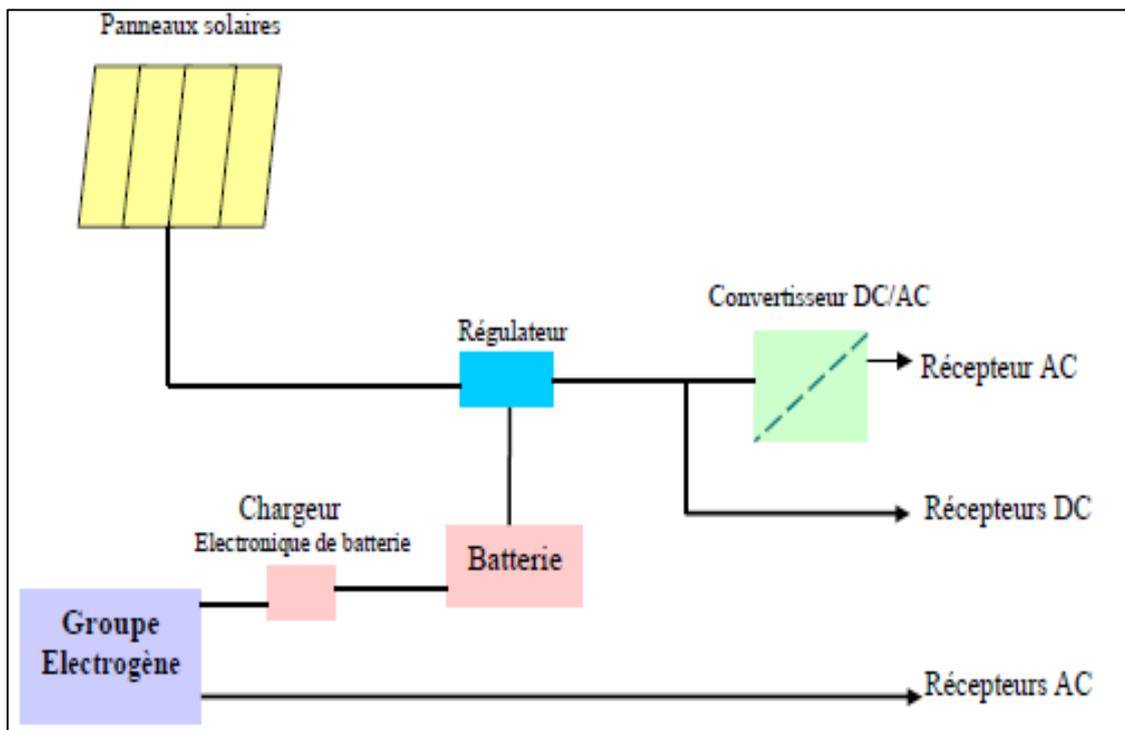
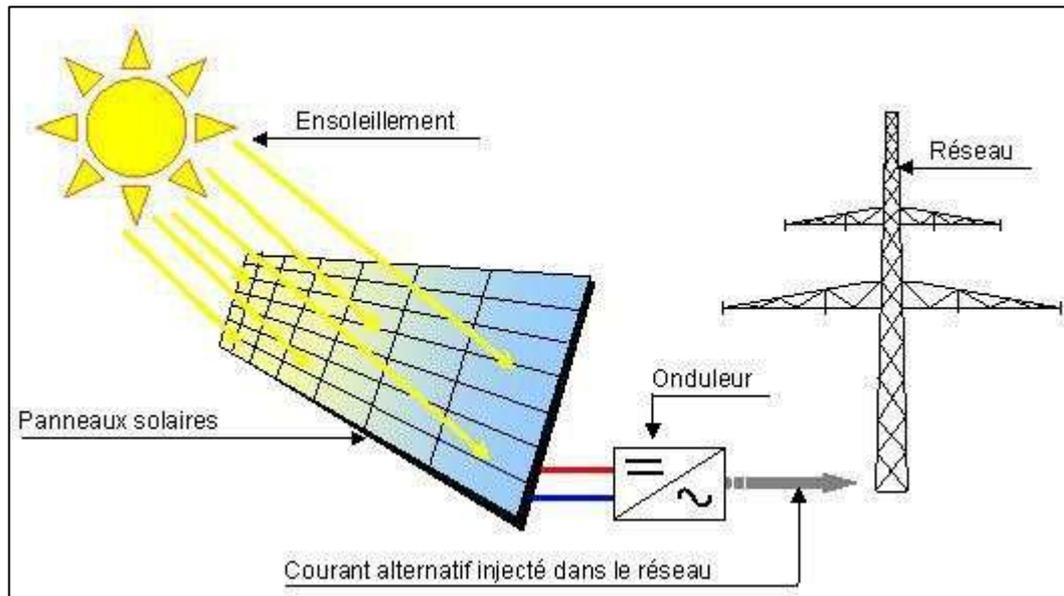


Figure 19: Schéma descriptif du système hybride

## 6.3. 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'il y a une panne de réseau, mais ce n'est pas nécessaire.



**Figure 20: Schéma descriptif du système connecté au réseau**

## 7. Les différents types de générateurs photovoltaïques :

### 7.1. Silicium monocristallin

Les cellules en silicium monocristallin représentent la première génération des générateurs photovoltaïques.

Pour les fabriquer, on fond du silicium en forme de barreau. Lors d'un refroidissement lent et maîtrisé, le silicium se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme. Durée de vie :( 20 à 30) ans.

#### a. Avantages

- Bon rendement, de 12% à 18%
- Bon ratio ( $Wc/m^2$ ) (environ  $150 Wc/m^2$ ) ce qui permet un gain de place si nécessaire
- Nombre de fabricants élevé

#### b. Inconvénients

- Coût élevé
- Rendement faible sous un faible éclairement.



**Figure 21 : cellules en silicium**

### **7.2. Silicium poly cristallin (multi cristallin)**

Pendant le refroidissement du silicium dans une lingotière, il se forme plusieurs Cristaux.

La cellule photovoltaïque est d'aspect bleuté, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux.

#### **a. Avantages**

- Cellule carrée (à coins arrondis dans le cas du Si monocristallin) permettant un meilleur foisonnement dans un module
- Moins cher qu'une cellule monocristalline

#### **b. Inconvénients**

- moins bon rendement qu'une cellule monocristalline : (11 à 15% )
- ratio(  $Wc/m^2$ ) moins bon que pour le monocristallin environ 100 ( $Wc/m^2$ )
- rendement faible sous un faible éclaircissement.



**Figure 22 : Silicium poly cristallin**

Ce sont les cellules les plus utilisées pour la production électrique (meilleur rapport qualité prix). Durée de vie : (20 à 30) ans

### **7.3. Silicium amorphe :**

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est gris très foncé. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites "solaires".

#### **a. Avantages :**

- Fonctionne avec un éclairage faible ou diffus (même par temps couvert)
- Un peu moins chère que les autres technologies Intégration sur supports souples ou rigides.

#### **b. Inconvénients :**

Rendement faible en plein soleil, de 6% à 8% Nécessité de couvrir des surfaces plus importantes que lors de l'utilisation de silicium cristallin ratio ( $Wc/m^2$ ) plus faible, environ 60 ( $Wc/m^2$ ) Performances qui diminuent avec le temps (environ 7%).

## 8. Type de raccordement

### 8.1. 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.

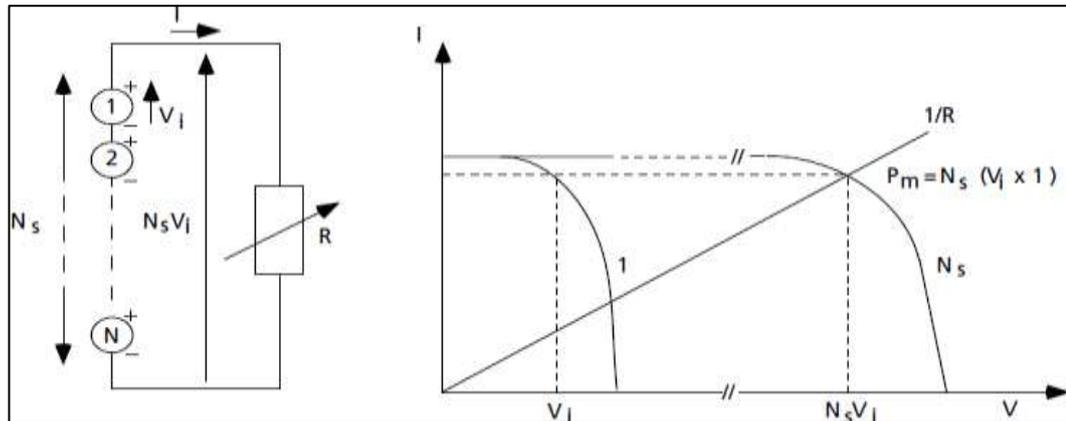


Figure 23 : Cellules identiques en série

### 8.2. Association en parallèles

En additionnant des modules identiques en parallèle, la tension de la branche est égale à la tension de chaque module et l'intensité augmente proportionnellement au nombre de modules en parallèle dans la branche.

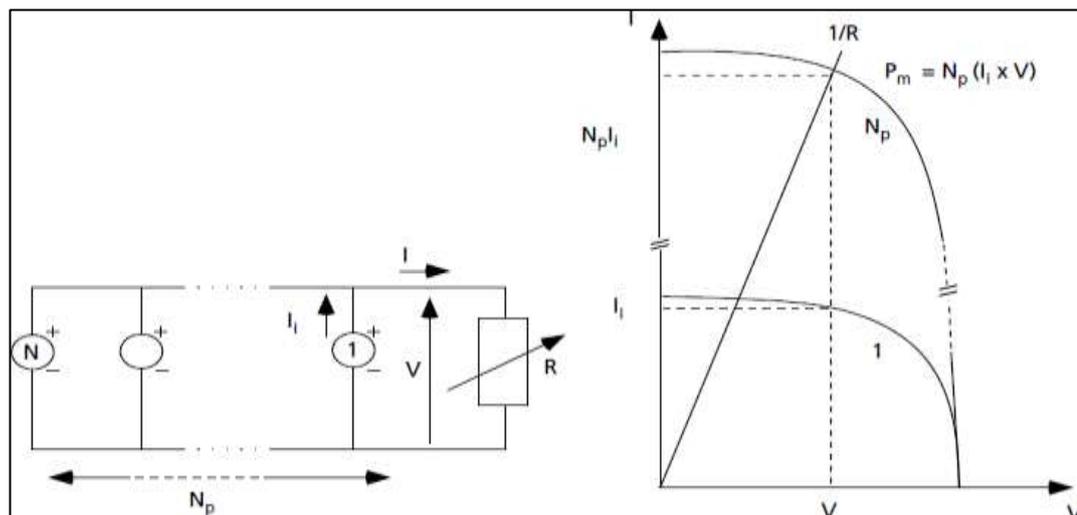
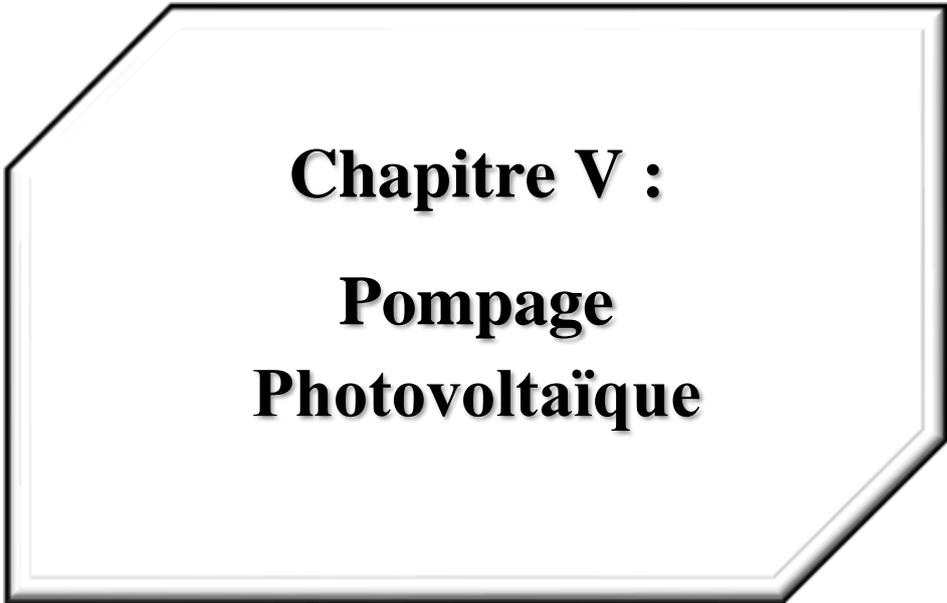


Figure 24 : Cellule identiques en parallèles.

## **9. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons défini les différents types du rayonnement solaire qui interviennent dans le rayonnement global. Ensuite, une étude de base sur l'énergie photovoltaïque et leur composant, a été présentée afin de déterminer les paramètres essentiels qui contribuent à l'estimation des énergies captées par les cellules photovoltaïques (PV) pour le bon fonctionnement des systèmes de pompage d'eau. Dans le chapitre suivant nous avons illustrée le pompage photovoltaïque.



**Chapitre V :**  
**Pompage**  
**Photovoltaïque**

**1. Préface :**

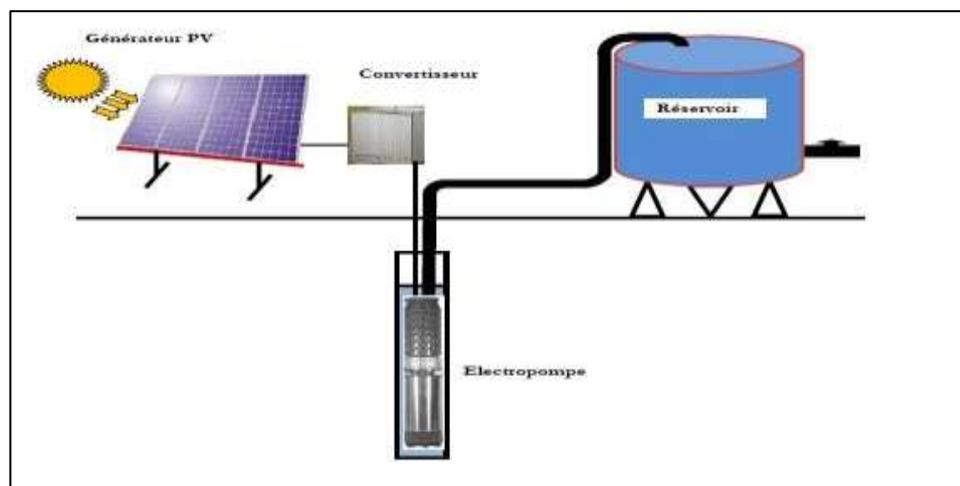
Beaucoup de populations dans les zones rurales des pays en voie de développement affrontent de grands problèmes dus au déficit en eau. Ces problèmes sont spécialement accentués dans zones désertiques et semi-désertiques. Le déficit en eau dans les zones arides et semi-arides est une question vitale pour les populations. L'amélioration des conditions de vie dans ces zones est liée à la recherche des solutions adéquates à ce problème. Le pompage solaire photovoltaïque (PV), objet de ce chapitre, représente la solution idéale pour l'approvisionnement en eau partout où le réseau électrique est absent.

## Description d'un système photovoltaïque

### 2. Les composants d'un système de pompage photovoltaïque :

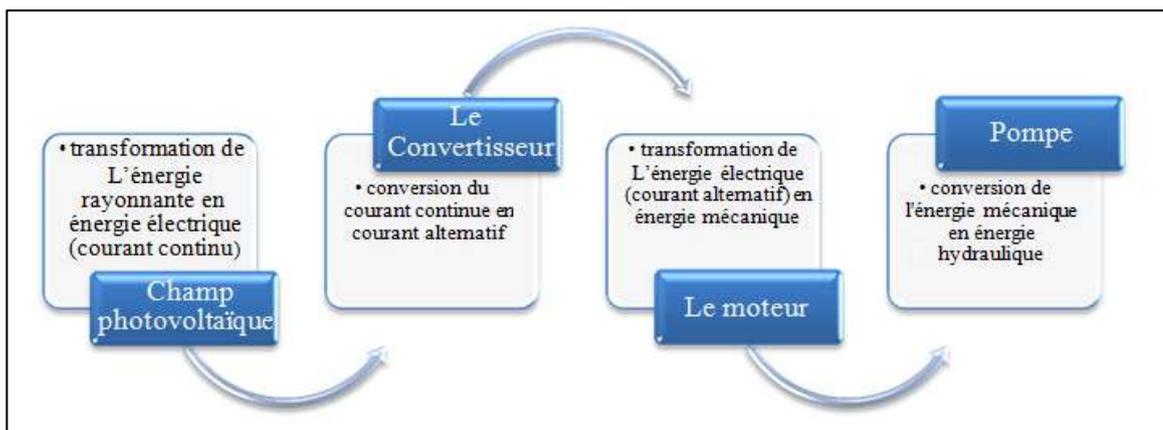
Le système de pompage solaire se compose des éléments suivants:

- Un champ photovoltaïque (Générateur PV),
- Un convertisseur DC--AC pour les charges alternatives,
- Un moteur électrique chargé d'entraîner la pompe,
- Une pompe,
- Des tuyauteries (amont et aval),
- La partie stockage(Réservoir).



**Figure 25: Schéma synoptique simplifié de pompage PV**

Chacun de ces éléments assure une fonction bien déterminé :



**Figure 26 : chaîne de composant d'un pompage PV**

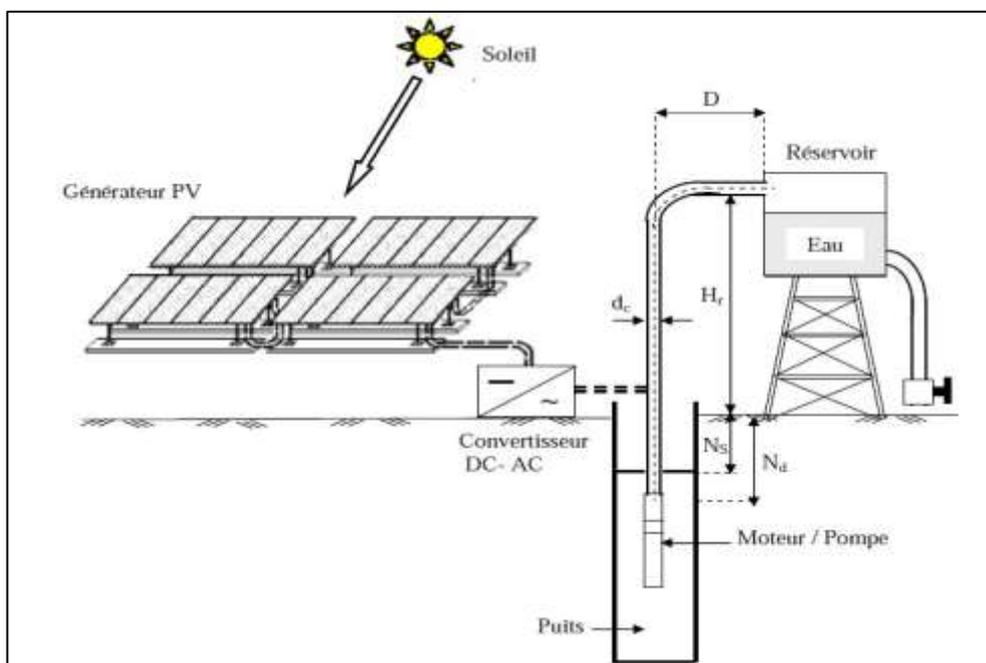
### 3. Description du principe

Les panneaux solaires photovoltaïques produisent l'énergie électrique sous forme d'un courant continu qui est converti à travers un convertisseur statique pour alimenter un groupe motopompe immergé ou surfacique.

Le groupe moto--pompe est composé d'un moteur à courant alternatif mono, bi ou triphasé ou à courant continu à commutation électronique qui est couplé à une pompe centrifuge ou à une pompe volumétrique ou autre suivant le débit recherché. La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes alors que la pompe volumétrique transmet l'énergie du moteur par un mouvement hélicoïdale qui permet littéralement de propulser l'eau à la surface.

Les panneaux solaires et le convertisseur sont des éléments statiques, la seule partie en mouvement du système est le groupe moteur--pompe. Les avantages de ce système sont nombreux, les plus évidents sont :

- L'autonomie de fonctionnement ;
- La fiabilité ;
- Le bon rendement ;
- La relation naturelle entre la disponibilité de l'énergie solaire et le besoin en eau.



**Figure 27 : Configuration générale d'un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil.**

#### 4. Type de pompages :

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 technique 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.

##### 4.1. Pompage « au fil du soleil » :

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 28 : pompage au fil du soleil.

## 4.2. Pompage avec batteries :

La méthode de pompage d'eau en utilisant l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements (système présente l'avantage d'un débit régulier, la possibilité de pomper lorsque le soleil est absent).

L'énergie emmagasinée pour être utilisée aussi pour d'autres besoins ultérieures. 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.

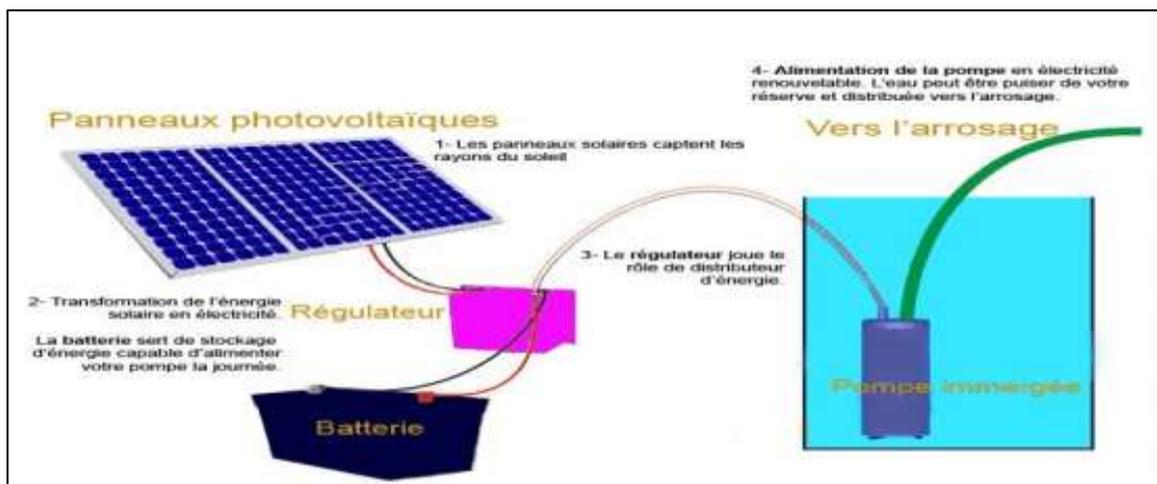


Figure 29 : pompage avec batterie.

## 4.3. Notions hydrauliques :

Les stations de pompage sont constituées d'une ou plusieurs pompes qui aspirent des volumes d'eau et les refoulent sous une certaine pression dans les canalisations du réseau. Les paramètres nécessaires pour dimensionner la pompe solaire sont le débit d'exploitation et la hauteur à laquelle la pompe devra refouler. Celle-ci est majorée par des pertes de charges et de la pression de refoulement dans la conduite.

- **Le débit Q :**

Le débit fourni par une pompe est la quantité d'eau qu'elle refoule durant un intervalle de temps donné. En pompage solaire, le débit est souvent exprimé en m<sup>3</sup> par jour.

- **La hauteur manométrique totale HMT:**

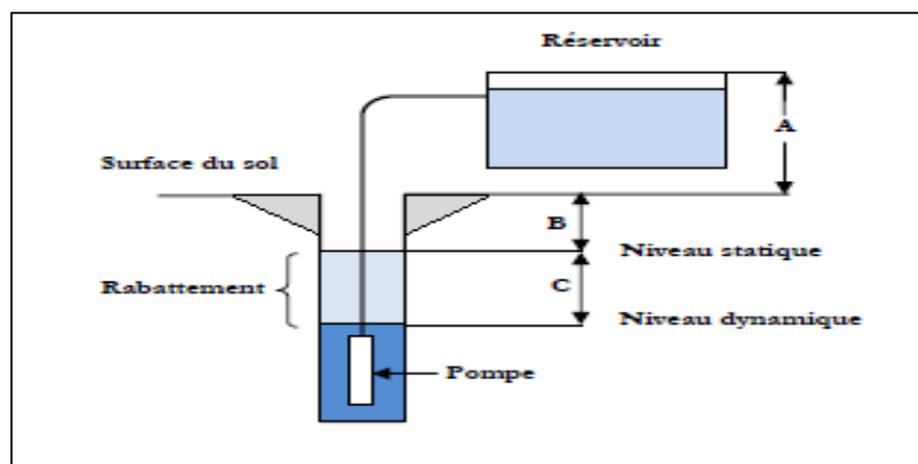
C'est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT = H_g + P_c$$

**Avec :**

$H_g$  =Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation (voir Figure IV.6). Elle est calculée par la formule suivante :

$$H_g = A + B + C$$



**Figure 30 : Hauteur manométrique total.**

$P_c$  : Pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites.

Elles s'expriment en mètres d'eau et elles sont fonction de la distance des conduites ( $D$ ), de leur diamètre et du débit de la pompe.

$N_s$ : Le niveau statique d'un puits ou d'un forage est la distance entre le sol et la surface de l'eau avant pompage.

Nd: Le niveau dynamique d'un puits ou d'un forage est la distance le sol et 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.

- **Rabattement** : La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique.
- **Rabattement maximal** : est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe.

## 5. Les avantages et les inconvénients de système pompage photovoltaïque :

Le tableau suivante résumé les avantages et les inconvénients de ce système:

### 5.1. Les avantages et les inconvénients de système pompage photovoltaïque :

**Tableau 09 : Les avantages et les inconvénients de système pompage photovoltaïque**

Avantages	Inconvénient
Faible maintenance	Coût important d'investissement
Propre Pas de carburant Installation facile Fiable sur le long terme Faible coût périodique Système modulable	Le rendement baisse en fonction des irradiations Sensible au taux d'actualisation

**La Source : ARNH station d'étude**

Faible coût périodique Système modulable Le rendement baisse en fonction des irradiations Sensible au taux d'actualisation.

Ces avantages et inconvénients doivent être pris en considération lorsqu'un investissement est à effectuer. Lors de notre analyse, des hypothèses sur certains paramètres pouvant variés dans d'importantes proportions ont été apportées.

## 6. Dimensionnement des stations de pompage solaire :

Pour définir la puissance utile au fonctionnement de la pompe développée par les panneaux solaires, les données minimums sont :

La situation géographique pour déterminer l'irradiation solaire globale. Le débit pour déterminer les besoins journaliers en eau durant la période de besoin maximal. La hauteur manométrique totale pour mesurer le niveau statique, le rabattement maximal, la hauteur du réservoir et les pertes de charge dues à la tuyauterie. On procédera comme suit :

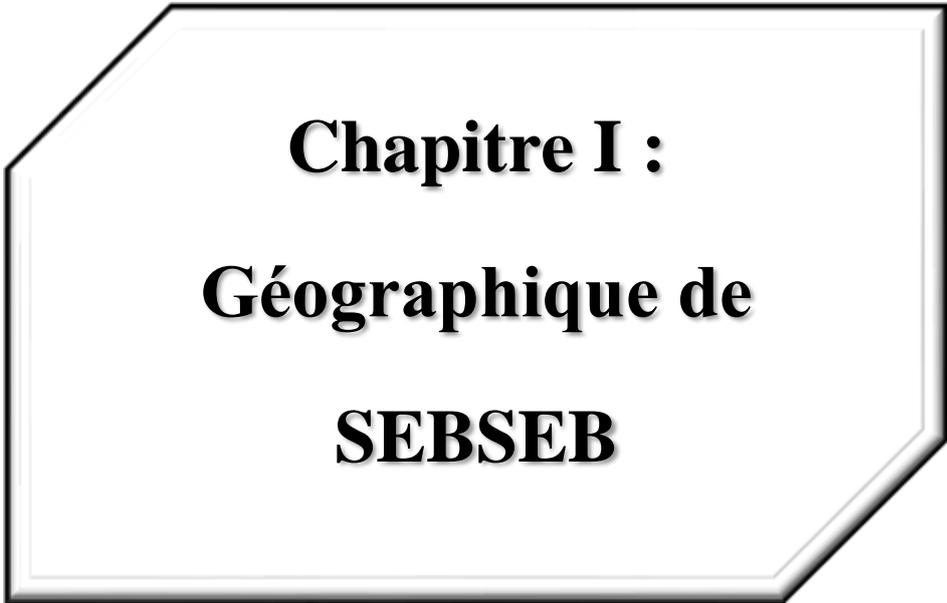
1. Définir l'irradiation globale journalière mensuelle en // par rapport à la latitude de la zone de travail.
2. Choisir une pompe en fonction du débit et de la hauteur manométrique totale, (utiliser les abaques de rendement des pompes fournis par le constructeur).
3. Choisir l'onduleur adapté à la pompe (tension et puissance).
4. Déterminer la puissance crête  $P$  nécessaire au fonctionnement de la pompe par la méthode analytique ou graphique.
5. Choisir le type de panneau solaire (définir leur puissance nominale  $P$ )
6. Déterminer le nombre de panneaux par la relation  $P/P$
7. Vérifier la tension nominale pour le fonctionnement de l'onduleur (selon les modèles).

**7. Conclusion :**

Dans ce chapitre, deux techniques de pompage PV ont été présentées : pompage au fil de soleil et pompage avec batterie. On a montré l'intérêt du pompage dit « au fil du soleil ». Nous avons également conclu que les systèmes de pompage photovoltaïque sont les plus courants. Ainsi nous donnons les définitions importantes et nécessaires pour la compréhension de l'étude pratique présentée à la partie suivante.



**Partie  
Pratique**



**Chapitre I :**  
**Géographique de**  
**SEBSEB**

## 1.Présentation de Sebseb

### 1.1. Histoire :

Est une ville et une commune du district de Métlili, dans la province de Ghardaïa, en Algérie. Selon le recensement de 2008, elle compte 2 437 habitants contre 2 428 en 1998, avec un taux de croissance annuel de 0,0 %, le plus bas de la province. Son code postal est 47230 et son code municipal est 4709.



### 1.2. Le Climat de Sebseb :

Sebseb a un climat désertique chaud (Köppen classification climatique BWh), avec des étés très chauds et des hivers doux, et très peu de précipitations tout au long de l'année et le figure suivant explique les détails :

Données climatiques pour Sebseb													
Mois	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aôu	Sép	Oct	Nov	Déc	Anné
Moyenne Max °C (°F)	16.5 (61.7)	19.2 (66.6)	22.8 (73.0)	28.3 (82.9)	33.2 (91.8)	38.7 (101.7)	42.7 (108.9)	41.8 (107.2)	35.6 (96.1)	28.3 (82.9)	21.1 (70.0)	17.0 (62.6)	28.8 (83.8)
Moyenne quotidienne °C (°F)	10.2 (50.4)	12.5 (54.5)	15.8 (60.4)	20.4 (68.7)	25.2 (77.4)	30.5 (86.9)	33.9 (93.0)	33.3 (91.9)	28.4 (83.1)	21.5 (70.7)	14.9 (58.8)	10.8 (51.4)	21.5 (70.6)
Moyenne Min °C (°F)	4.0 (39.2)	5.9 (42.6)	8.9 (48.0)	12.6 (54.7)	17.3 (63.1)	22.4 (72.3)	25.2 (77.4)	24.8 (76.6)	21.3 (70.3)	14.7 (58.5)	8.7 (47.7)	4.7 (40.5)	14.2 (57.6)
Moyenne Précipitations	7 (0.3)	4 (0.2)	9 (0.4)	5 (0.2)	3 (0.1)	2 (0.1)	1 (0.0)	1 (0.0)	4 (0.2)	5 (0.2)	7 (0.3)	6 (0.2)	54 (2.2)
Source: climate-data.org <sup>[3]</sup>													

Figure 31 : Les donné climatique pour SEBSEB

**Chapitre I :**  
**Application De**  
**Système De Pompage**  
**PV Sur La Région**  
**d'étude**

## 1. Introduction :

Le pompage de l'eau est un facteur important dans le développement des zones rurales et isolées des pays en développement. Aujourd'hui, la production d'énergie à partir des énergies renouvelables, constitue un excellent moyen pour protéger l'environnement et de contribuer au développement durable et ce, du fait qu'elle est considérée comme une énergie très propre. Dans le cas de l'Algérie, l'énergie photovoltaïque est fortement appliquée pour le pompage de l'eau, surtout en zones arides où l'irradiation solaire est importante et les besoins en eau sont extraordinaires. Le système présenté, est un système de pompage photovoltaïque constitué d'un générateur PV, d'un moteur à courant continu et d'une pompe. Les pompes immergées sont fortement utilisées dans les applications de pompage à travers le monde.

Dans ce travail, nous détaillons bien l'étude et le dimensionnement du système de pompage photovoltaïque. Il est alors intéressant d'appliquer les techniques étudiées sur un site réel pour valider la méthode choisie et d'en tirer des conclusions. Pour cette étude pratique, nous avons choisi la wilaya de Ghardaïa (la commune de SEBSEB). Elle est caractérisée par un climat saharien, une énergie d'ensoleillement de plus de 5 kWh/m<sup>2</sup> par jour et des ressources importantes d'eau souterraine. Dans ce travail, on a étudié le dimensionnement d'un système de pompage PV fonctionnant par la méthode dite « au fil de soleil ». Le stockage de l'eau est réalisé par le biais d'un réservoir. Pour effectuer et présenter les calculs, nous avons utilisé Excel et logiciel PVSYST5\_0 pour les caractéristiques des panneaux photovoltaïque et l'usage du logiciel GRUNDFOS WinCAPS pour le choix de pompe.

## La diagnostique de système pompage photovoltaïque :

### 2. Etat de lieu :

Un système de pompage photovoltaïque a été installé à Sebseb (55 km à Ghardaïa), la première et la seule station de pompage solaire à Ghardaïa dans un puits réel chez un agriculteur. Cette réalisation a été utilisée comme système principal pour le pompage d'eau destiné à l'irrigation de la ferme.

### 3. Description du système de pompage PV existant :

#### 3.1. Alimentation du système de pompage (générateur photovoltaïque) :

• L'alimentation du système à tester, peut être réalisée à l'aide d'un GPV constitué de 12 modules de marque ISOFOTON et de modèle I-130 Wc Ce générateur photovoltaïque de module type cellules monocristallines.

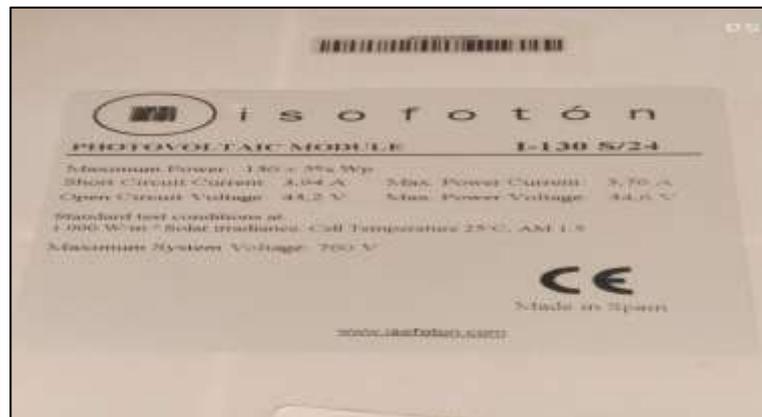


Figure 32 : la marque et le modèle de module de panneau

• L'orientation du générateur photovoltaïque est plein sud (angle d'azimut égal à zéro) et son angle d'inclinaison égal à la latitude du site (32°).

• générateur PV existe avec la configuration (2 × 6) est sélectionné pour alimenter la pompe.



Figure 33 : Générateur photovoltaïque

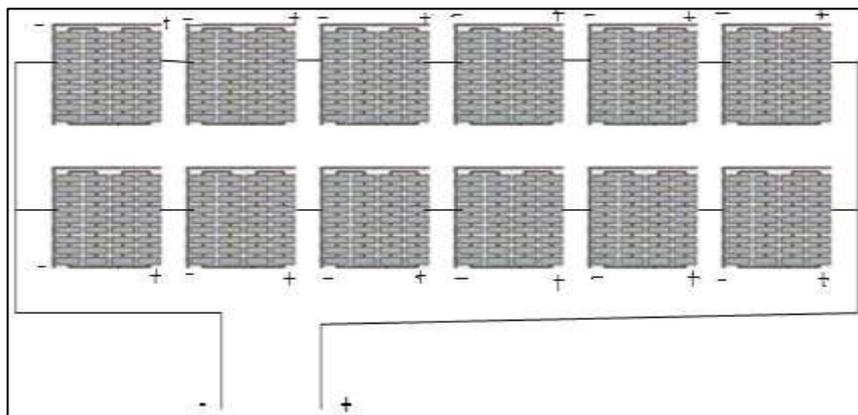


Figure 34 : Illustration Générateur photovoltaïque avec configuration 2×6

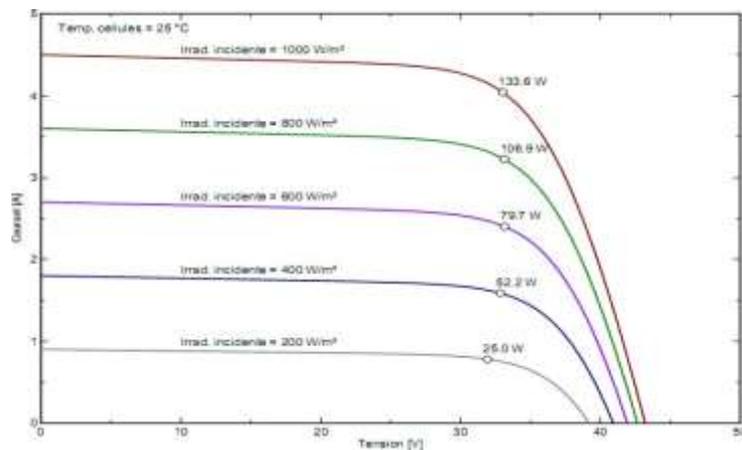


Figure 35 : Courant en fonction tension de module PV Isofoton, I\_130/24

### 3.2. Composition des générateurs solaires photovoltaïques :

- Données de la structure :

**Tableau 10 : les caractéristiques sur le générateur photovoltaïque.**

Désignation	Référence
Puissance nominale du module (1000 W/m 2,25° C)	130 Wc
Tension nominale	238 V DC
Courant	4 A
Nombre de module en série	6
Nombre de branche en parallèle	2

**La Source : ARNH station d'étude**

• Pour ajouter Les caractéristiques de panneau photovoltaïque on a utilisé logiciel PVSYST5\_0.

- Les étapes d'utilisation du logiciel PVSYST5\_0 suivante:

A. Tools.

B. Module PV.

C. Choix le module PV.

D. Résultats afficher les caractéristiques de module PV choisi.

- Les étapes d'utilisation du logiciel PVSYST5\_0 dans les photos suivante:

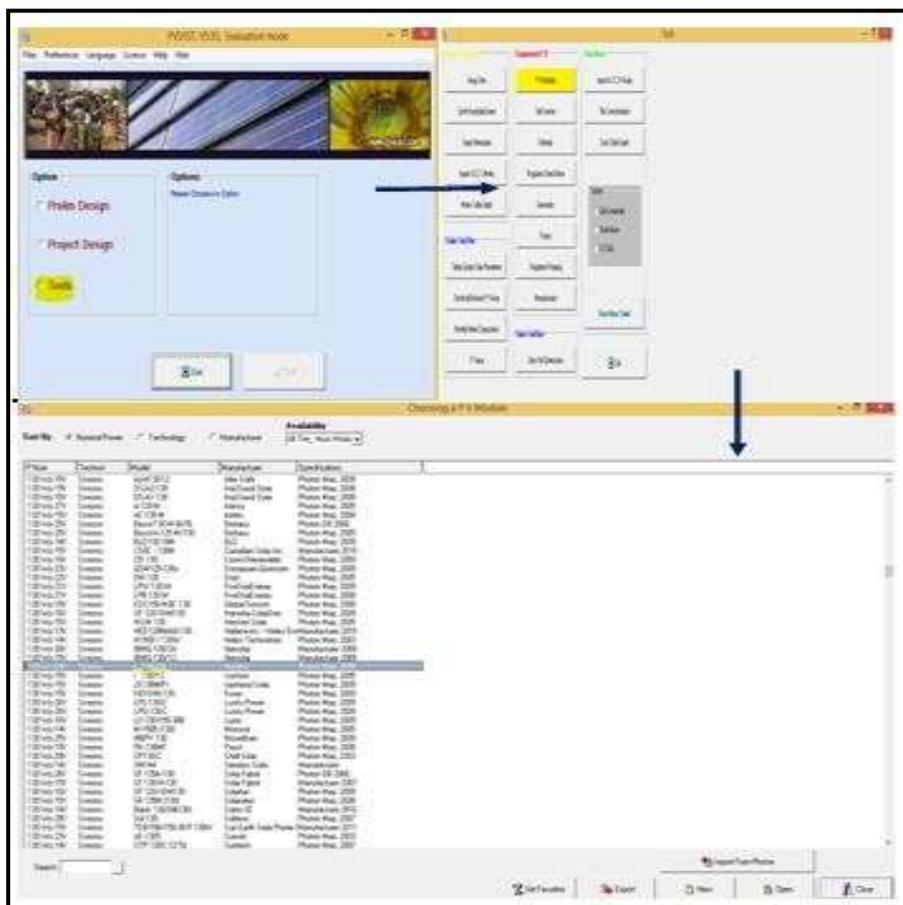


Figure 36 : les étapes de utilisation logiciel PVSYS5\_0

Tableau 11 :les caractéristiques de module photovoltaïque

Désignation	Référence
Dimensions module (L x H)	1.047 x 1.224 m <sup>2</sup>
Nombre de cellules	72
Surface brute module (S.module)	1.28 m <sup>2</sup>
Tension de circuit ouvert (Vco)	43.2 V
Tension au point de puiss max (Vmpp)	34.6 V
Puissance maximale (Pmpp)	131.5 W
Courant de court-circuit (Isc)	4.50 A
Résistance parall	240 ohm
Résistance série	0.97 ohm
Résistance série	3.20 mA/V <sup>2</sup>
Nombre de diodes by-pass par module	4
Tension des diodes by-pass	-0.7 V

La Source : ARNH station d'étude

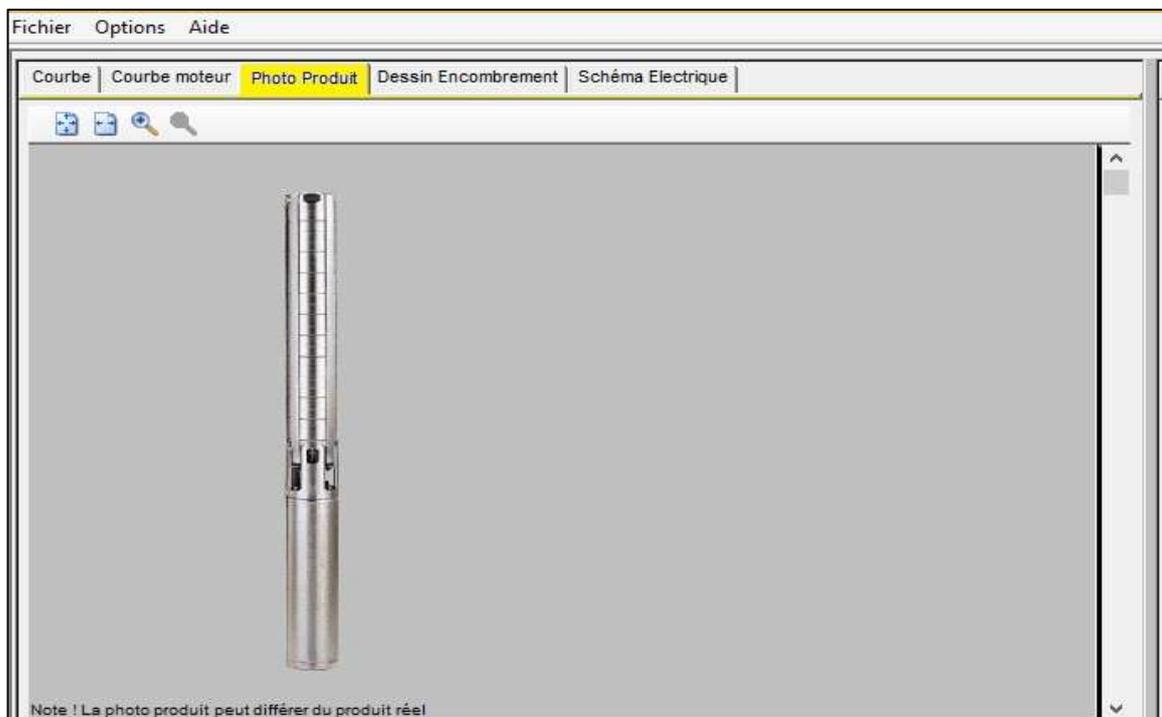
**A.Boite de jonction :** Permet la connexion en parallèle de module photovoltaïque et la protection de l'installation contre le court-circuit et les courants inverse, elle assure un très haut rendement de l'installation en empêchant une décharge de courant dans les panneaux.



**Figure 37 : boite de jonction**

#### **D. Pompe DC immergée :**

De type Grundfos d'une puissance de 900 W installée dans un puits à une profondeur de 38m.



**Figure 38 : la pompe utilisée sur le système existant**



**Figure 39 : Puits existant**

**E. Conduite de refoulement :**

Type PVC tigre diamètre 40mm

**F. Bassin de dimensionnement (7×7×1) m :**

Ce bassin en béton armé la capacité minimale est 50 m<sup>3</sup> pour stocker l'eau pompée pendant la journée.



**Figure 40 : le bassin existant.**

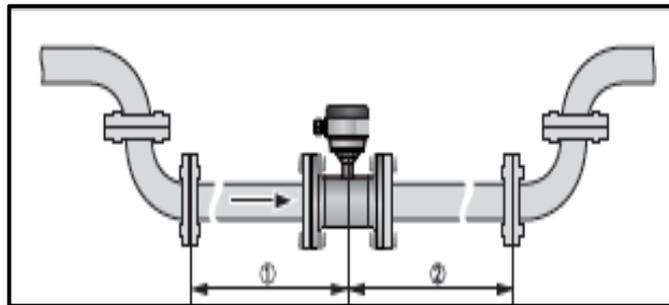
**H. Débitmètre :**

Un débitmètre est un appareil destiné à mesurer le débit d'un fluide.

**Tableau 12: les caractéristiques de débitmètre utilisé.**

Désignation	Référence
Diamètre nominal de raccordement	DN40
Pression nominal	PN40
Raccord processus	Bride
Catégorie de protection	IP66/67
Matériaux boîtier	acier inoxydable
Plage de mesure	0...10 m <sup>3</sup> /h
Température	20 °C
Pression	5bar

**Source : Débitmètre électromagnétique 2100C de marque KROHNE.**



**Figure 41 : illustration de débitmètre**



**Figure 42 : débitmètre**

### 3.3. Dimensionnement de la station de pompage

Le dimensionnement du système de pompage PV concerne :

Le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque, le choix de la pompe et le choix de l'onduleur répondants au service requis dans les conditions de référence. Ce dimensionnement prend en considération les deux conditions suivantes:

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

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

- Evaluation des besoins en eau.
- Déterminer le mois de dimensionnement.
- Calcul HMT.
- Choix des composants pompe et onduleur.
- Dimensionnement de la pompe.
- Dimensionnement de la générateur.
- Déterminer le nombre de module.

### 3.4. Evaluation des besoins en eau

Les besoins d'eau pour l'irrigation dépendent du type de culture, des facteurs météorologiques comme la température, l'humidité, la vitesse du vent, l'évapotranspiration du sol, la saison de l'année considérée et de la méthode d'irrigation. Cependant, il est important de se baser sur la pratique et l'expérience locale.

D'après les études dans la wilaya de Ghardaïa les besoin en eau pour l'irrigation est prend comme dotation 1L/S/Ha.

La capacité du réservoir qui existe à la ferme question d'étude à SEBSEB (Metlili, Ghardaïa) est 50 m<sup>3</sup> . Mais ce volume ne pas satisfaire pour irriguée une surface de 1 Ha donc il faut réaliser nouveau bassin de capacité 100 m<sup>3</sup>.

#### ➤ Pourquoi réaliser un nouveau bassin de 100 m<sup>3</sup> ?

La dotation d'irrigation c'est 1L/S/Ha dans une durée de 24h alors que dans notre cas la durée d'irrigation solaire est 8heure donc le besoin d'irrigation 3L/S/Ha dans cette durée.

Besoin d'irrigation solaire 3L/S/Ha  
 Besoin d'irrigation solaire  
 Besoin d'irrigation solaire =86.4 m3



Figure 43 : besoin d'irrigation solaire

3.5. Rotation de culture de SEBSEB :

Tableau 13: calendrier rotation de culture (SEBSEB) [16].

Période	L'automne	L'evert	Le Peintemps	L'été								
Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Les Cultures							Palmier dattier					
	Marichaire											Culture
							Aubergine- Poivron - Tomate - Courgette - Cucurbitacées					
	Fourrage					Fourrage						
					Les Arboricultures							

La Source : ARNH station d'étude

4. Les heures de journée de l'ensoleillement :

Les heures de journée de l'ensoleillement dans la région de Ghardaïa sont données dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Heurs de journées de l'ensoleillement [17].

Période	L'Evert			Le printemps		
Mois	Déc	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai
Heur de l'ensoleillement (h)	8 ,5	8,9	9,7	10,4	11,2	12
<b>Période :</b>	<b>L'été</b>			<b>L'automne</b>		
<b>Mois</b>	<b>Jun</b>	<b>Juil</b>	<b>Aout</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>
Heur de l'ensoleillement (h)	12,3	12,5	12,1	10,5	10	8,8

La Source : ARNH station d'étude

#### 4.1. Calcule Le débits :

$$Q = \frac{V}{T}$$

- Les résultats de débits dans le tableau suivant :

**Tableau 15 : les débits horaires pour chaque mois**

<b>Période</b>	<b>L'Evert</b>			<b>Le printemps</b>		
<b>Mois</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mar</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>
Débit (m3/h)	11,76	11,24	10,31	9,61	8 ,92	8,33
<b>Période :</b>	<b>L'été</b>			<b>L'automne</b>		
<b>Mois</b>	<b>Jun</b>	<b>Juil</b>	<b>Aout</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>
Débit (m3/h)	8,13	8	8,26	9,52	10	11,36

**La Source : ARNH station d'étude**

#### 5. Rayonnement solaire :

Le tableau ci-après donne les valeurs de l'énergie disponible journalière calculée sur la moyenne mensuelle pour des rayons incidents sur un plan incliné d'un angle optimal saisonnier sur le site de Ghardaïa :

**Tableau 16 : Les valeurs globales de l'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale.**

<b>Période</b>	<b>L'Evert</b>			<b>Le printemps</b>		
<b>Mois</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mar</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>
Rayonnement (kwh/m <sup>2</sup> /j)	3,4	3,9	4,8	5 ,9	7,3	7,7
<b>Période :</b>	<b>L'été</b>			<b>L'automne</b>		
<b>Mois</b>	<b>Jun</b>	<b>Juil</b>	<b>Aout</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>
Rayonnement (kwh/m <sup>2</sup> /j)	7 ,8	7,5	7,1	6	4 ,8	4

**La Source : ARNH station d'étude**

#### 6. Mois de dimensionnement

On constate que l'été est la saison la plus active pour l'agriculture dans note site et les heures de l'ensoleillement les plus hautes sont en mois d'Aout.

L'énergie d'ensoleillement minimale en été est toujours celle de Aout, elle égale à 7.1 kwh/m<sup>2</sup>/j, donc le mois de dimensionnement sera le mois le plus défavorable, c'est-à-dire celui de Aout dont le rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique nécessaire soit minimum dans cette saison .

8.26 m<sup>3</sup>/h est le débit horaire maximal pendant l'été, c'est celui du mois de Aout qu'on considère dans nos prochains calculs égale à 10 m<sup>3</sup>/h .

La durée de pompage est 12.1 heures parce que les heures de journée de l'ensoleillement en mois de mars sont de 10.4h dans la région d'étude enlevant les 2 heures du coucher et du lever de soleil ; ceci est dû au fait que le champ de panneaux solaire s'arrête de produire de l'électricité et la pompe est automatiquement stoppée jusqu'au prochain redémarrage automatique.

• **Donc le besoin en eau journaliers c'est :**

**Besoin en eau journalier é é = Durée x débit.**

**Besoin en eau journalier = 12.1 x 10.**

**Besoin en eau journalier = 121 m<sup>3</sup>/jr.**

## 7. Hauteur manométrique total :

Pour notre station de pompage, nous avons calculé une hauteur manométrique totale Elle correspond à la nappe phréatique qui est utilisée pour l'irrigation des cultures .

$$\begin{aligned} \text{HMT} &= H_r + P_s + \Delta H_T \\ \text{HMT} &= 45 + 5 + 4 \\ \text{HMT} &= 54\text{m.} \end{aligned}$$

- HMT : hauteur manométrique totale(m).
- H<sub>r</sub> : hauteur de refoulement, profondeur de puits 38m + rabattement 7m.
- Pression de service (m), pression à la sortie du tube de refoulement.
- perte de charge (m) ,10% en fonction de la longueur de conduite (40 m)

## 8. Choix de la pompe :

Le choix du système de pompage doit être fait en prenant en compte non seulement les contraintes techniques (type de pompe, énergie, hauteur de

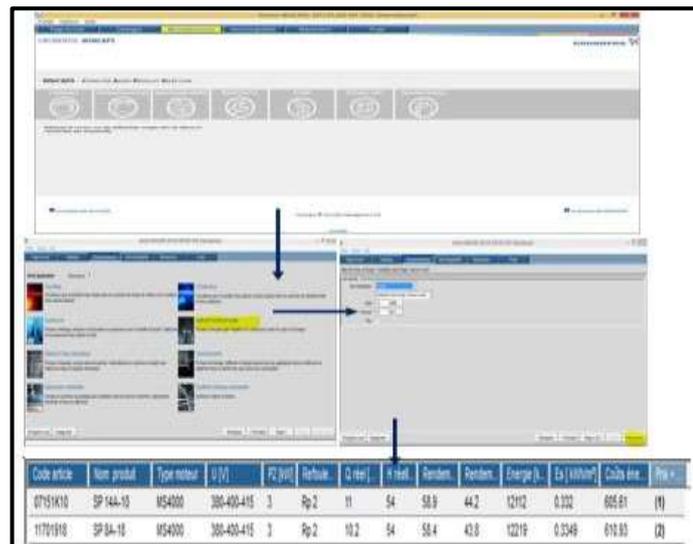
refoulement, débit, turbidité de l'eau), mais aussi les contraintes liées au contexte socio-économique (système de pompage accepté, disponibilité des pièces détachées, facilité de maintenance des pompes).

Par l'usage du logiciel GRUNDFOS WinCAPS, Nous choisissons la pompe en fonction du débit et de la hauteur manométrique totale, les résultats sont résumés dans le tableau ci-après ;

- Les étapes d'utilisation du logiciel GRUNDFOS WinCAPS suivante:

- Dimensionnement.
- Adduction d'eau de Forage.
- Dimensionner.
- Entrée les données : type de l'installation (Forage) installation dans forage, réservoir ouvert.
- Dimensionner.
- Résultats de choix de la pompe dans un tableau.

- Les étapes d'utilisation du logiciel GRUNDFOS WinCAPS dans Les photos suivantes :



**Figure 44 : Les étapes d'utilisation logiciel GRUNDFOS WinCAPS .**

On remarque après la comparaison des deux pompes La première pompe est la plus adoptée par ce que il peut satisfaire les besoin en débit et en HMT avec une puissance normale.

### 8.1. Codification des pompes

- Pompe SP 14A – 10.
- SP : Submersible Pump.
- 14 : gamme de débit d'exploitation.

- 10 : nombre d'étages (multi-étagée).
- Pompes immergées multicellulaires pour l'arrosage, l'irrigation, l'adduction d'eau. Nombreuses applications industrielles, surpression, transfert...

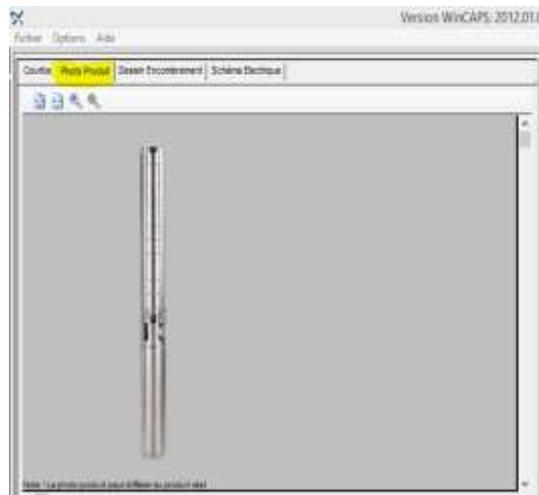


Figure 45 : la pompe choisie

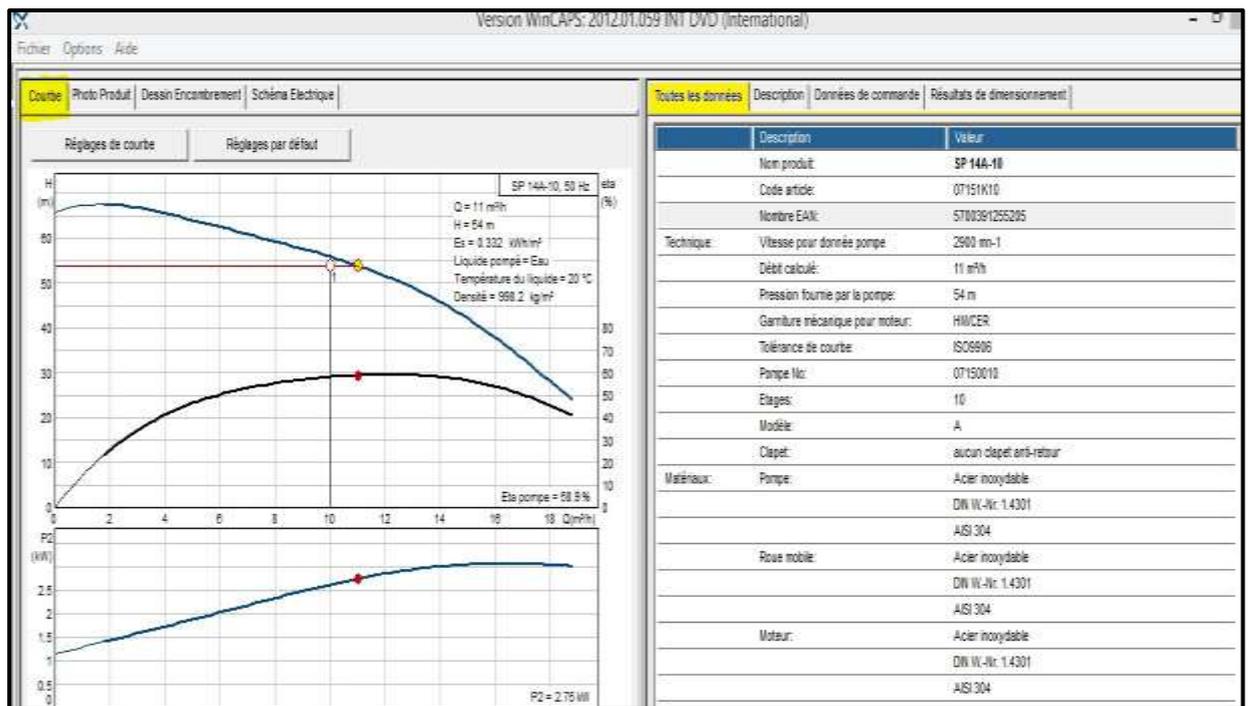


Figure 46 : Caractéristiques de la pompe choisie

### 9. Choix de l'onduleur :

Les onduleurs sont des convertisseur statiques de l'électronique de puissance, ils sont utilisé dans tous les systèmes électrique ou la transformation la tension continue (VDC) en tension alternative (VAC) est nécessaire.

Le choix de l'onduleur dépend des caractéristiques électriques de la pompe alimentée (puissance, tension). Choix l'onduleur après connaître de la puissance de la pompe.

## 10. Application de dimensionnement de la station de pompage

### 10.1. Dimensionnement de la pompe

#### 10.1.1. Calcule la puissance de la pompe

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

- $P = 2.45 \text{ KW}$ .
- $P$  : Puissance de la pompe (KW) .
- $Q$ : débit  $10 \text{ (m}^3\text{/h)} = 0,00277 \text{ (m}^3\text{/s)}$ .
- $g$  : accélération de la pesanteur ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).
- $\rho$  : masse volumique de l'eau ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ).
- HMT : hauteur manométrique totale  $54 \text{ (m)}$ .
- $\eta$  : Rendement de la pompe  $60 \%$ .

Après ce calcul donc j'ai choisi l'onduleur adéquat Pour ces besoins de notre étude, le convertisseur choisit la marque condor est l'onduleur solaire de  $3 \text{ KW}$  parce que la puissance de la pompe est  $2,45 \text{ KW}$ .



Figure 47 : Onduleur solaire de gamme 3 KW.

**10.1.2. Les caractéristiques de l'onduleur choisi : Calcule énergie journalière demandé par la pompe :**

**Tableau 17 : les caractéristiques de l'onduleur**

Puissance nominale (KW)	Voltage max. du circuit cc ouvert (V)	Voltage min. du MPP (V)	Courant max. d'entrée (A)	Voltage d'entrée (V)	Courant nominale de sortie (A)	Fréquence de sortie (Hz)	Dimensions (mm)	Poids (kg)
3	820	500	9.5	0~380 (3PH)	9	0~50/60	300 * 215 * 155	4.5

**La Source : ARNH station d'étude**

Nous pouvons calculer l'énergie journalière demandée par la pompe nécessaire à partir de la relation :

➤  $E_{jr}=29.64 \text{ KWh/jour.}$

- $E_{jr}$  : Energie journalière demandé (KWh/jour).
- $P$  : puissance de la pompe 2.45 (KW).
- $T$  : durée de pompage 12.1 (h).

**10.1.2. Calcule puissance demandé**

➤  $P_d=27,86\text{KWh/jour}$

- $P_d$  :puissance demandé (KWh/jour) .
- $E_{jr}$  : Energie journalière demandé (KWh/jour).
- $M$  : facteur de marge miss-much.
- $K_1$  : coefficient de décharge de la Batterie.
- $K_2$  : coefficient de conversion.
- $K_3$  : coefficient de l'onduleur.

**10.2 Dimensionnement du générateur PV**

**10.2.1. Les données de structure:**

- $\eta_g$ : rendement du panneau photovoltaïque=15%
- $P_c$ ; puissance crête du panneau = 130wc
- $A_p$ : surface du panneau : 1,28 m<sup>2</sup>.
- mois de dimensionnement : Aout
- $E_s$  : énergie disponible sur site au mois d'Aout : 7.1 KWh/m<sup>2</sup>.jour.

### 10.2.2. Calcule la taille du champ photovoltaïque :

- Calcule la puissance horaire du générateur:

$$\text{➤ } P_g = 1.06 \text{ Kwh/m}^2.\text{jour.}$$

$P_g$  : puissance générateur Kwh/m<sup>2</sup>.jour.

- Calcule la surface du générateur  $A_g$ :

$$\text{➤ } A_g = 26,28 \text{ m}^2.$$

$A_g$  : surface de générateur m<sup>2</sup>.

- Calcule la capacité crête de générateur :

$$\text{➤ } C_g = 3.01 \text{ KW.}$$

$C_g$  : capacité générateur KW.

- Calcule courant nominale :

$T_n$  : La tension nominale de l'onduleur : 600V.

$$\text{➤ } C_n = 4,15 \text{ A.}$$

$C_n$  : courant nominale (A).

### 10.3. Déterminer le nombre du module PV

**$N_p$  : nombre des panneaux**

- Donc le nombre des panneaux solaires est de 21 qu'on raccorde en série comme la figure suivante.



**Figure 48 : illustration Générateur photovoltaïque avec configuration 21 panneaux.**

## 11. Comparaison entre système existant et les calcules

Le tableau suivant j'ai comparé entre le système existant et les calculs :

**Tableau 18 : de calcule hydraulique de réseau d'irrigation.**

Les caractéristiques	Système existant	Les Calcules
Générateur photovoltaïque	Il y a 12 panneaux en série	21 Panneaux en série
Caractéristiques de générateur	Tension nominale :238 V Courant : 4 A	Tension nominale : 600 V Courant : 4,15A
Principe de fonctionnement	Système continue DC/DC:	Système Alternative DC/AC :
Pompe Grundfos	Pompe : SP5A-P	Pompe Grundfos
Caractéristiques Pompe Grundfos	900 w HMT 54m	2,45 Kw HMT : 54m
Moteur	DC Type de moteur : MS402	DC/AC Type de moteur : MS4000
Onduleur	N'existe pas	Existe
Bassin de stockage (volume)	50m3	100 m3
Puits réel (profondeur)	38m	38m

**La Source : ARNH station d'étude**

## 12. Résultats :

L'irrigation de surface 1 ha par pompage solaire pour irrigué bien la ferme et 100 % il faut réalisée un réservoir de stockage de capacité 100 m3et changer la pompe avec une caractéristique étudiée pour assurer les meilleur conditions possible de l'irrigation de cette ferme.

### 12.1. Irrigation et Pompage solaire

Système d'irrigation alimenté par l'énergie solaire

En absence du réseau électrique, l'approvisionnement en eau pour l'irrigation des cultures ou d'eau potable dans les régions éloignée se fait par le pompage au fil du soleil est bien souvent la solution la plus évidente. L'évolution progressive, depuis 20 ans, des matériels et des gammes de performances permet aujourd'hui de considérer le pompage solaire comme une technologie mature.

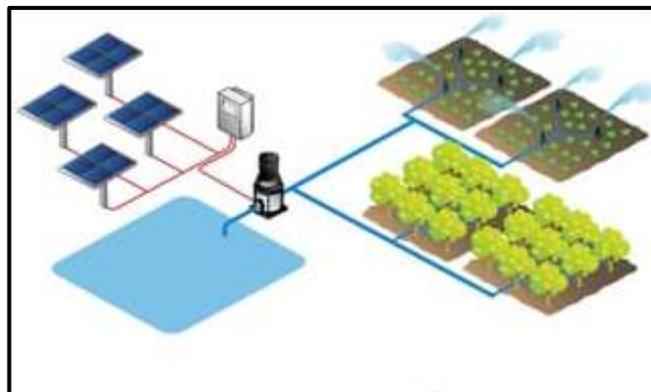
Dans un système d'irrigation solaire au fil du soleil, généralement au-dessus de 5Kw, plusieurs modules photovoltaïques solaires sont connectés en série et

parallèle afin de créer un « champ photovoltaïque ». Ce champ photovoltaïque génère un courant et une tension continue (DC) à partir des rayons du soleil.

Cette tension continue est convertie en tension triphasée via un onduleur de pompage. Par la variation de fréquence, les systèmes d'irrigation solaire permettent d'utiliser directement une puissance continuellement variable issue des modules photovoltaïques. Le débit de pompage va donc évoluer avec l'intensité de l'ensoleillement.

le pompage au fil du soleil se caractérise par un débit variable tout au long de la journée. Dès l'aube, le champ photovoltaïque commence à produire de l'électricité et un faible débit est produit par la pompe. Au cours de la journée, l'exposition solaire devenant plus importante sur le champ de panneaux solaires, le débit de la pompe augmente. Le débit maximum de la pompe, exprimé en  $m^3 / h$ , obtenu généralement à midi est environ le sixième du débit journalier.

Au coucher du soleil, le champ de panneaux solaire arrête de produire de l'électricité et la pompe est automatiquement stoppée jusqu'au prochain redémarrage automatique, le matin suivant. Le système de pompage ne peut fonctionner de nuit que si des sources supplémentaires (éolienne, groupe électrogène ou réseau électrique) sont utilisées.



**Figure 49 : Schéma de principe du système d'irrigation solaire**

## **12.2. Calcule hydraulique de réseau d'irrigation**

La méthode de tableau de calcule hydraulique comme suivante :

### **12.2.1. Dimensionnement du réseau**

Les calculs hydrauliques pour ce réseau sont effectués on utilisant la formule de Hazen et Williams. Cette formule, qui est en fonction du débit, de la viscosité du fluide, et du coefficient de rugosité de la conduite, elle permet l'évaluation des

pertes de charge sur les canalisations de divers diamètres. La formule de Hazen - Williams, en unités métriques (mètre et seconde) est la suivante :

$$\Delta HL = \frac{10,67 \cdot L \cdot Q^{1,852}}{D^{4,87} \cdot Cw^{1,852}}$$

- $\Delta HL$ : perte de charge en mètres de hauteur de fluide circulant dans la conduite par mètre de celle-ci.
- Q : Débit de la conduite(m<sup>3</sup>/s)
- L : Longueur de la conduite en mètres(m).
- D : Diamètre intérieur de la conduite en mètres(m).
- Cw : coefficient de perte de charge de Williams et Hazen.
- CHW = 110 pour les conduites d'amiante ciment.
- CHW = 150 pour les conduites en P.V.C. et PEHD

### 12.2.2. Choix de canalisation

Pour le réseau, les conduites sont intégralement en PVC le choix de ce matériau est basé sur les avantages qui présente est qui sont :

- L'adéquation au type de sol.
- La faible rugosité,
- La bonne résistance aux agents chimiques,
- La durée de vie acceptable,
- La facilité de pose,
- L'investissement moins coûteux.

Tableau 19 : de calcule hydraulique de réseau d'irrigation.

TRC.	CW	Longueur m	Débit L/s	V réel m/s	D cal m	DN mm	Perte de charge m			Vitesse m/s	Cote piezo m		Pression m
							P.C.L	P.C.S	P.C.T		Amont	Aval	
B--A	150	2	1,000	1	0,036	40	0,036	0,005	0,041	0,80	5	4,959	4,959
A--1	150	5	0,504	1	0,025	40	0,025	0,004	0,029	0,40	4,959	4,930	4,930
1--1'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,930	4,697	4,697
1'--1"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,697	4,641	4,641
1--2	150	9	0,420	1	0,023	40	0,032	0,005	0,037	0,33	4,930	4,893	4,893
2--2'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,893	4,660	4,660
2'--2"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,660	4,604	4,604
2--3	150	9	0,336	1	0,021	40	0,021	0,003	0,024	0,27	4,893	4,869	4,869
3--3'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,869	4,635	4,635
3'--3"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,635	4,580	4,580
3--4	150	9	0,252	1	0,018	20	0,364	0,055	0,419	0,80	4,869	4,450	4,450
4--4'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,450	4,216	4,216
4'--4"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,216	4,161	4,161
4--5	150	9	0,168	1	0,015	20	0,172	0,026	0,198	0,53	4,450	4,252	4,252
5--5'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,252	4,019	4,019
5'--5"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,019	3,963	3,963
5--6	150	9	0,084	1	0,010	20	0,048	0,007	0,055	0,27	4,252	4,197	4,197
6--6'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,197	3,964	3,964
6'--6"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	3,964	3,908	3,908
A--7	150	5	0,504	1	0,025	40	0,025	0,004	0,029	0,40	4,959	4,930	4,930
7--7'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,930	4,697	4,697
7'--7"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,697	4,641	4,641
7--8	150	9	0,420	1	0,023	40	0,032	0,005	0,037	0,33	4,930	4,893	4,893
8--8'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,893	4,660	4,660

TRC.	CW	Longueur m	Débit L/s	V réel m/s	D cal m	DN mm	Perte de charge m			Vitesse m/s	Cote piezo m		Pression m
							P.C.L	P.C.S	P.C.T		Amont	Aval	
8'--8"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,660	4,604	4,604
8--9	150	9	0,336	1	0,021	40	0,021	0,003	0,024	0,27	4,893	4,869	4,869
9--9'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,869	4,635	4,635
9'--9"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,635	4,580	4,580
9--10	150	9	0,252	1	0,018	20	0,364	0,055	0,419	0,80	4,869	4,450	4,450
10--10'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,450	4,216	4,216
10'--10"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,216	4,161	4,161
10--11	150	9	0,168	1	0,015	20	0,172	0,026	0,198	0,53	4,450	4,252	4,252
11--11'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,252	4,019	4,019
11'--11"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	4,019	3,963	3,963
11--12	150	9	0,084	1	0,010	20	0,048	0,007	0,055	0,27	4,252	4,197	4,197
12--12'	150	44	0,078	1	0,010	20	0,203	0,030	0,234	0,25	4,197	3,964	3,964
12'--12"	150	44	0,036	1	0,007	20	0,049	0,007	0,056	0,11	3,964	3,908	3,908

La Source : ARNH station d'étude

# **Conclusion**

### Conclusion générale :

Ce modeste travail a été porté sur l'optimisation d'un système de pompage photovoltaïque fondé sur le calcul des besoins en eau des différentes cultures de la région de Ghardaïa, à cet égard, nous avons choisie deux scénarios, le premier concerne l'irrigation d'une seule culture et deuxième concerne l'irrigation de plusieurs cultures.

Pour chaque scénario nous avons calculé les besoins en eau des cultures ainsi que le dimensionnement du système de pompage adéquat. Pour le deuxième scénario le dimensionnement a été basé sur le bilan des besoins des différentes cultures.

Selon l'étude, le générateur photovoltaïque adéquat est constitué de 20 modules photovoltaïques en silicium monocristallin d'une puissance crête de 130 WC chacun. Ainsi, la puissance crête du générateur PV est de 2600 WC. Il est cependant important de signaler que, souvent, le calcul de la taille du générateur comporte un certain degré d'incertitude.

Cette incertitude est principalement due à deux raisons essentielles :

- la première est liée au caractère aléatoire du rayonnement solaire qui est souvent peu connu.
- La deuxième est liée à l'estimation difficile des besoins d'eau demandés.

Nous pouvons dire que les avantages de ce type d'installation sont:

- Maîtrise de transfert d'énergie entre les éléments de la chaîne du SPPV.
- Optimisation du SPPV et donc réduction de la facture du m<sup>3</sup> d'eau pompé.
- Utilisation d'énergie propre et non polluante.
- Maîtrise des techniques d'irrigations utilisant les systèmes de pompage PV.

Les conseils et les recommandations de ce type de système sont les suivants :

- Installer les panneaux solaires avec des bonnes conditions d'exécution, et assurer les pièces de rechange en cas de panne pour la continuation de pompage.

- Construire le bassin de stockage dans un site plus élevé que la ferme pour assurer l'écoulement avec une bonne pression pour réduire la consommation d'énergie.

- Remplacer le réseau existant de PVC par un réseau de PEHD pour la longévité des réseaux d'irrigation et diminuer l'effet de chaleur.

- Remplacer la pompe existante par une autre pompe adéquate avec les résultats de calcul.

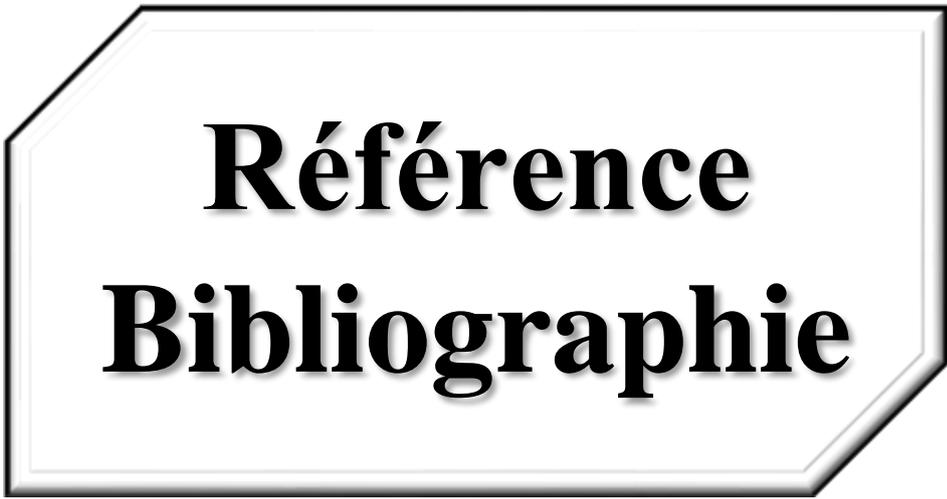
- L'emplacement d'un onduleur adéquat avec l'équipement de pompage solaire selon la puissance de la pompe et la tension du générateur photovoltaïque.

## **Conclusion**

---

- Placer des nouveaux panneaux de type polycristalline de silicium changer au lieu des panneaux photovoltaïques vu ses qualité de rendement non affecté à grande température et moins couts par apport le monocristallin silicium.

Enfin, nous espérons que ce travail servira comme une référence pour les études de pompage pour modèle d'irrigation de surface 1ha par énergie solaire photovoltaïque.



**Référence  
Bibliographie**

### Références Bibliographiques :

- [1] «Technologies européennes du pompage solaire», Edition
- [2] «Le pompage photovoltaïque», Edition
- [3] «notation de pompage photovoltaïque», Edition
- [4] «Différents types de Pompages», Edition
- [5] «Système photovoltaïque dimensionnement pour pompage d'eau, pour une irrigation goutte-à-goutte», Edition
- [6] : F Guemari « Etude Des Systèmes Traditionnels De Captage Des Eaux Et d'irrigation Dans Les Oasis De La Vallée De m'zab ..Cas Des Oasis De Metlili, sabsab.El Ateuf, Guerrara, Beni Izguene, Berriane Et Bounoura »
- [7] : ouledbelkhir chikh « Adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zones arides »
- [8] : Khelifa Ali « Etude Du Système Ancestral De Captage Et De Distribution Des Eaux Dans l'oasis De Ghardaia ».
- [9] : Direction de l'hydraulique de la wilaya de Ghardaïa ; étude de schéma de l'AEP de la ville sebsab
- [10] : Mr Bouzid abdelmalek et Mr bahaz hocine ; « Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'alimentation d'une ferme Étude de l'onduleur triphasé lié à cette application ».
- [11] : Jimmy Royer et Thomas Djiako et Eric Schiller et Bocar Sada Sy « LE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE » /Université d'Ottawa
- [12] :Charly cornu « dimensionnement des centrales PV »
- [13] :www.condor.dz « catalogue des Kits solaires »
- [14] : Anne labouret et Michel Viloz « Energie solaire Photovoltaïque »
- [15] : Badr, Hassan M., and Wael H. Ahmed. "Pumping Machinery Theory and Practice" John Wiley & Sons,
- [16] : Volk, Michael. "Pump characteristics and applications." CRC Press,
- [17] : Jaumotte, André L., and Gilbert RIOLLET. "Caractéristiques et similitude des turbomachines hydrauliques". TI
- [18] : la direction agriculteur de Ghardaïa.
- [19] : catalogue de condor.
- [20] : les heurs de l'ensoleillement prend logiciel cropwit sktm