



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Génie Mécanique
Energétique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Mostafa CHOURAB & Abdallah GADI

Le : jeudi 13 juin 2024

Etude et dimensionnement d'un système de pompage hydraulique avec l'énergie solaire photovoltaïque.

Jury :

| | | | | |
|-----|----------------|-----|----------------------|------------|
| Dr. | Foued CHABANE | Pr | Université de Biskra | Président |
| Dr. | Lamine BACI | MCA | Université de Biskra | Rapporteur |
| Dr | Nacer CHOUCANE | MCA | Université de Biskra | Examineur |

Année universitaire : 2023 - 2024

Dédicaces

Au nom de Dieu le Miséricordieux

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné

Courage et patience pour y arriver pour le plaisir d'y arriver

Le travail que nous proposons

Nous dédions ce travail :

À la mère, à la mère, à la mère

Au père

Chère grand-mère

Tante et oncles

A nos frères À toute la famille CHOURAB , GADI

À mes amis et collègues

À tous mes enseignants et enseignantes depuis le primaire

À toute âme modeste ayant soif de science et de savoir.

Remercîments

Par-dessus tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné courage et volonté.

Pour compléter ce travail de recherche.

Nous adressons nos sincères remerciements à

L'encadreur Dr. Lamine Baci- Enseignant en Génie Mécanique Université de Biskra, pour son accompagnement, Et sa patience, ses conseils et ses orientations judicieuses qui ont beaucoup contribué à l'aboutissement de ce travail.

Sincères remerciements et appréciation à tous les enseignants du Département de génie Mécanique.

Tout le personnel administratif en Département de du génie mécanique.

Ainsi qu'à tout le personnel administratif, bonne chance et facilitation.

Nous remercions l'Ingénieur - Yusef MERABTI- pour tout son soutien, son aide. et ses conseils.

Tous les enseignants et nous tous.

Nous le devons à notre formation.

Tout le monde l'a, d'une manière ou d'une autre Il a contribué au développement de cette thèse.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au Président du Jury.

Je remercie également tous les membres du jury d'avoir accepté de participer à cette modeste évaluation.

ملخص

لا شك أن السعي و الإستثمار في مجال الطاقة المتجددة هو المطلب و الهدف الأساسي الذي ترنوا إليه معظم الدول والاقتصاد العالمي في الزمن الراهن، خاصة في مجال البحث العلمي، لما له من أهمية كبيرة باعتبار أن الطاقات المتجددة طاقات نظيفة و غير قابلة للزوال. يمكن الاعتماد عليها في إنتاج الطاقة الكهربائية.

أحد أهم تطبيقات استخدام الطاقة الشمسية هو نظام الضخ الكهروضوئي باستخدام الطاقة الشمسية.

إن توفر الماء في منطقة معينة يعني بالضرورة الحياة للإنسان و الحيوان و النبات.

قال الله تعالى: (أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَسُوقُ الْمَاءَ إِلَى الْأَرْضِ الْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَامُهُمْ وَأَنْفُسُهُمْ أَفَلَا يُبْصِرُونَ) (1)

تتربع الجزائر على مخزون مياه ضخيم قريب جدا من سطح الأرض, و يكفي توفر أبيار لإستخراجه من باطن الأرض. و عادة ما يكون العائق الأساسي في هذه العملية هو توفير الكهرباء لتشغيل مضخات مياه البئر و هذا ما يكون في المناطق النائية و البعيدة عن الشبكة الكهربائية.

و عليه، فإن الهدف من هذا العمل هو إجراء الدراسة النظرية و التطبيقية اللازمة لتحقيق نظام ضخ كهروضوئي باستخدام الطاقة الشمسية.

كذلك سنقدم في هذا العمل حلولا لأهم المشاكل الشائعة لهذا النظام (نخص بالذكر لزوم استعمال البطاريات لتخزين الطاقة الكهربائية و يليها عجز النظام عن توفير الكهرباء في الفترة المسائية).

الكلمات المفتاحية: الضخ الكهروضوئي ، الطاقة المتجددة، الطاقة الشمسية، الطاقة الكهربائية.

Résumé

Il ne fait aucun doute que rechercher et investir dans le domaine des énergies renouvelables est l'exigence et l'objectif fondamental auxquels aspirent actuellement la plupart des pays et l'économie mondiale, en particulier dans le domaine de la recherche scientifique, en raison de sa grande importance compte tenu du fait que les énergies renouvelables les énergies sont des énergies propres et non destructibles. On peut compter sur lui pour produire de l'énergie électrique.

L'une des applications les plus importantes de l'utilisation de l'énergie solaire est un système de pompage photovoltaïque utilisant l'énergie solaire.

La disponibilité de l'eau dans une certaine zone signifie nécessairement la vie des humains, des animaux et des plantes.

Dieu a dit :

(أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَسُوقُ الْمَاءَ إِلَى الْأَرْضِ الْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَامُهُمْ وَأَنْفُسُهُمْ أَفَلَا يُبْصِرُونَ^ط)

(1)

Et c'est ce que cela signifie :

N'ont-ils pas vu comment Nous conduisons l'eau vers les terres arides où Nous faisons pousser les cultures dont ils se nourrissent, eux et leurs troupeaux ? Ne voient-ils donc pas? (2)

L'Algérie dispose d'une énorme réserve d'eau très proche de la surface de la Terre, et la disponibilité de puits est suffisante pour l'extraire du sol. Habituellement, le principal obstacle à ce processus est la fourniture d'électricité pour faire fonctionner les pompes à eau des puits. c'est ce qui se passe dans les zones reculées, loin du réseau électrique.

L'objectif de ce travail est donc de mener l'étude théorique et appliquée nécessaire à la réalisation d'un système de pompage photovoltaïque utilisant l'énergie solaire.

Dans ce travail, nous présenterons également des solutions aux problèmes les plus courants de ce système (notamment la nécessité d'utiliser des batteries pour stocker l'énergie électrique, suivie de l'incapacité du système à fournir de l'électricité le soir).

Mots clés : Pompage photovoltaïque, Énergie renouvelable, Énergie solaire, Énergie électrique.

Dédicaces..... I
Remercîments..... II
Résumé..... III-IV
Sommaire..... VI-X
Liste de Figure..... XI-XII
Liste de Tableau..... XII
Nomenclature..... XIII

Introduction générale

Chapitre I : Généralité sur énergie photovoltaïque

1.1.Introduction 1
1.2.Le ressource solaire..... 1
1.3.Irradiation Solaire..... 2
1.4.Mesure de l’irradiation solaire..... 2
1.5.Energie solaire..... 4
1.6. Historique de énergie photovoltaïque 5
1.7.Effet photovoltaïque 6
1.8.Les Générateurs photovoltaïque (panneaux solaire) 6
1.9.Système photovoltaïque 7
1.10.Les cellule photovoltaïque 7
1.11.Le principe de fonctionnement..... 8
1.12.Types de technologie pour fabriquer des cellules solaires..... 9
 1.12.1.Cellule en silicium monocristallin..... 9
 1.12.2.Cellule en silicium polycristallin 10
 1.12.3.Cellule en Amorphe microcristallin 11
 1.12.4.Cellule en Arséniure de Gallium (GaAs) 14
 1.12.5Cellule en organiques..... 14
1.13.Influence de la températuresur cellules photovoltaïques..... 15

| | |
|--|----|
| 1.14.L'effet de l'épaisseur de la couche externe du panneau solaire sur cellules photovoltaïques | 16 |
| 1.15.Modèle lien d'une cellule solaire | 17 |
| 1.15.1.Association en série..... | 17 |
| 1.15.2.Association en parallèle | 18 |
| 1.16.Procédures lors de l'installation d'un panneau solaire | 19 |
| 1.17.Différent méthodes d'instalation de système photovoltaïque | 20 |
| 1.17.1.pompage fil soleil (autonome sans batterie) : | 20 |
| 1.18.2.pompage avec batteries (électrique) | 21 |
| 1.18.3.hybride | 22 |
| 1.14.4.raccordé au réseaux | 22 |
| 1.15.Avantages et inconvénients | 24 |
| 1.15.1.Les Avantages : | 24 |
| 1.15.2.Les inconvénients : | 25 |
| 1.16.Conclusion | 25 |

Chapitre II : Etude des composante du système de pompage photovoltaïque

| | |
|---|----|
| 2.1.Introduction | 27 |
| 2.2.Constitution d'un système de pompage photovoltaïque | 27 |
| 2.3.1.Le groupe moto pompe..... | 29 |
| 2.3.2.Classification de la pompe..... | 29 |
| 2.3.3.Selon la conception : | 29 |
| 2.3.3.1.Pompe centrifuge | 29 |
| 2.3.3.2.Pompe volumétrique : | 30 |
| 2.3.4.Selon le type de courant de moteur | 31 |
| 2.3.4.1.Moteur a courant continu | 31 |
| 2.3.4.2.Moteur a courant alternatif | 32 |
| 2.3.5.Selon la position | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.3.5.1.Pompe de surface..... | 33 |
| 2.3.5.2.Pompe immergées | 34 |
| 2.4.La convertisseur | 35 |
| 2.4.1.Onduleur à fréquence fixe | 36 |
| 2.4.2.Onduleur à fréquence variable | 36 |
| 2.4.3.onduleur continu/continu DC/DC | 37 |
| 2.5.Le stockage..... | 37 |
| 2.6.Mode d'irrigations..... | 38 |
| 2.7.Conclusion | 41 |
| <i>Chapitre III : Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV</i> | |
| 3.Introduction | 42 |
| 3.1.Étude fondamentale | 43 |
| 3.1.1.Dimensionnement des stations de pompage solaire :..... | 43 |
| 3.1.1.1.Déterminez la quantité de rayonnement solaire mensuel quotidien (en kilowattheures par mètre carré et par jour) pour la latitude de la zone de travail.(Énergie solaire disponible) :..... | 43 |
| 3.1.1.2.Estimations des besoins en eau : | 44 |
| 3.1.1.3.Calcul du débit :..... | 45 |
| 3.1.1.4.Hauteur manométrique totale..... | 45 |
| 3.1.1.5.Pertes de charge :..... | 46 |
| 3.1.1.6.Calcul de la consommation énergétique/j:..... | 47 |
| 3.1.1.7.Détermination de la Puissance crête : | 47 |
| 3.1.1.8.Déterminer la puissance de la pompe : | 47 |
| 3.1.1.9.Choisissez l'onduleur approprié pour la pompe : | 47 |
| 3.1.1.10.Déterminer le diamètre des tuyaux utilisés dans le système ; | 48 |
| 3.1.1.11.Déterminer le nombre de panneaux nécessaires à l'installation..... | 48 |
| 3.1.1.12.Les tests de tenstio [V] et le courant [A] (Vérifiez la tension nominale) :..... | 48 |
| 3.1.1.12.1.Nombre de panneaux en série N_{ps} | 48 |

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| 3.1.1.12.2.Nembrer de série en parallèle N_{pp} : | 49 |
| 3.1.1.12.3.Choisir des panneaux solaires: | 49 |
| 3.1.1.13.Choix des câbles | 49 |
| 3.1.2.Mesures et description de l'expérience..... | 51 |
| 3.1.2.1.Préparation des mesures comparatives:..... | 51 |
| 3.1.2.2.Premier jour de mesures (valeurs annulées) : | 52 |
| 3.1.2.3.1.Erreurs et incertitudes de l'expérience:..... | 55 |
| 3.2.Étude expérimentale..... | 56 |
| 3.2.1.Étude de cas | 56 |
| 3.2.1.1.Étapes de solution et de dimensionnement | 57 |
| 3.2.1.1.1.Estimations des besoins en eau : | 57 |
| Calcul du débit :..... | 57 |
| 3.2.1.1.2.Calcul Hauteur manométrique totale : | 57 |
| 3.2.1.1.3.Calcul de la consommation énergétique/j:..... | 57 |
| 3.2.1.1.4.Détermination de la Puissance crête : | 57 |
| 3.2.1.1.5.Déterminer la puissance de la pompe : | 57 |
| 3.2.1.1.6.Choisissez l'onduleur approprié pour la pompe : | 57 |
| 3.2.1.1.7.Déterminer le nombre de panneaux nécessaires à l'installation:..... | 58 |
| 3.2.1.1.8.Les tests de tension [V] et le courant [A] (Vérifiez la tension nominale) :..... | 58 |
| 3.2.1.1.9.Choix des câbles: | 58 |
| 3.2.1.2.Résultats et analyses..... | 58 |
| 3.3.Conclusion | 63 |
| <i>Chapitre IV : Dimensionnement avec simulation par logiciel PVsyst</i> | |
| 4.1.introduction..... | 64 |
| 4.2.Dimensionnement de la système | 64 |
| 4.4.Résultats et analyse :..... | 73 |
| 4.5.Conclusion du chapitre..... | 79 |

SOMMAIRE

Bibliographie 81

LISTE DE FIGURE

| | |
|---|----|
| FIGURE 1: MESURE DE L'IRRADIATION PAR UN PYRANOMETRE | 4 |
| FIGURE 2: INSTALLATION PANNEUX SOLAIRE . (7) | 6 |
| FIGURE 3: COMPOSANTS D'UN GENERATEUR PHOTOELECTRIQUE..... | 8 |
| FIGURE 4:LES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DE CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES..... | 9 |
| FIGURE 5: CELLULES MONOCRISTALLINE | 10 |
| FIGURE 6:CELLULES POLYCRISTALLINE..... | 11 |
| FIGURE 7: SCHEMATISE LE FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE SOLAIRE,, PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE SOLAIRE EN SILICIUM AMORPHE | 12 |
| FIGURE 8: -CELLULE EN TELLURE DE CADMIUM (CDTE) | 12 |
| FIGURE 9:FIGURE -CELLULE AU TELLURURE DE CADMIUM (CdTe) | 13 |
| FIGURE 10: CELLULE ORGANIQUE (15)..... | 14 |
| FIGURE 11: LES QUATRE ETAPES DE LA CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE ORGANIQUE. (14)..... | 15 |
| FIGURE 12:INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LES CARACTERISTIQUES | 15 |
| FIGURE 13: CIRCUIT DE MISE EN SERIE | 18 |
| FIGURE 14: CARACTERISTIQUES DE NS CELLULES EN SERIE. | 18 |
| FIGURE 15: :CIRCUIT DE MISE EN PARALLELE DES (18) | 18 |
| FIGURE 16: CARACTERISTIQUES DE NP CELLULES EN PARALLELE (18) | 18 |
| FIGURE 17: INSTALLATION OU CENTRALE ELECTRIQUE PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDEE AU RESEAU24 | |
| FIGURE 18:CONFIGURATION GENERALE DUN SYSTEME DE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE..... | 28 |
| FIGURE 19:FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE A VOLUMITRIQUE..... | 31 |
| FIGURE 20:MACBHE A COURANT CONTINU A 4 POLES ET 20 CLLCOCBES | 32 |
| FIGURE 21:POMPE DE SURFACE LORENTZ PISCINE PS2-600 CS-17-1 (12M - 18M ³ /H) (7) | 33 |
| FIGURE 22 POMPE IMMERGÉE :140 PR8- ROUE FLOTTANTE- (6" 50 - 60 Hz)..... | 35 |
| FIGURE 23 : SCHEMA DESCRIPTIF DE L'ONDULEUR. | 36 |
| FIGURE 24: UNE PHOTO DE RESIDENTS LOCAUX IRRIGUANT L'EAU A L'AIDE D'OUTILS DE TRANSPORT ET DE STOCKAGE DE L'EAU. (26)..... | 38 |
| FIGURE 25: A GAUCHE : LA FONTAINE OU LES HABITANTS PUISENT DE L'EAU. | 38 |
| FIGURE 26: IRRIGATION PAR PLANCHES | 39 |
| FIGURE 27:IRRIGATION PAR BASSIN..... | 39 |
| FIGURE 28: IRRIGATION A LA RAIE | 39 |
| FIGURE 29: UN GRAPHIQUE MONTRANT LES HEURES D'ENSOLEILLEMENT MOYENNES DE LA JOURNEE, DU LEVER AU COUCHER DU SOLEIL, TOUT AU LONG DE L'ANNEE. (28)..... | 43 |

| | |
|---|-----------|
| <i>FIGURE 30: UNE COURBE GRAPHIQUE EXPRIMANT L'EVOLUTION DU RAYONNEMENT SOLAIRE EN FONCTION DU TEMPS DANS LA REGION DE BISKRA - UNIVERSITE MOHAMED KHEIDAR (29) ...</i> | <i>44</i> |
| <i>FIGURE 31: UNE COURBE GRAPHIQUE EXPRIMANT LES CHANGEMENTS DE TEMPERATURE EN FONCTION DU TEMPS - BISKRA - UNIVERSITE MOHAMED KHEIDAR (29).....</i> | <i>44</i> |
| <i>FIGURE 32: DESSIN SCHEMATIQUE DU RESERVOIR ET DE LA POMPE (5).....</i> | <i>46</i> |
| <i>FIGURE 33: EVOLUTION DE L'INTENSITE ENERGETIQUE SOLAIRE POUR UNE JOURNEE AVEC LEVER DU SOLEIL.....</i> | <i>59</i> |
| <i>FIGURE 34: EVOLUTION DU DEBIT SUR UNE JOURNEE AVEC LEVER DU SOLEIL AU FUR ET A MESURE DU TEMPS.</i> | <i>60</i> |
| <i>FIGURE 35: EVOLUTION DU DEBIT D'EAU PENDANT UNE JOURNEE A MESURE QUE LE RAYONNEMENT SOLAIRE CHANGE AU FIL DU TEMPS PAR JOUR.....</i> | <i>61</i> |
| <i>FIGURE 36: L'EVOLUTION DE LA TENSION ELECTRIQUE DU PANNEAU SOLAIRE EN FONCTION DU COURANT ELECTRIQUE PENDANT LA PERIODE DE REPOS</i> | <i>62</i> |
| <i>FIGURE 37: L'EVOLUTION DE LA TENSION ELECTRIQUE DE LA POMPE A EAU EN FONCTION DU COURANT ELECTRIQUE PENDANT LE FONCTIONNEMENT (POMPAGE).....</i> | <i>63</i> |

LISTE DE TABLEAU

| | |
|---|-----------|
| <i>TABLEAU 1: MONTRANT LA DIFFERENCE ENTRE LE COURANT ALTERNATIF ET LE COURANT CONTINU (23)</i> | <i>32</i> |
| <i>TABLEAU 2 : DIAGRAMME D'ESTIMATION DES BESOINS EN EAU. (19).....</i> | <i>45</i> |
| <i>TABLEAU 3 : PREMIER JOUR DE MESURES</i> | <i>52</i> |
| <i>TABLEAU 4 : TENSION A VIDE DE PANNEAUX SOLAIRE (PREMIERE EXPERIENCE)</i> | <i>53</i> |
| <i>TABLEAU 5 : DEUXIEME SERIE DE MESURES</i> | <i>54</i> |
| <i>TABLEAU 6 : TENSION A VIDE POUR PANNEAUX SOLAIRES (DEUXIEME EXPERIENCE)</i> | <i>55</i> |

Nomenclature

| Symboles | Désignation | Unité |
|--------------|------------------------------------|--|
| T | Température de la cellule | [K] |
| V_{oc} | Tension en circuit ouvert | [V] |
| I_{sc} | Courant de court-circuit | [A] |
| I | Courant | [A] |
| U | Tension (V) | [V] |
| I_{max} | Courant maximum (A) | [A] |
| V_{max} | Tension maximum (V) | [V] |
| λ | Longueur d'onde (μm). | [μm] |
| C | Vitesse de la lumière | [m/s] |
| ν | Fréquence (Hz) | [Hz] |
| h | Constante de planck | [$6,62 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{s}$] |
| Θ | Angle ($^{\circ}$) | [$^{\circ}$] |
| ρ | Résistivité du cuivre | [Ω] |
| Δu | Chute de tension limite | [V] |
| P | Puissance | [W] |
| P_c | Puissance crête | [Wc] |
| P_p | Puissance de pompes | [W] |
| Ej | Énergire journalier | [Wh/j] |
| Ir | Irradiation solaire | [W/m ²] |
| S | Section de câble | [mm ²] |
| Np | Nombre de panneaux | - |
| V | Volume d'eau journalier | [m ³ /j] |
| Q_h | Debit d'eau | [m ³ /h] |
| E_{soleil} | Nombre d'heures d'ensoleillement | [5h-7h] |
| HMT | Hauteur manométrique totale | [m] |

Il existe de nombreuses zones isolées en Algérie qui ont une faible densité de population dans des noyaux séparés, ce qui rend difficile leur alimentation en réseau électrique local. En raison de la distance entre le réseau principal et ces zones, nous constatons que cela nécessite un projet énorme. coût pour connecter ce dernier. Parallèlement, nous constatons que le phénomène de formation de villages informels en Algérie ne peut être maîtrisé à l'heure actuelle pour plusieurs raisons dont les plus importantes sont :

-Migration interne : pour rechercher la précarité de la vie et échapper aux obligations de la ville.

-Croissance naturelle de la population.

- Raison économique : La plupart des campagnes et des villages possèdent des terres agricoles qui nécessitent de la main d'œuvre et offrent donc des opportunités d'emploi.

Raison historique ou ethnique : L'antiquité et l'antiquité de certaines régions sont une raison directe de l'augmentation de leur population. Par exemple, les villages des villes de Damas et du Caire sont considérés comme l'un des centres d'attraction locale et étrangère depuis l'Antiquité.(2)

Nous constatons donc que le besoin de la population en électricité est essentiel dans ce cas, et ceci est comparé à l'incapacité de la fournir au réseau électrique local, comme mentionné précédemment.

L'utilisation de l'énergie photovoltaïque constitue donc une solution idéale pour s'affranchir de ce problème.

Dans notre recherche, nous nous concentrerons sur l'utilisation de l'énergie photovoltaïque dans le système de pompage d'eau (pompage photovoltaïque) pour résoudre un problème difficile lié au développement économique en répondant aux besoins agricoles et agricoles de la population sans utiliser l'électricité de la ville, et ainsi atteindre des objectifs agricoles. la suffisance alimentaire et la capacité de réaliser confortablement le développement agricole grâce à la fourniture... de l'eau nécessaire à cela.

Cela se produit grâce à la conversion directe de l'énergie solaire via l'effet photoélectrique.

Dans le premier chapitre, nous présenterons les concepts de base du phénomène de conversion photoélectrique, ainsi que quelques concepts sur les composantes du rayonnement solaire.

Nous aborderons ensuite les éléments qui composent le système de conversion photovoltaïque.

Dans le deuxième chapitre, nous mentionnerons les composants du système de pompage photoélectrique.

Dans le troisième chapitre, nous développerons les étapes nécessaires pour calculer les dimensions du système de pompage photoélectrique.

Dans le quatrième chapitre, nous réaliserons une simulation informatique du système de pompage photovoltaïque à l'aide d'un programme, observerons la différence entre les résultats et les comparerons avec les résultats obtenus expérimentalement.

Chapitre I :
Généralité sur
énergie
photovoltaïque

1.1.Introduction

L'alimentation électrique du système de pompage photoélectrique est considérée comme une alimentation renouvelable et ne s'épuise pas, et c'est ce qui a rendu notre système étudié dans ce travail très efficace et efficient.

La source de cet approvisionnement électrique est l'énergie solaire, qui est l'une des sources d'énergie renouvelables les plus importantes, car c'est une énergie énorme, facile à produire et l'une des meilleures énergies propres par rapport aux autres énergies.

Ce (premier) chapitre doit donc être consacré à le détailler et à expliquer le principe de base de son fonctionnement, ainsi que la manière dont l'énergie photovoltaïque en est générée.

1.2.Le ressource solaire

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

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

L'atmosphère terrestre reçoit ce rayonnement à une puissance moyenne de 1,37 kilowatt au mètre carré (kW/m^2), à plus ou moins 3%, selon que la Terre s'éloigne ou se rapproche du Soleil dans sa rotation autour de celui-ci. L'atmosphère en absorbe toutefois une partie, de sorte que la quantité d'énergie atteignant la surface terrestre dépasse rarement $1,2 \text{ kW}/\text{m}^2$ ($1200\text{W}/\text{m}^2$).

Cela est dû au changement de plusieurs facteurs naturels, tels que les nuages, le brouillard et la pluie, qui à leur tour affectent l'arrivée du rayonnement solaire directement à la surface de la Terre, et ainsi une partie est perdue par réflexion et se propage depuis son chemin d'origine. Nous prenons également en considération l'emplacement de la région, l'heure et le moment, comme la hauteur de la région au-dessus du niveau de la mer, sa situation géographique avec certaines longitudes et latitudes, la saison annuelle et l'heure de la journée, tout cela affecte le force du rayonnement solaire qui doit être exploitée. (3)

1.3.Irradiation Solaire

L'énergie dont nous disposons provient principalement du Soleil, cette énorme source d'énergie étant située à environ 150 millions de kilomètres de la Terre. Le Soleil émet un rayonnement électromagnétique similaire au rayonnement du corps noir (émission complète et absorption complète) à une température de 5 750 degrés Kelvin. Ce rayonnement est transmis à travers l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques et atteint la surface de la Terre huit minutes après le début de son émission. Afin de déterminer la quantité d'énergie atteignant la surface de la Terre, il faut connaître les différentes composantes de l'irradiation solaire.

En effet, quatre composantes de l'irradiation ont été répertoriées dans la littérature.

- ❖ *L'irradiation globale* : c'est la somme de toutes les irradiations reçus à la surface terrestre.

- ❖ *L'irradiation directe* : c'est l'irradiation reçue directement du Soleil au sol.

- ❖ *L'irradiation réfléchie (l'albédo) du sol* : c'est l'irradiation qui est réfléchie par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige, etc...).

- ❖ *L'irradiation diffuse* : c'est due à l'absorption et à la diffusion d'une partie de l'irradiation solaire globale par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages et les aérosols.

Dans la figure I.1 ci-dessous, il est schématisé l'ensemble des irradiations solaires reçu sur une surface terrestre.

L'intensité du rayonnement solaire reçu en tout point à un instant donné est appelée la lettre G et est exprimée en watts par mètre carré (W/m^2) .

La valeur d'éclairement reçue sur la surface du module PV varie en fonction de son emplacement. Lorsque le plan du module photovoltaïque est perpendiculaire aux rayons du soleil, l'éclairage solaire atteint sa plus haute intensité possible. (4)

1.4.Mesure de l'irradiation solaire

Pour déterminer le fonctionnement d'un système photovoltaïque dans une zone géographique particulière, le rayonnement solaire sur le site doit être mesuré et décrit avec précision. Les pyranomètres sont couramment utilisés pour mesurer le rayonnement solaire. Le pyranomètre - comme le montre la figure (1) - est l'un des outils de base pour mesurer le rayonnement

solaire. Ce dispositif est basé sur la différence de températures de pièces enduites de blanc ou de noir. Puisque la lumière solaire est transmise à travers les secteurs colorés, l'air entourant le pyranomètre peut interagir avec elle, permettant ainsi de mesurer clairement le rayonnement solaire.

Le pyranomètre est utilisé comme appareil pour mesurer l'intensité du rayonnement solaire au niveau des modules PV ainsi qu'à la surface horizontale. Cet appareil est généralement installé à proximité de modules photovoltaïques.

Un dôme en verre est soigneusement utilisé pour protéger les éléments de détection des conditions météorologiques extérieures, ce qui signifie que les résultats de mesure ne sont pas affectés de manière significative par la température extérieure. Lorsque l'appareil est exposé au rayonnement solaire, une différence de température se produit entre les pistes recouvertes de noir et de blanc à l'intérieur de l'appareil, qui est ensuite détectée par la colonne thermique à l'intérieur de l'appareil, qui contient un groupe de thermocouples. La colonne thermique réagit à cette différence de température et génère de petits signaux électriques. Enfin, le signal millivolt est converti en flux de puissance radiante équivalent en watts par mètre carré par un facteur d'étalonnage. (5)



Figure 1: Mesure de l'irradiation par un pyranomètre

1.5.Énergie solaire

Le soleil est constitué d'une grosse boule de gaz très chauds et sa composition massique est d'environ 75 % d'hydrogène et 23 % d'hélium, en plus d'un petit pourcentage d'autres éléments. Dans le Soleil, l'hydrogène se combine pour former de l'hélium, et ce processus génère suffisamment d'énergie, accompagné d'éclairs de rayonnement (lumière et chaleur) qui se précipitent dans l'espace. La masse du Soleil est d'environ un million et demi de masse terrestre, avec un rayon de 696 000 km. La température de la surface externe du Soleil (ou photosphère) est d'environ 6 000 Kelvin, ce qui équivaut au rayonnement émis par un corps noir. Pour comprendre le comportement du Soleil et sa réponse au milieu spatial, les chercheurs doivent étudier les propriétés connues du corps noir.

Le « corps noir » est un absorbeur et un émetteur de rayonnement électromagnétique à 100 % efficacité à toutes les longueurs d'onde. Lorsque la température est connue, l'intensité du rayonnement d'un le corps noir peut être calculé en utilisant la loi de Stefan-Boltzmann

$$G \equiv \sigma \cdot T^4 \quad (I-1)$$

Équation 0-1 : la loi de Stefan-Boltzmann

où : G : Intensité d'irradiation [W/m²]

σ : Constante de Stefan-Boltzmann [5,67 10⁻⁸W/m²/k⁴]

T : Température absolue du corps [k]

L'intensité du rayonnement solaire est mesurée en watts ou kilowatts par mètre carré [W/m², kW/m²]. Mais l'énergie de rayonnement, c'est-à-dire la puissance intégrée sur une certaine période de temps,

le temps, est indiqué en wattheures (également kilowattheures, Joules) par mètre carré. (5)

1.6. Historique de énergie photovoltaïque

L'effet photoélectrique, qui convertit la lumière en électricité, a été découvert par Edmond Becquerel, physicien français, en 1839. Il a cependant fallu près d'un siècle aux scientifiques pour exploiter ce phénomène physique et y apporter les améliorations nécessaires. Les premières cellules solaires ont connu du succès dans le secteur spatial dans les années 1940, et les recherches d'après-guerre ont contribué à améliorer les performances des cellules et à réduire leur taille. Cependant, ce n'est qu'après la crise énergétique des années 1970 que les gouvernements et les industries ont investi dans la technologie photovoltaïque et ses applications terrestres. Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque sont :

- En 1875, Werner von Siemens soumit un article sur l'effet photoélectrique dans les semi-conducteurs à l'Académie des Sciences de Berlin.
- En 1954, trois chercheurs américains ont développé une cellule photovoltaïque très efficace pour alimenter les satellites spatiaux émergents.
- En 1958, les premiers satellites furent envoyés dans l'espace et étaient alimentés par des cellules solaires.
- En 1973, la première maison photovoltaïque est construite à l'Université du Delaware.

En 1983, la première voiture à énergie solaire a été exploitée en Australie et a parcouru 4 000 kilomètres. (6)

1.7.Effet photovoltaïque

L'effet photoélectrique permet de convertir directement la lumière du soleil en énergie électrique. La production d'électricité à partir des cellules photovoltaïques dépend de plusieurs facteurs tels que la densité optique, la durée d'exposition au soleil et l'orientation des panneaux solaires par rapport au soleil. Pendant les heures de pointe, le soleil fournit environ 1 kilowatt par mètre carré d'irradiance directe enregistrée par le capteur positionné perpendiculairement à la surface terrestre au niveau de la mer. (7)

1.8.Les Générateurs photovoltaïque (panneaux solaire)

Le générateur photovoltaïque est constitué de plusieurs unités assemblées en série et en parallèle, en fonction :

- Selon l'énergie nécessaire à produire.
- Nous prenons également en compte la capacité de charge du transformateur.
- La nature et la force de travail de la pompe.

Chaque unité est constituée de cellules solaires généralement connectées aussi en en série et en parallèle. (4)



Figure 2: Installation panneaux solaire . (7)

1.9. Système photovoltaïque

Une cellule solaire photovoltaïque est un appareil qui convertit la lumière en énergie électrique. Les matériaux de base utilisés pour fabriquer ces cellules sont des semi-conducteurs qui ont une bande interdite de faible énergie, suffisante pour s'adapter à l'ensemble du spectre solaire, qui se situe souvent entre 1 et 5 volts. Parmi tous les semi-conducteurs présentant cet écart (par exemple le germanium, le silicium, l'arséniure de gallium, le phosphore de zinc, etc.), le silicium est le choix le plus prometteur ; Parce qu'il est non toxique et abondant dans la croûte terrestre. De plus, ces matériaux sont largement utilisés dans les technologies électroniques et sont relativement bien utilisés depuis longtemps. (8)

La cellule individuelle est considérée comme le noyau de base dans la formation d'un système d'énergie solaire, mais sa production d'énergie électrique est très faible, ce qui est considéré comme très normal en raison de sa structure de composition. Cette énergie se situe entre 1 et 3 watts à une tension. (moins d'un volt). Pour obtenir un plus grand débit, les cellules sont assemblées en une seule unité ou plaque. La méthode de connexion en série fournit aux cellules une tension de courant accrue, tandis que la méthode de connexion en parallèle augmente le courant et maintient la même tension. La plupart des modules solaires disponibles dans le commerce sont constitués de 36 cellules de silicium cristallin, connectées en série pour une application de 12 volts, et le courant de sortie et donc la puissance électrique sont proportionnels à la surface du panneau. Les modules sont connectés les uns aux autres en série ou en parallèle pour former davantage d'énergie photovoltaïque, qui est obtenue grâce à un groupe de modules compatibles les uns avec les autres dans le générateur photovoltaïque, conformément aux exigences des récepteurs mentionnées ci-dessus. (9)

1.10. Les cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque (PV) est un dispositif semi-conducteur généralement constitué de silicium et constitué de deux couches. La première couche est dopée au P et la seconde est dopée au N, créant une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons de la lumière sont absorbés par le semi-conducteur, leur énergie est transférée aux atomes de la jonction PN, libérant des électrons et produisant des charges N et des trous P. Ainsi, une différence de potentiel est créée entre les deux couches, et cette différence peut être mesurée. entre les connexions des extrémités positives et négatives de la cellule.

Les cellules solaires sont conditionnées dans la même structure pour former un module pour plusieurs raisons :

Premièrement : l'encapsulation contribue à protéger les cellules des agressions extérieures, telles que les chocs, l'humidité, la corrosion et la poussière.

Deuxièmement : le contrôle de la température des cellules permet d'obtenir une bonne dissipation de l'énergie thermique qui n'est pas convertie en énergie électrique et évite que la température des cellules ne dépasse ses limites optimales, entraînant une perte d'efficacité. Ainsi, il est possible de tirer le meilleur parti de l'énergie de rayonnement reçue et d'atteindre les plus hauts niveaux d'efficacité dans la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

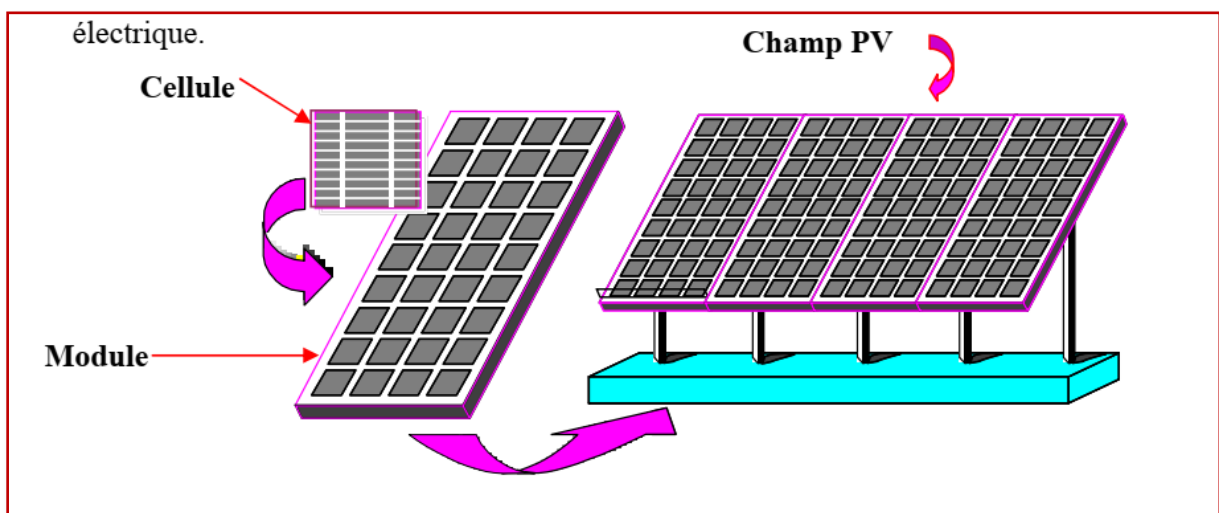


Figure 3: Composants d'un générateur photoélectrique

1.11. Le principe de fonctionnement

Le silicium est l'un des matériaux semi-conducteurs les plus utilisés dans l'industrie des cellules solaires. Il a une valence de quatre et suit une structure cristalline de diamant. Lorsque le silicium est fermenté (façonné) ou activé par un certain processus, il devient une source d'énergie électrique lorsqu'il est exposé à la lumière du soleil. Le processus de conversion d'énergie dépend dans ce cas de la nature quantique de la lumière qui interagit avec le silicium de la cellule solaire, ce qui contribue à la production de courant électrique. (5)

De nombreux scientifiques dans le passé, tels que Newton, Descartes, Huygens, Young et Maxwell, ont développé différents modèles décrivant largement les propriétés de la lumière (Saleh et Tesch 2007). Pour les besoins de cet ouvrage, nous mettons en évidence deux modèles actuellement couramment utilisés en optique générale, à savoir le modèle photonique

(particule) et le modèle ondulatoire de la lumière (Smith, King et Wilkins 2007). Dans le modèle photonique, la propagation de la lumière est représentée par le flux de particules (quanta d'énergie) appelées photons. (10)

L'énergie d'un photon est déterminée par l'équation suivante :

$$E_{ph} = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c_{moyenne}}{\lambda_{moyenne}} \quad (1.2)$$

Où :

E_{ph} :Énergie photovoltaïque

h : constante de Planck

ν : fréquence de lumière

c : vitesse de la lumière

λ : longueur d'onde de la lumière.

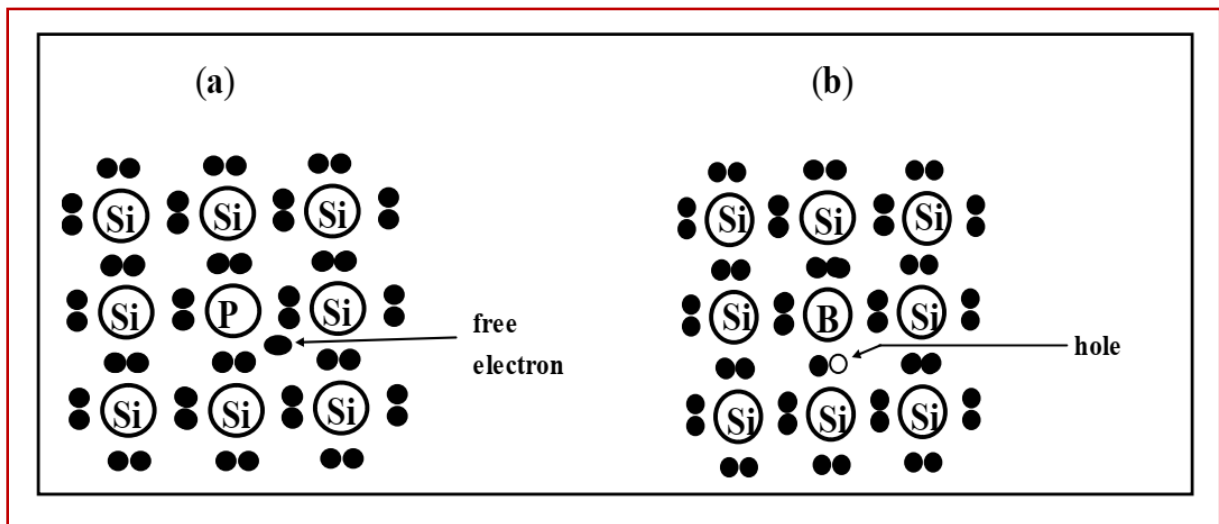


Figure 4:Les différentes technologies de cellules photovoltaïques

(a) Avec atome pentavalent

(b) Avec un atome trivalent

1.12.Types de technologie pour fabriquer des cellules solaires

1.12.1.Cellule en silicium monocristallin

Les prototypes de cellules solaires développés en laboratoire utilisaient du silicium monocristallin, c'est-à-dire du cristal de silicium pur. Dans ces modèles de laboratoire, une

simple jonction p-n de silicium monocristallin suffit pour atteindre un rendement supérieur à 20 %.

Ce type est considéré comme le plus répandu et a le rendement le plus élevé. Son rendement énergétique se situe entre 12% à 18% (24.7 % en laboratoire).

Il se caractérise également par la stabilité de la production d'énergie. Il est souvent utilisé sur les toitures et les façades.

Ce type de cellule solaire est critiqué pour son coût de production élevé.



Figure 5: Cellules monocristalline

1.12.2. Cellule en silicium polycristallin

Les cellules solaires en silicium polycristallin sont largement utilisées dans les applications de pompage photovoltaïque grâce à leurs avantages économiques et leur grande stabilité. Bien que ces cellules aient un rendement énergétique inférieur à celui des cellules solaires en silicium monocristallin Il s'étend de 11% à 15% (19.8% en laboratoire)

Elles sont très populaires dans les applications nécessitant de très faibles besoins en énergie, telles que les calculatrices et les montres.

Les avantages les plus importants des cellules solaires polycristallines sont :

- **Économique** : Ces cellules sont plus économiques car elles nécessitent moins de matériaux pendant le processus de fabrication. Leur structure atomique est beaucoup

moins ordonnée que celle des cellules monocristallines, ce qui rend le processus de fabrication plus simple et moins cher.

- **Stabilité et durabilité** : Ces cellules sont considérées comme très fiables en termes de stabilité et de durabilité, car elles se caractérisent par une production stable et une longue durée de vie.
- **Efficacité adaptée à des applications spécifiques** : Bien que leur efficacité soit inférieure à celle des cellules monocristallines, leur efficacité reste adaptée à de nombreuses applications, notamment celles qui ne nécessitent pas de puissance élevée.

Grâce à ces propriétés, les cellules solaires polycristallines constituent un choix idéal pour les applications nécessitant une faible puissance à moindre coût et une plus grande stabilité. (11)

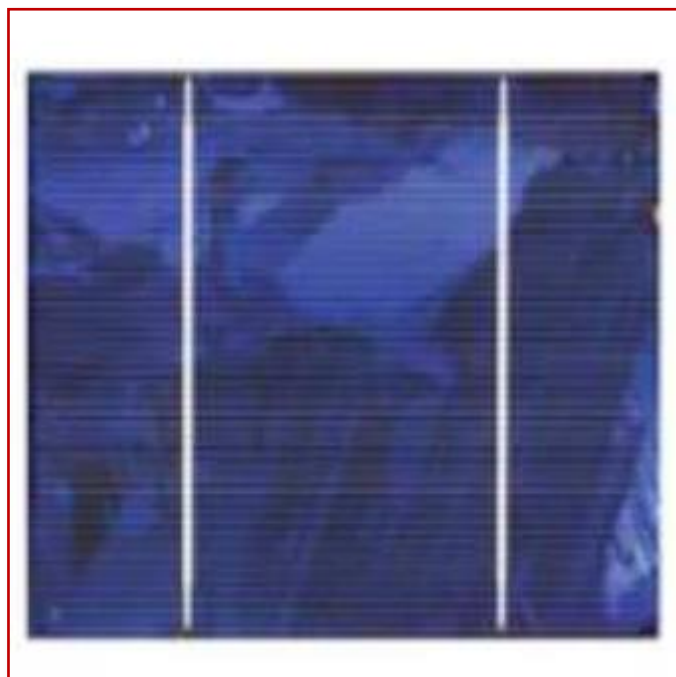


Figure 6: Cellules polycristalline

1.12.3. Cellule en Amorphe microcristallin

D'autres types de silicium ont été explorés, comme le silicium amorphe qui présente un gap énergétique de 1,75 eV et peut être produit par dépôt en couches minces (5% à 8% à 13% en laboratoire).

De plus, le silicium microcristallin peut être fabriqué en utilisant la même technique de dépôt en couche mince. Ce type de silicium présente un écart énergétique d'environ 1,1 eV, inférieur à celui du silicium amorphe, ce qui lui permet d'absorber une plus grande partie du spectre solaire. Cependant, les temps de dépôt du silicium microcristallin sont plus longs que ceux du silicium amorphe, ce qui entraîne une augmentation des coûts de production. (8)

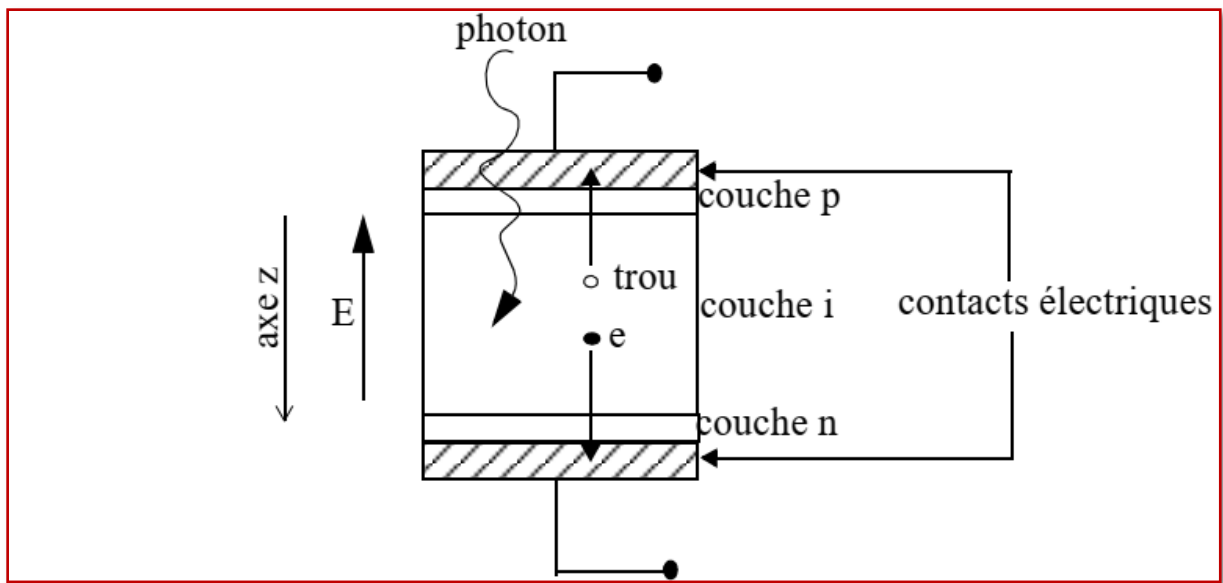


Figure 7: schématise le fonctionnement d'une cellule solaire,, Principe de fonctionnement d'une cellule solaire en silicium amorphe



Figure 8: -cellule en Tellure de Cadmium (Cdte)

Les cellules CdTe sont produites à l'aide de différentes méthodes, notamment la méthode VTD (dépôt par transfert de vapeur) de First Solar. Cette méthode permet de déposer de fines

couches de matériaux sur des substrats en mouvement. Concrètement, le tellure et le cadmium sont chauffés séparément dans différentes chambres, puis le gaz inerte transporte les vapeurs générées, qui sont évacuées par des événements situés à environ 1 cm des supports. Ensuite, le matériau est déposé sur le substrat qui est maintenu à une température inférieure à la température d'évaporation. Un panneau solaire complet peut être produit en deux heures et demie, avec des pertes de matières premières estimées à seulement 2 %.

Cette technologie pose deux problèmes principaux.

- Le tellure est un élément rare (entre une et cinq parties par milliard dans la croûte terrestre). Il peut s'épuiser ou ne plus être disponible en quantité suffisante pour assurer la pérennité des secteurs qui l'utilisent.
- Le deuxième problème peut être que le cadmium peut être toxique pour les organismes vivants et provoquer des maladies osseuses. En général, ne pas y être directement exposé ne présente pas de danger, d'autant plus que le panneau solaire est constitué de plusieurs couches de protection dont la dernière est la suivante. le panneau de verre, qui empêche tout contact direct avec ce métal. Cependant, les travailleurs qui fabriquent des panneaux solaires peuvent être touchés et sont les plus à risque.

- Ce type de cellule solaire se caractérise par sa grande capacité à absorber les photons lumineux jusqu'à 90 %, ce qui contribue à augmenter son rendement 12,5% (Les panneaux commercialisés ont quant à eux des performances moindres).et (18,7% en laboratoire: NREL, laboratoire indépendant), Vitesse de production. (12)



Figure 9:Figure -Cellule au tellure de cadmium (CdTe) (13)

1.12.4. Cellule en Arséniure de Gallium (GaAs)

Grâce à des taux de conversion plus élevés que leurs prédécesseurs, les cellules à l'arséniure de gallium absorbent rapidement la lumière et restent résistantes aux températures extrêmes grâce à leur composition physique (GaAs). Leur efficacité énergétique atteint 18% jusqu'à 20% (27.5% en laboratoire)

Bien que leur structure atomique soit similaire à celle du silicium (Si), leurs techniques de fabrication sont sensiblement différentes et plus coûteuses. Cependant, ils possèdent des propriétés spécifiques qui les rendent adaptés à une utilisation avec des réflecteurs (condensateurs) qui augmentent le taux d'incidence de la lumière

1.12.5 Cellule en organiques

Pour atteindre des valeurs de panneaux solaires à haute efficacité.

L'absorption des photons dans ce type de plaque par les matières organiques conduit à la formation d'excitons :

Les paires électron-trou sont reliées par des forces Par Coulomb. Contrairement au silicium (où...L'énergie de liaison de l'exciton $E_L = 14,7 \text{ MeV}$),

Dans les matières organiques, les excitons ne se séparent pas Pas à température ambiante, car la valeur E_L C'est beaucoup plus élevé, pour quelques-uns

Dixièmes d'électrons-volts Par conséquent, le rendement énergétique du panneau organique sera important par rapport aux panneaux solaires susmentionnés. Bien que cette technologie soit encore à l'étude et suscite un grand intérêt de la part de nombreux chercheurs et développeurs, elle n'est pas encore entrée sur le marché en raison de sa précision technique. nécessite la fabrication de panneaux solaires. (13)



Figure 10: Cellule organique (15)

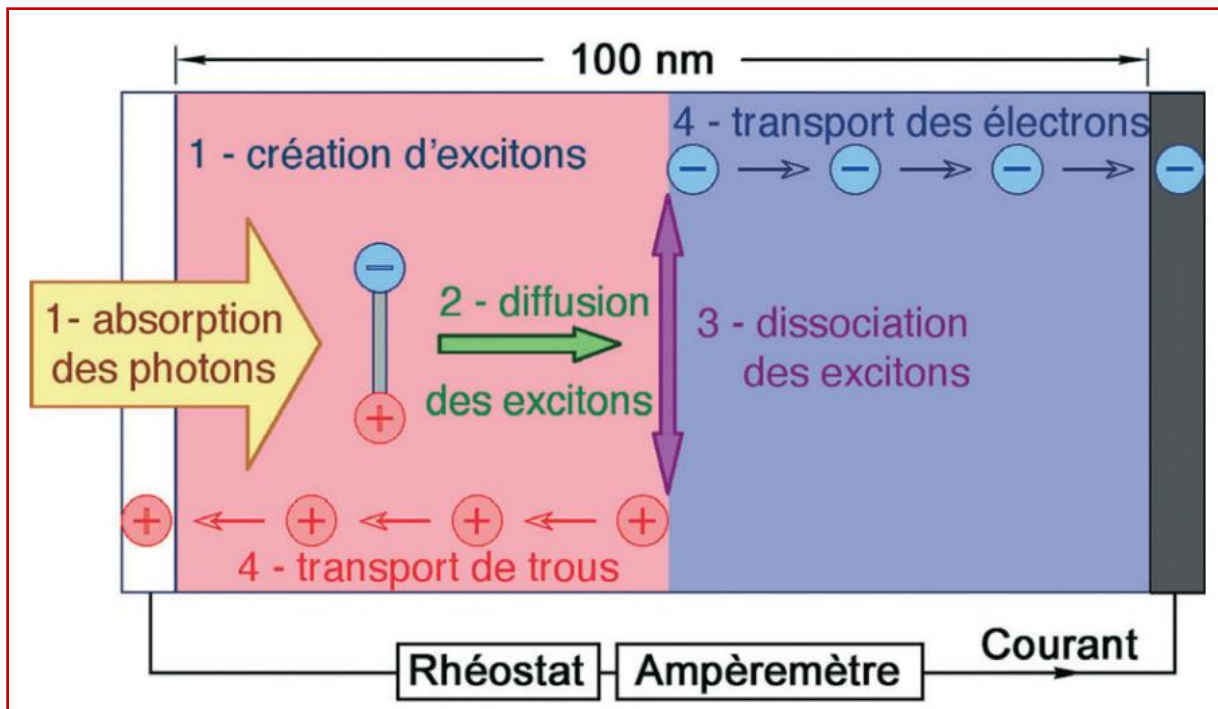


Figure 11: Les quatre étapes de la conversion photovoltaïque organique. (14)

1.13. Influence de la température sur cellules photovoltaïques

L'éclairage constant ($G = 1000 \text{ W/m}^2$) est assuré par une source spécifique. On constate que la valeur du courant de court-circuit (ICC) reste constante. D'un autre côté, la tension en circuit ouvert (VCO) chute fortement lorsque la température augmente, ce qui entraîne une réduction de la puissance extractible. (14)

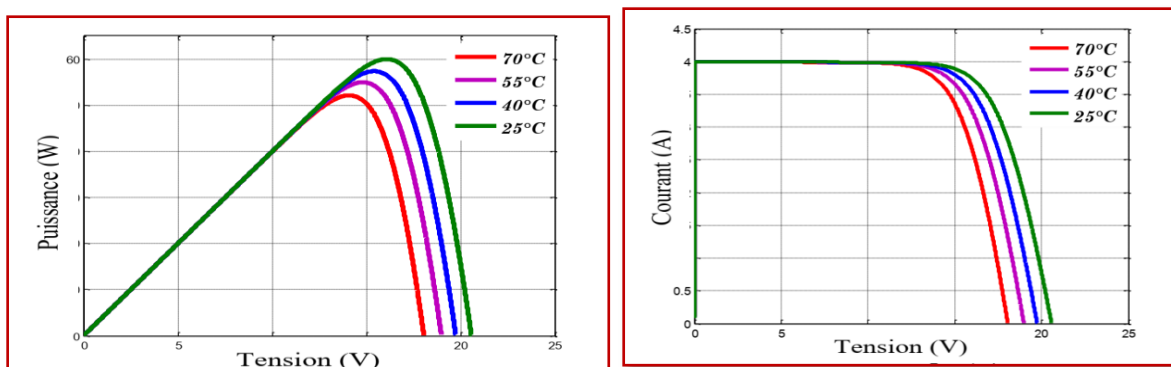


Figure 12: Influence de la température sur les caractéristiques

Interprétation de résultats :

Il ne fait aucun doute que les panneaux solaires sont affectés par les changements de température ambiante. Cet effet est évident dans le rapport d'efficacité donné, en particulier dans la grande différence de température. Cela a été observé dans l'exemple suivant en

changeant la température de 25 degrés Celsius à 70 degrés Celsius, une diminution de la puissance fournie par le panneau solaire à mesure que la température augmente. La meilleure puissance est celle qui est à température modérée.

Conclusion 1:

On observe que le courant de court-circuit du module PV dépend exclusivement linéairement du rayonnement solaire.

La tension en circuit ouvert VOC augmente de manière logarithmique avec le rayonnement solaire.

Par conséquent, nous concluons qu'augmenter la température de la cellule réduirait la tension en circuit ouvert, car l'effet dominant de la température peut être pris en compte,

Conclusion 2:

On constate que la température a peu d'effet sur la valeur du courant de court-circuit. D'autre part, la tension en circuit ouvert chute fortement lorsque la température augmente, de sorte que la puissance extractible diminue. Ainsi, lors de la détermination de la nouvelle taille de l'installation de pompage photovoltaïque, il est nécessaire de prendre en compte la température du milieu.

1.14.L'effet de l'épaisseur de la couche externe du panneau solaire sur cellules photovoltaïques

La technologie de piégeage de la lumière est devenue une méthode standard pour augmenter l'absorption de la lumière incidente dans les couches actives des cellules solaires à base de silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H). Le rendement élevé des cellules solaires a-Si:H dépend principalement de l'utilisation de substrats étanches et de rétroreflecteurs à haute réflectivité. L'idée d'améliorer l'absorption de la lumière à l'aide d'un substrat texturé, qui présente des interfaces rugueuses dans la cellule solaire, est de tirer parti de la diffusion de la lumière sur cette interface rugueuse. Une partie de la lumière atteignant l'interface rugueuse est diffusée dans différentes directions au lieu de se propager dans la direction spéculaire, ce qui augmente la longueur moyenne du trajet lumineux dans la couche et améliore ainsi l'absorption de la lumière. (15)

1.15.Modèle lien d`une cellule solaire

Pour lier les cellules entre elles, les protéger de l`environnement et faciliter l`assemblage sur site, les cellules sont encapsulées. Les emballages à façade de verre sont considérés comme les plus sûrs. Les solutions choisies pour la face arrière sont le verre avec une préférence pour le verre, même si le double vitrage alourdit les meubles. La couronne de cellules est noyée dans un matériau organique transparent et relativement stable. Le châssis autoportant est généralement réalisé en aluminium anodisé et des trous de montage sont prévus en usine, permettant un montage rapide. Pour produire la puissance requise, plusieurs unités doivent être combinées en série et en parallèle. Et c'est ainsi que c'est fait Former ce que nous appelons un champ photovoltaïque. (11)

La tension de sortie d'une cellule photovoltaïque étant très faible, adapter les tensions aux charges à piloter nécessite d'intégrer plusieurs cellules en série ou en parallèle. De plus, le générateur PV est configuré en connectant les modules en série et/ou en parallèle pour obtenir une plus grande puissance. (4)

Il faut prévoir un assemblage pour les cellules solaires afin que le courant résultant de cet assemblage soit le plus important possible pour obtenir la plus grande énergie possible.

Généralement, nous avons deux manières de connecter les panneaux solaires :

- ✓ Liaison série
- ✓ Liaison sur parallèle

La plupart des installations sont réalisées en série, nous recourons ensuite à une connexion parallèle ou mixte si cela est nécessaire après avoir effectué les calculs nécessaires.

1.15.1.Association en série

En ajoutant des cellules identiques en série, le courant de dérivation reste constant tandis que la tension augmente proportionnellement au nombre de cellules connectées en série. (figure).

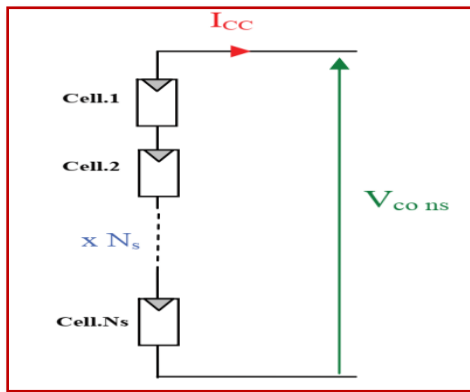


Figure 13: Circuit de mise en série

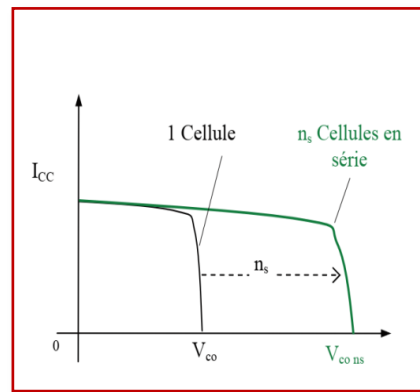


Figure 14: Caractéristiques de ns cellules en série.

1.15.2. Association en parallèle

En ajoutant des cellules identiques en parallèle, la tension de branche reste égale à la tension de chaque cellule, tandis que le courant augmente proportionnellement au nombre de cellules connectées en parallèle dans la branche. (figure 16).

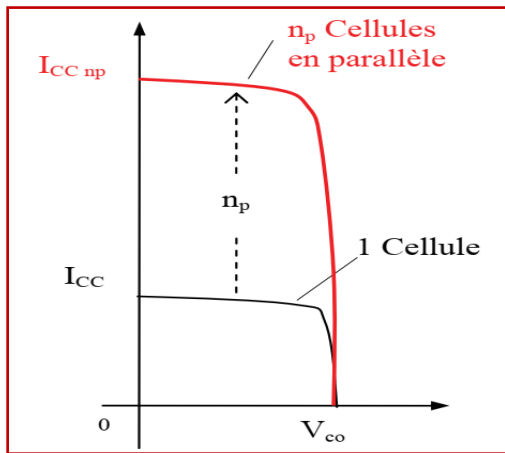


Figure 15: :Circuit de mise en parallèle des (18)

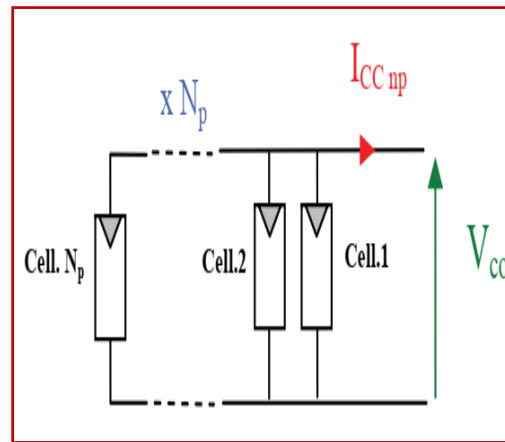


Figure 16: Caractéristiques de np cellules en parallèle (18)

Avec : $I_{sc_{np}} = n_p * I_{sc}$ et $V_{oc_{np}} = V_{oc}$

1.16.Procédures lors de l'installation d'un panneau solaire

Différents types de structures porteuses sont utilisés pour les panneaux solaires, chacun ayant ses propres avantages et inconvénients :

1.Aluminium:

-Caractéristiques: Facile à travailler, léger, solide et bien résistant à la corrosion.

-Inconvénients: Il ne se soude pas facilement et son prix est élevé dans certains pays en développement.

2.Acier inoxydable:

-Caractéristiques: Bonne résistance à la rouille.

-Inconvénients: Cher et difficile à travailler.

3.Bois:

-Caractéristiques: Facile à obtenir dans de nombreux domaines et facile à utiliser.

-Inconvénients: Doit être traité pour résister à l'humidité afin de maintenir sa durabilité et sa longévité.

Le choix du matériau approprié dépend de l'équilibre entre le coût, la facilité de travail, la durabilité et l'environnement.

La structure de support des panneaux solaires doit respecter plusieurs normes pour garantir efficacité et sécurité. Ces normes comprennent :

➤ Portance et résistance au vent:

-La structure doit être capable de supporter le poids des panneaux solaires et de résister à des vents allant jusqu'à 200 km/h.

➤ Stabilité:

- La base doit être stable pour assurer la stabilité des panneaux.

➤ Ventilation:

- La circulation de l'air sous les panneaux est indispensable pour éviter les surchauffes, qui entraînent une diminution des performances du système PV.

➤ Sécurité électrique:

- Si des matériaux conducteurs sont utilisés, une connexion à la terre doit être installée pour garantir la sécurité.

➤ Résistant au vandalisme et à l'utilisation non autorisée:

-La structure doit pouvoir résister à tout acte de vandalisme ou utilisation non autorisée. Il est nécessaire de disposer d'une clôture entourant le site pour le protéger, notamment dans les sites isolés qui peuvent faire l'objet de pillages ou de vols.

➤ Conception économique:

- La conception du socle doit respecter tous ces critères et être à la fois économique.

La conception doit garantir l'efficacité, la durabilité et la durabilité tout en tenant compte des coûts économiques. (11)

1.17. Différentes méthodes d'installation de système photovoltaïque

1.17.1 pompage fil soleil (autonome sans batterie) :

Nous utilisons généralement cette installation dans des zones qui ne sont pas connectées au réseau électrique local. Le système photovoltaïque peut donc fournir directement de l'énergie électrique pour faire fonctionner les appareils d'éclairage et autres appareils locaux.

Nous utilisons donc le système de contrôle et les batteries de stockage pour conserver l'énergie électrique et l'utiliser en l'absence d'énergie solaire. L'énergie électrique est stockée sous forme chimique à l'intérieur de la batterie, puis nous exploitons cette énergie plus tard sous forme d'alimentation électrique en fonction de nos besoins de manière continue à l'intérieur de la batterie. Nous utilisons en cela un régulateur de charge dont le but est de protéger la batterie contre la surcharge et la décharge profonde, ce qui est nécessaire pour prolonger la durée de vie de la batterie. Dans des endroits isolés, des appareils AC peuvent également être utilisés, auquel cas le système comprendra un onduleur (convertisseur). Des exemples de systèmes autonomes comprennent les phares marins, les lampadaires urbains, le pompage d'eau solaire et les maisons situées dans des endroits éloignés. (14)

On reproche à ce type d'installation d'utiliser son caractère intermittent, qui concerne l'alimentation électrique, nécessite un stockage permanent pour bénéficier de cette énergie

dans la batterie électrochimique (plomb et lithium) ou dans le supercondensateur. Ces unités de stockage sont considérées comme des éléments essentiels dans les systèmes en site isolé.

souvent par une durée de vie courte et des conditions particulières de conservation d'une certaine température et humidité, et donc la difficulté de l'adapter à certaines régions ou régions. un climat spécifique.

Son coût est également élevé si son cycle de vie prend fin ou s'il est endommagé.

1.18.2pompage avec batteries (électrique)

La méthode de pompage de l'eau utilisant l'énergie stockée dans des batteries peut être un grand avantage en garantissant une alimentation électrique stable à l'équipement, en fournissant un débit et une capacité de pompage réguliers même en l'absence de soleil. L'énergie peut être stockée pour être utilisée pour d'autres besoins futurs. Cependant, cette technique présente quelques inconvénients majeurs :

- Coût et composants supplémentaires :

Cette technologie nécessite plusieurs composants supplémentaires, ce qui augmente le coût global du système et affecte négativement sa fiabilité.

- Fragilité des batteries:

Les batteries sont souvent le premier élément à remplacer, ce qui rend le système moins fiable.

- Maintenance continue:

Les batteries nécessitent un entretien constant et une surveillance minutieuse des processus de charge et de décharge pour garantir leur fonctionnement efficace.

- Obsolescence rapide des consoles:

Les contrôleurs qui régulent la charge et la décharge des batteries peuvent devenir rapidement obsolètes, entraînant un manque de fiabilité potentiel.

- Perte de rendement:

Les batteries entraînent une perte d'environ 20 à 30 % de la production d'énergie, ce qui réduit l'efficacité du système.

En résumé, même si les batteries offrent un avantage important en termes de stabilité de l'alimentation électrique, les défis liés au coût, à la maintenance et à la durée de vie en font une option qui nécessite un examen attentif avant leur mise en œuvre. (16)

Il est donc préférable de ne pas utiliser ce type d'installation, d'autant plus qu'elle peut être supprimée dans notre système de pompage photovoltaïque et remplacée par un double réservoir d'eau (stockage d'eau) et exploitée lorsque cela est nécessaire.

1.18.3.hybride

These are systems that combine energy sources of different nature, such as:

Installing wind energy, a diesel generator, or a cogeneration plant. Therefore, when we want to compensate for the energy shortage or deficit occurring from a single energy source in order to integrate the system to provide permanent energy production.

Generally, wind energy is combined with solar energy. However, this installation requires a very high cost and budget, which is usually an obstacle and a defect in using this type of system.

1.14.4.raccordé au réseaux

Compte tenu de la demande croissante d'énergie électrique, en particulier des noyaux dispersés situés dans diverses zones éloignées et difficiles à approvisionner en électricité à leurs résidents, la connexion de notre système au réseau local peut constituer une solution appropriée pour cela.

Contribue à soutenir l'économie nationale

Profiter de l'énergie électrique redondante dans un système de pompage photovoltaïque

Vendre de l'énergie électrique à des prix plus efficaces que ceux du marché

Se débarrasser de certains problèmes techniques, tels que les surcharges et les coupures de courant soudaines, notamment pendant les périodes de pointe maximal d'utilisation.

De nombreuses normes imposent plusieurs règles pour garantir une haute qualité de l'énergie injectée dans le réseau. Par exemple, ces normes stipulent que les systèmes photovoltaïques doivent être compatibles avec la tension, la forme d'onde et la fréquence du réseau. Lorsque les alimentations ou les charges sont des équipements à semi-conducteurs, des courants harmoniques circulent dans le système. Ces harmoniques peuvent causer de graves dommages aux contrôleurs. Il est nécessaire de surestimer les capacités des générateurs, transformateurs, câbles, moteurs et disjoncteurs lorsque les harmoniques élevées

sont importantes. De plus, des systèmes de contrôle de la tension du générateur sont nécessaires pour éviter les opérations irrégulières. (5)

Les problèmes et les risques liés aux systèmes photovoltaïques connectés au réseau comprennent de nombreux aspects techniques et financiers qui doivent être pris en compte pour garantir le bon fonctionnement et la sécurité. Voici quelques problèmes auxquels il faut s'attendre lors de la connexion d'un système photovoltaïque au réseau :

❖ Déconnexion du système photovoltaïque en cas de panne du réseau:

L'installation photovoltaïque doit être conçue pour s'arrêter automatiquement en cas de coupure de courant afin d'éviter d'alimenter un réseau instable ou défectueux, ce qui pourrait exposer les techniciens à un danger lors des travaux de maintenance.

❖ Effets de plusieurs systèmes sur une partie du réseau, notamment déséquilibre monophasé:

Il est nécessaire d'assurer une répartition équilibrée des charges électriques sur toutes les phases pour éviter les oscillations et les effets négatifs sur les équipements électriques et le réseau dans son ensemble.

❖ Mise à la terre et protection contre la foudre:

- Un système de mise à la terre efficace doit être mis en place pour protéger l'équipement et le personnel des chocs électriques.

- Installer des dispositifs de protection contre la foudre pour éviter les dommages causés par des décharges électriques élevées.

❖ 4. Risques techniques et financiers:

Les systèmes photovoltaïques peuvent rencontrer des problèmes techniques tels qu'une défaillance de composants ou un faible rendement de conversion.

Les risques financiers comprennent des coûts de maintenance inattendus et des changements dans les prix de l'énergie qui pourraient affecter le retour sur investissement du système.

Ces détails soulignent l'importance d'une bonne planification et d'une mise en œuvre minutieuse pour garantir une intégration sûre et efficace des systèmes photovoltaïques au réseau électrique.

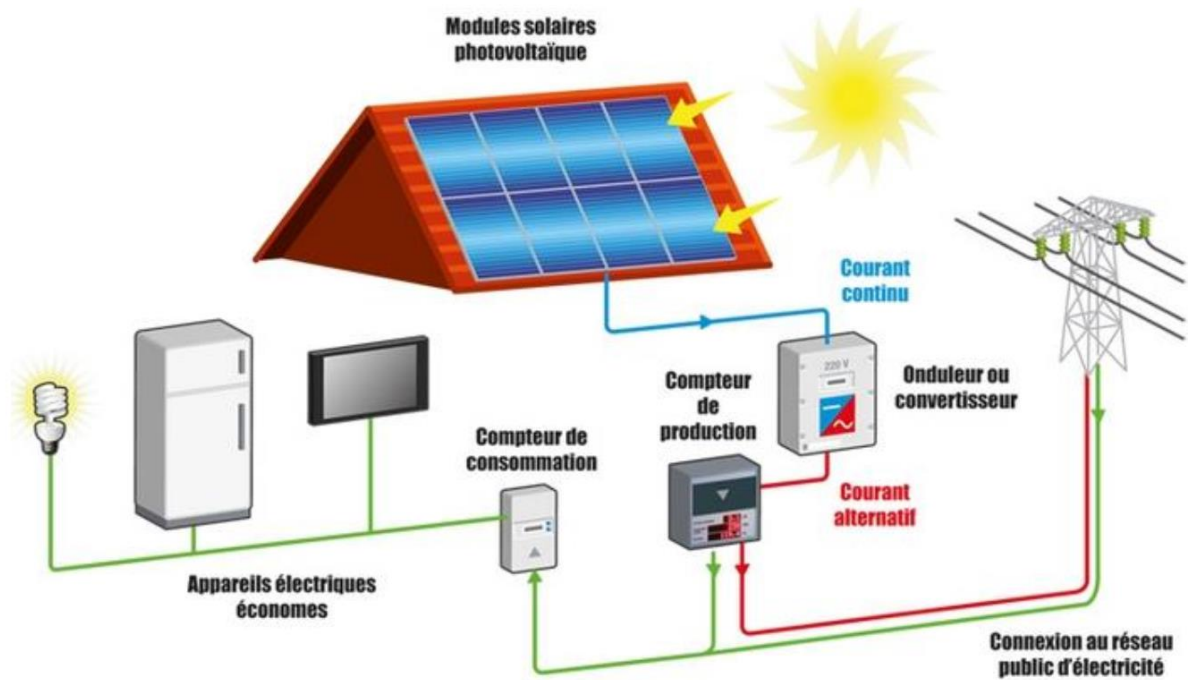


Figure 17: Installation ou centrale électrique photovoltaïque raccordée au réseau

1.15. Avantages et inconvénients

1.15.1. Les Avantages :

- Le système de pompage d'eau (pompe) a besoin d'une source d'énergie pour généralement,

Un système photovoltaïque est économique car naturel (exploitant la gravité grâce à la hauteur du réservoir).

- Une station de pompage photoélectrique peut être installée à proximité de la source d'eau (puits), ce qui permet d'économiser beaucoup de coûts et de charges de transport de l'eau, ainsi que de réduire les coûts d'utilisation des moteurs diesel et d'achat de carburant pour pomper l'eau par les agriculteurs et les résidents.
- Le rejet de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. Les émissions de dioxyde de carbone peuvent être considérablement réduites
- En appliquant des technologies d'énergies renouvelables, nous utilisons une alternative propre à l'énergie traditionnelle basée sur les combustibles fossiles, qui sont la principale source d'émissions de dioxyde de carbone. Dans le même temps, nous réduisons notre dépendance aux combustibles fossiles qui sont par nature épuisables

(relativement, il faut des centaines d'années pour que les matières organiques se décomposent et redeviennent disponibles).

- Faible entretien du système photovoltaïque.
- Cela ne nécessite pas d'infrastructure complexe ou coûteuse.
- Longue durée de vie fiable notamment la partie structurante principale (panneaux solaires).
- Facilité d'installation.
- Il ne produit aucun bruit et donc aucune pollution sonore, ce qui constitue dans de nombreux cas un danger pour les travailleurs.

1.15.2. Les inconvénients :

- Parmi les inconvénients les plus fréquemment mentionnés de ce type de système de production d'électricité, il y a son effet sur l'intensité du rayonnement solaire, qui n'est pas constant tout au long de l'année dans la plupart des régions de la Terre, ce qui crée des fluctuations dans la production, ce qui contredit nos exigences et nos perspectives. dans la recherche de la stabilité et de la durabilité dans la production.

Remarque : Il existe un système hybride auquel l'énergie éolienne a été ajoutée comme alternative en l'absence de rayonnement solaire, mais c'est une solution qui ne peut pas être considérée comme efficace en raison de ses coûts extrêmement élevés et de l'impossibilité de l'exploiter dans toutes les zones géographiques .

- Diminution de la production par temps nuageux et pendant la pluie, la neige ou les tempêtes de sable.
- Il est impossible de l'installer dans certaines zones géographiques, comme le Pôle, car le rayonnement solaire est très faible et quasi inexistant, et donc l'impossibilité de produire de l'énergie.

1.16. Conclusion

Ce chapitre est consacré à l'un des éléments les plus importants nécessaires à un système de pompage photovoltaïque, à savoir le générateur photovoltaïque (panneau solaire).

Les types de panneaux solaires les plus importants ont été mentionnés en termes de principe de fabrication. Au cours de cette conférence, il a été confirmé que les panneaux solaires constitués de plusieurs cellules solaires cristallines sont les plus utilisés et les plus demandés

en raison de leur grande efficacité et de leur simplicité de fabrication. conduit à leur disponibilité sur le marché à un prix modéré et raisonnable.

Nous avons montré les meilleures façons d'installer des panneaux solaires, suivis de conseils sur le processus d'installation.

Chapitre II :
Étude des
différente
composante du
système de
pompage
photovoltaïque

2.1.Introduction

Installer une station de pompage photoélectrique nécessite de déterminer les caractéristiques des composants de cette station et de connaître tous les éléments, notamment les essentiels au bon fonctionnement du système. Dans ce chapitre, nous aborderons les composants les plus importants du système.

Commençant par obtenir l'énergie électrique provenant du générateur photovoltaïque (que le premier chapitre était consacré à expliquer), puis faire passer cette dernière par le l'onduleur, puis alimenter le moteur électrique (pompe) pour pomper l'eau jusqu'au réservoir d'eau également. ainsi que les types de méthodes d'irrigation adoptées dans notre système de pompage photovoltaïque.

Connaître ces composants et leurs rôles dans le système est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système de pompage photovoltaïque.

2.2.Constitution d'un système de pompage photovoltaïque

Un système de pompage photovoltaïque (PV) se compose généralement des éléments suivants :

- Générateur photoélectrique:

Il convertit la lumière du soleil en électricité. Ce qui a été expliqué dans le premier chapitre)

- groupe motopompe:

Il comprend le moteur et la pompe qui pompent l'eau en utilisant l'énergie générée.

- L'adaptateur (L'onduleur):

Convertit le courant continu généré par le générateur photoélectrique en courant alternatif si nécessaire.

Des éléments de transmission d'électricité peuvent être ajoutés, qui comprennent diverses extensions électriques.

➤ Articles de stockage:

Comprend des réservoirs d'eau pour stocker l'eau pompée ou des batteries pour stocker l'énergie électrique.

Remarque : L'installation de pompage photoélectrique nécessite une armoire de commande électrique pour se protéger contre tout éventuel défaut électrique.

Il comprend tous les appareils électroniques qui contrôlent le fonctionnement du système, tels que les contrôleurs de charge et de décharge et les contrôleurs de pompe, qui seront ajoutés ultérieurement.

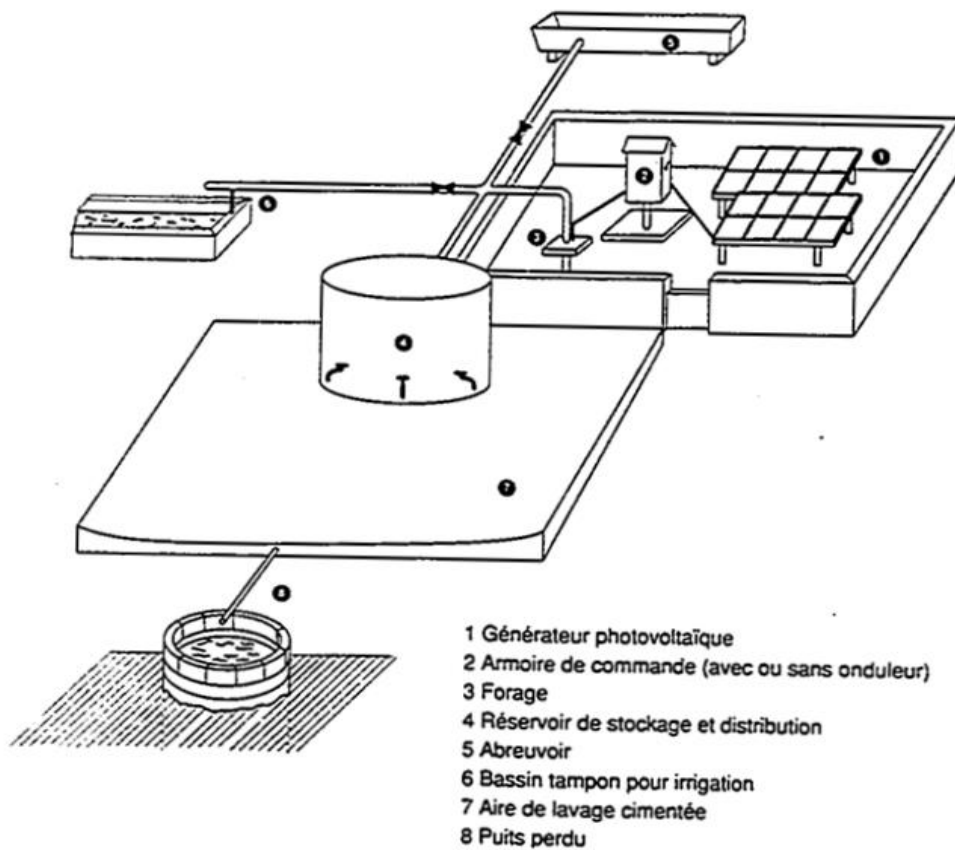


Figure 18: Configuration générale d'un système de pompage photovoltaïque

2.3.1.Le groupe moto pompe

2.3.2.Classification de la pompe

2.3.3.Selon la conception :

2.3.3.1.Pompe centrifuge

Une pompe centrifuge est un type de pompe qui utilise la force centrifuge pour déplacer des fluides. Ces pompes fonctionnent en convertissant l'énergie mécanique d'un moteur en énergie cinétique dans le fluide à pomper. Cela se fait en faisant tourner la roue à l'intérieur de la pompe, ce qui augmente la vitesse et la pression du fluide, puis le pousse hors de la pompe et dans les tuyaux du système.

Les composants de la pompe centrifuge :

Impulseur : C'est la partie rotative qui transmet l'énergie cinétique au fluide.

Boîtier : C'est le boîtier extérieur qui dirige le liquide vers la sortie.

Arbre : C'est la pièce qui relie la roue au moteur.

Moteur : C'est l'appareil qui fait fonctionner la propulsion.

- **Avantages :**

- Haute efficacité dans le transport des fluides.

- Conception simple et facile à entretenir.

- Il peut gérer des débits importants.

- **Défauts :**

- Peu efficace avec les liquides à haute viscosité.

- Il peut être affecté par des objets solides et des impuretés présentes dans le liquide.

Caractéristique Débit –vitesse.

La pompe centrifuge est conçue pour une hauteur manométrique (HMT) relativement fixe. Le débit de cette pompe varie en proportion de la vitesse de rotation du moteur.

Son couple augmente très rapidement en fonction de cette vitesse et la hauteur de refoulement est en fonction du carré de la vitesse du moteur. On utilise habituellement les pompes centrifuges pour les gros débits et les profondeurs moyennes ou faibles (10 à 100 mètres)

Par conséquent, il est considéré comme le plus approprié et le plus largement utilisé dans les applications de pompage photoélectrique.

2.3.3.2.Pompe volumétrique :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe entièrement fermé contenant à l'intérieur un élément mobile ajusté avec précision. Le fonctionnement de la pompe est basé sur un mouvement cyclique, au cours duquel un volume spécifique de liquide pénètre dans la chambre et se vide à la fin du cycle. Ce mouvement permet au fluide de se déplacer entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement. (17)

Les composants de la pompe volumétrique :

Chambre : La partie dans laquelle le liquide est retenu.

Valve : régule l'entrée et la sortie du fluide de la chambre.

Actionneur : La pièce qui déplace la pièce ou l'élément mobile à l'intérieur.

Ils fonctionnent de la même manière que les compresseurs de gaz à vis

- **Avantages :**

- Il peut gérer des liquides à haute et faible viscosité.
- Fournit un débit constant et précis quelle que soit la pression du système.
- Capable de pomper des liquides contenant des solides.

- **Défauts :**

- Nécessite un entretien régulier en raison de l'usure et des frottements entre les pièces mobiles.
- Peut être de conception plus complexe que celle des pompes centrifuges.

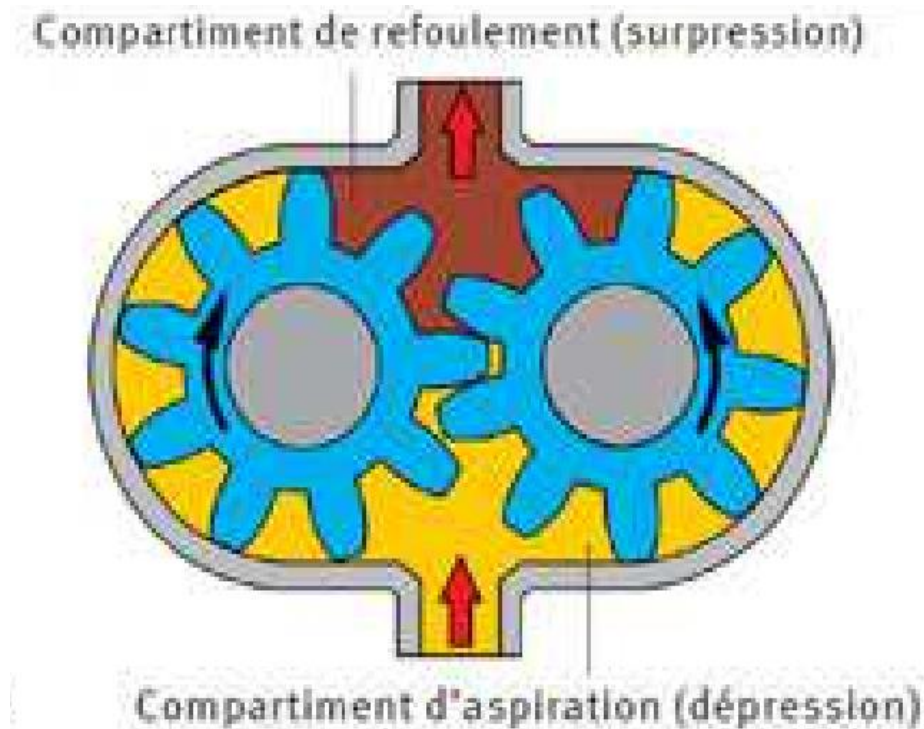


Figure 19:Fonctionnement d'une pompe à volumétrique

2.3.4.Selon le type de courant de moteur

2.3.4.1.Moteur a courant continu

Un moteur à courant continu se compose de deux parties principales :

La partie fixe appelée inducteur ou stator, qui a pour but de créer un flux magnétique.

- La pièce mobile appelée rotor, dans laquelle l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (générateur électrique) ou inversement, de l'énergie électrique en énergie mécanique (moteur électrique). Les parties fixes et mobiles sont séparées par une interface.

La partie mobile (ou rotor) comprend :

- Une configuration piste (puits).
- Ils forment les éléments de bobinage situés sur l'anneau (bobinage).
- Le collecteur, qui est formé par l'assemblage. (18)

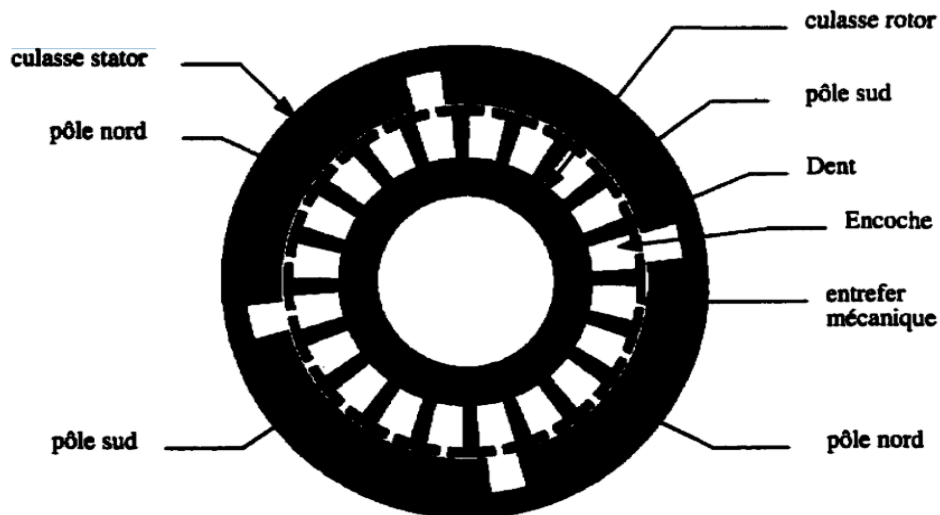


Figure 20:Macbhe a courant continu a 4 pôles et 20 clloches

2.3.4.2.Moteur a courant alternatif

Un moteur à courant alternatif (AC) est un moteur électrique alimenté en courant alternatif. Les moteurs électriques convertissent l'électricité en travail mécanique rotatif grâce à l'interaction des champs magnétiques du stator et du rotor (ils ont été expliqués précédemment). (19)

| Type de courant électrique | courant alternatif | courant continu |
|----------------------------|--|---|
| Puissances | -jusque 150..000 k/v. | -Petites puissances. |
| Tension | -jusque 13.500 volts. | -jusque 5.000 volts maximum. |
| Ateliers | -Tous les moteurs normaux fonctionnent à une vitesse constante. - Ajuster continuellement sa vitesse en fonction des besoins. | -Tous les moteurs ordinaires à vitesse constante ou variable. |
| Electrométallurgie | -Fours à arc : Monophasés et triphasés de toutes puissances. | -Fours à arc seulement. |
| Fréquence | -Fours à induction,Four à haute fréquence | |

Tableau 1: montrant la différence entre le courant alternatif et le courant continu (23)

D'après le tableau ci-dessus et la comparaison que nous avons faite, il est clair que le moteur à courant continu fonctionne plus rapidement et de manière plus stable et ne nécessite pas un courant électrique important au démarrage (**Couple de démarrage**). Par conséquent, nous le trouvons utilisé dans les petits appareils et les moteurs qui ne nécessitent pas de haute tension. et une utilisation continue.

Par conséquent, dans la plupart des applications de pompage photoélectrique, nous utilisons des pompes à eau équipées de moteurs à courant continu.

2.3.5.Selon la position

2.3.5.1.Pompe de surface

Ces pilotes sont les plus courants, mais pas les plus adaptés aux systèmes photovoltaïques. Les moteurs de surface sont exposés à l'air, ce qui les rend vulnérables à l'humidité. Ce type d'installation nécessite un arbre de transmission entre le moteur et la pompe enterrée, la rendant vulnérable à des pannes majeures, voire à un arrêt complet en cas d'effondrement ou de déviation d'un puits ou d'un forage. Lorsque les performances sont suffisantes, ce type de combinaison donne des rendements tout à fait normaux puisque la transmission entraîne des pertes importantes. (11)



Figure 21:Pompe de surface LORENTZ piscine PS2-600 CS-17-1 (12m - 18m³/h) (7)

2.3.5.2.Pompe immergées

Cette technologie est très moderne et apporte de grandes garanties pour le succès du système de pompage photovoltaïque. Le moteur étant situé sous terre, il fonctionne dans un environnement relativement protégé et est efficacement refroidi. Le moteur est scellé et généralement rempli d'huile, évitant ainsi toute fuite. Bien que l'utilisation d'huile et de joints puisse réduire l'efficacité et rendre l'entretien et les réparations plus difficiles, elle prolonge la durée de vie du moteur en empêchant la pénétration de particules. Le moteur à cage est considéré comme le plus efficace et le moins cher par rapport aux autres types. (11)

Les Composants de la pompe :

- Moteur électrique : Il doit être scellé pour empêcher l'eau de pénétrer. Le moteur est refroidi par le fluide qui l'entoure.
- Impulseur : Il pousse le liquide à travers la pompe.
- Boîtier : Il contient et protège les pièces internes.
- Câble électrique : Alimente le moteur.
- Clapet anti-retour : Empêche le retour du liquide vers la pompe.

- **Avantages :**

- Haute efficacité : Puisqu'il est sous l'eau, il peut pomper du liquide directement sans nécessiter d'énergie supplémentaire pour le soulever.
- Fonctionnement silencieux : il fonctionne sous l'eau, ce qui réduit le bruit.
- Protection du moteur : Le fait d'avoir le moteur à l'intérieur du liquide permet un refroidissement naturel.
- Gain de place : Il n'est pas nécessaire de l'installer au-dessus du sol, ce qui permet un gain de place.

- **Défauts :**

- Entretien : L'entretien et la réparation des pompes submersibles peuvent être difficiles et coûteux car ils nécessitent de sortir la pompe de l'eau.
- Corrosion : Ils peuvent être sujets à la corrosion du fait de leur présence constante dans le liquide.
- Fuite : Elle doit être colmatée pour empêcher l'eau de pénétrer dans le moteur.

Par conséquent, nous trouvons que ce type de pompe est nécessaire dans le système de pompage photoélectrique, étant donné notre besoin d'une pompe submersible à l'intérieur du puits pour pomper l'eau de l'intérieur du puits vers le haut, et c'est ce que fournit la pompe submersible sans être endommagée. En plus de son haut rendement lorsqu'il est immergé dans l'eau (il ne nécessite pas d'énergie supplémentaire pour extraire l'eau) et de la fonction de refroidissement naturel apportée au moteur, obtenant ainsi une longue durée de vie.



Figure 22 POMPE IMMERGÉE :140 PR8- ROUE FLOTTANTE- (6" 50 - 60 Hz)

2.4.La convertisseur

Une solaire, également appelée convertisseur DC/AC, est un appareil électronique qui permet de convertir le courant continu (DC) généré par un système photovoltaïque en courant alternatif (AC) afin d'alimenter les appareils à alimenter. ou notre système de pompage photovoltaïque (pompe). Chaque onduleur solaire comprend :

- Puissance, tension et source acceptable en cas d'entrée de courant continu (DC) ;
- Force, tension, fréquence et débit en courant alternatif (AC) ;
- Processus de conversion.

Par conséquent, avant d'acheter l'appareil, vous devez considérer que les appareils à utiliser et leurs caractéristiques sont compatibles avec la bougie solaire.

Il existe deux types d'onduleurs solaires :

- Onduleur hors réseau: conçu pour les systèmes solaires autonomes qui ne sont pas connectés au réseau électrique public.

C'est le système le plus utilisé dans les systèmes de pompage photovoltaïques, ainsi que dans les villages et les habitations isolées.

- raccordé au réseaux : Conçu pour les systèmes solaires connectés au réseau électrique avec la possibilité d'injecter l'excès d'énergie dans le réseau.

Ce système est généralement utilisé dans les centrales électriques. (20)

Il est utilisé dans le cas d'un système à courant alternatif. Il existe principalement deux types d'onduleurs qui se différencient par leurs fréquences de sortie fixe ou variable.

2.4.1. Onduleur à fréquence fixe

Son utilisation dans les systèmes de pompage nécessite l'interposition d'une batterie d'accumulateurs entre le générateur photovoltaïque et l'onduleur. Ainsi, la tension de la batterie fixe la tension de l'onduleur qui représente la tension de fonctionnement du système.

2.4.2. Onduleur à fréquence variable

Ce type d'onduleur fournit des signaux de fréquence variable proportionnelle à la puissance fournit par le générateur photovoltaïque. Ainsi, si l'éclairement solaire augmente, le convertisseur augmente automatiquement la fréquence. Ceci provoque une augmentation de la vitesse de la pompe et par conséquent une augmentation de la puissance (figure).



Figure 23 : Schéma descriptif de l'onduleur.

2.4.3.onduleur continu/continu DC/DC

- Si le moteur de la pompe fonctionne en courant continu, il ne peut pas être alimenté en le connectant directement aux panneaux solaires car ceux-ci dégagent du courant continu. Il faut recourir à un autre type d'onduleur DC/DC pour que le moteur fonctionne selon le courant. conditions réglementaires et dans son intégralité.
- Si le moteur électrique est connecté directement au générateur PV, le système fonctionnera aux points d'intersection entre les courbes tension-courant.

Du générateur PV et de l'ensemble moteur-pompe. Idéalement, ces points coïncident avec les points de puissance maximale sur la courbe IV du générateur. Lorsque cela n'est pas possible, des convertisseurs DC/DC peuvent être utilisés pour rapprocher les points de fonctionnement de ces valeurs idéales.

L'utilité de l'utilisation de convertisseurs DC-DC est limitée aux cas où le gain de puissance net dans la charge est suffisant pour compenser le coût de l'investissement, rendant leur utilisation économiquement réalisable.

n'importe lequel. Lourenço et F. Chenlo, Évaluation des équipements de pompage pour les applications agricoles solaires photovoltaïques, CIEMAT, Espagne, (1994). (11)

2.5.Le stockage

Le stockage de l'eau dans des réservoirs garantit la disponibilité de l'eau en cas de besoin, notamment pendant les périodes d'absence de soleil ou de demande accrue en eau. D'un autre côté, les batteries peuvent être utilisées pour stocker de l'électricité afin de faire fonctionner le système pendant les périodes où le soleil n'est pas disponible, mais elles nécessitent un entretien constant et une surveillance attentive des processus de charge et de décharge. (4)

Lorsque notre système de pompage photovoltaïque fonctionne, nous avons un excès d'énergie autre que celle que nous utilisons quotidiennement. Afin de préserver cette énergie, nous avons généralement recours à des batteries sous forme chimique. Cependant, comme mentionné ci-dessus, cette méthode est très coûteuse. et peu pratique en raison de la méthode utilisée pour le faire. (Batterie) Ceci est considéré comme le plus gros inconvénient de l'exploitation de l'énergie solaire. Cependant, dans notre système de pompage photovoltaïque, cela n'est pas considéré comme un inconvénient. Cela est dû à notre capacité à stocker cette énergie. sous forme d'eau (via un réservoir d'eau). Sans aucune parité énergétique.



Figure 24: Une photo de résidents locaux irriguant l'eau à l'aide d'outils de transport et de stockage de l'eau. (26)



Figure 25: A gauche : La fontaine où les habitants puisent de l'eau.

2.6.Mode d'irrigations

Fournir de l'eau grâce à notre système de pompage photoélectrique nécessite également un système de gestion pour une irrigation bénéfique et économique, et une tentative de limiter les causes de perte d'eau et la perte d'une quantité importante sans exploitation... qui sont :

Évaporation et absorption de l'excédent dans le sol. Il est donc nécessaire d'utiliser des méthodes d'irrigation appropriées, notamment :

- ❖ Lirrigation de surface
- ❖ Irrigation par planches
- ❖ Irrigation par bassin
- ❖ Irrigation à la raie
- ❖ Lirrigation par Les arroseurs
- ❖ Lirrigation avec gout a gout



Figure 26: Irrigation par planches

Figure 27: Irrigation par bassin

Figure 28: Irrigation à la raie

Différents modes de processus d'irrigation (21)



Figure : Lirrigation par Les arroseurs



Figure : Lirrigation avec gout a gout

2.7. Conclusion

En présentant les concepts précédents et en définissant les composants et le champ d'application de chaque type d'élément qui compose le système de pompage photoélectrique, nous avons trouvé l'installation la mieux adaptée à chaque élément.

Ceci est représenté par les meilleures pompes en termes de type, de type de moteur et même d'emplacement d'installation.

Nous avons également discuté des types de transformateurs électriques, de la différence entre eux et de la raison pour laquelle chaque type est utilisé en fonction de la pompe utilisée.

Enfin, nous avons découvert des méthodes d'irrigation modernes et efficaces. Il est apparu plus tard que l'irrigation goutte à goutte est optimale et économique et permet d'éviter de gaspiller beaucoup d'eau.

En utilisant le réservoir d'eau, nous avons pu nous passer des batteries coûteuses et défectueuses du système en exploitant la hauteur du réservoir pour l'irrigation en l'absence de soleil et l'incapacité des panneaux à produire l'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe. .

Il est également possible d'exploiter le débit d'eau abondant du réservoir en plaçant une turbine à la sortie du canal d'eau pour générer un courant électrique qui pourra également être exploité pour un éclairage nocturne ou autre au sein de notre station de pompage photovoltaïque.

Chapitre III :

Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV

3.Introduction

Nous diviserons ce chapitre en deux parties principales:

Tout d'abord,

la section d'étude fondamentale, Ce qui consiste en:

- Souligner les étapes les plus importantes nécessaires pour réaliser en premier le processus de dimensionnement, en mentionnant les différentes étapes du processus de dimensionnement théorique et en mentionnant les relations nécessaires pour cela.
- Description de l'expérience, que nous avons menée afin d'enregistrer les résultats et les données nécessaires à l'étude du système de pompage photovoltaïque.

la section d'étude est expérimentale

- Étude de cas et présentation d'un exemple appliqué de système de pompage photoélectrique, détaillant les étapes de la solution afin d'ajuster et de déterminer les dimensions nécessaires du système de pompage photoélectrique.
- Dans cette dernière partie du chapitre, les résultats expérimentaux tirés des travaux appliqués réalisés ont été analysés, puis les courbes graphiques les plus importantes qui illustrent les facteurs qui contrôlent le fonctionnement du système de pompage photoélectrique ont été dessinées et expliquées.

3.1.Étude fondamentale

3.1.1.Dimensionnement des stations de pompage solaire :

Pour déterminer l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une pompe assistée par panneau solaire, les données de base requises sont :

3.1.1.1.Déterminez la quantité de rayonnement solaire mensuel quotidien (en kilowattheures par mètre carré et par jour) pour la latitude de la zone de travail.(Énergie solaire disponible) :

La zone dans laquelle la station de pompage photovoltaïque doit être installée doit être étudiée en termes de disponibilité du rayonnement solaire tout au long de l'année et connaître son intensité afin de savoir si ce système est valable dans cette zone et dans quelle mesure notre système le sera. être efficace et efficient.

En général, si le rayonnement solaire dans une zone atteint 1 000 à une température de (25 à 30) degrés, il est acceptable et suffisant, voire proche du bon, dans les applications de pompage photovoltaïque.

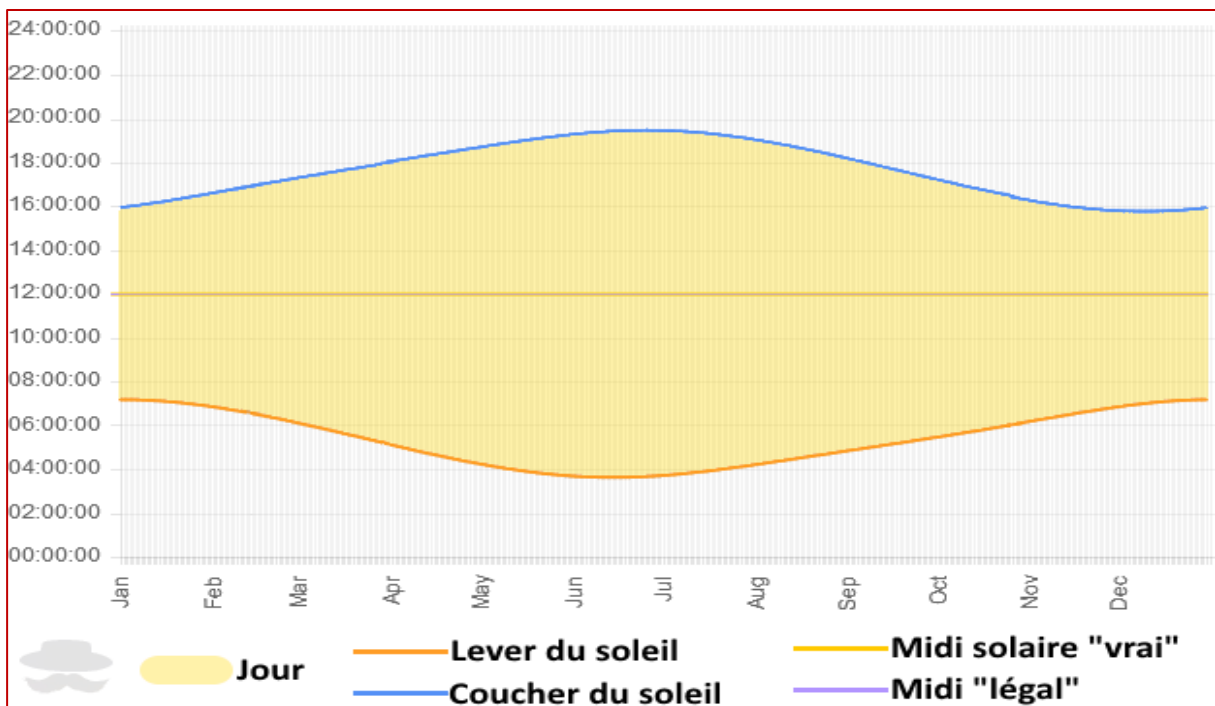


Figure 29: Un graphique montrant les heures d'ensoleillement moyennes de la journée, du lever au coucher du soleil, tout au long de l'année. (28)

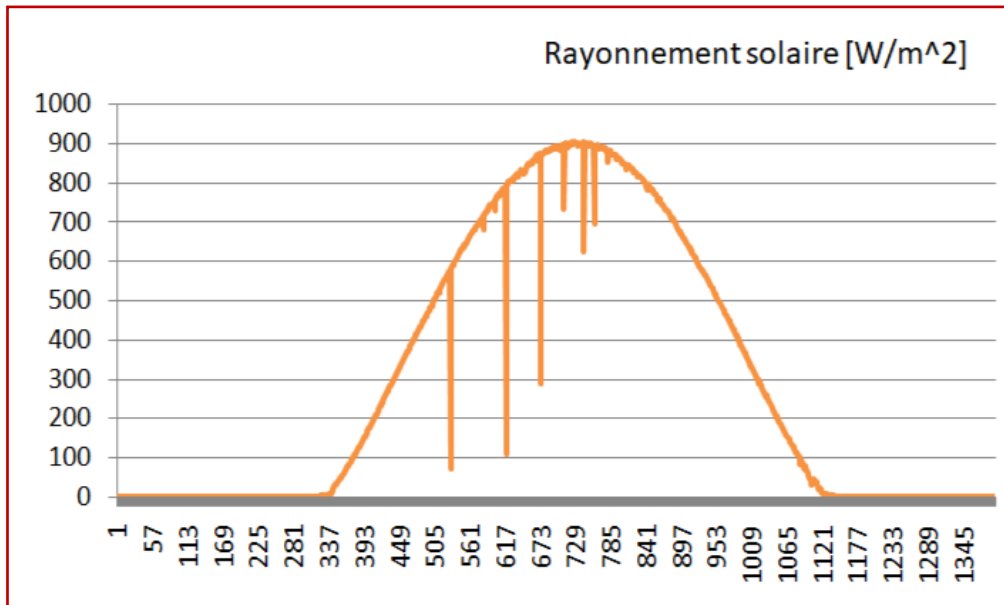


Figure 30: Une courbe graphique exprimant l'évolution du rayonnement solaire En un jour dans la région de Biskra - Université Mohamed Kheidar (29)

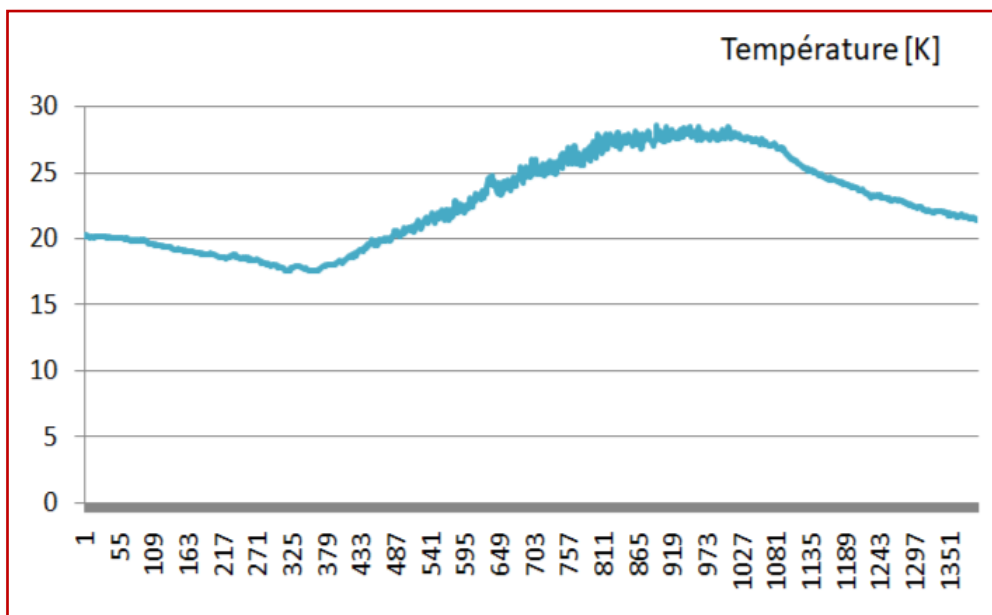


Figure 31: Une courbe graphique exprimant les changements de température En un jour- Biskra - Université Mohamed Kheidar (29)

3.1.1.2. Estimations des besoins en eau :

Les besoins en irrigation dépendent du type de culture, de la méthode d'irrigation et des facteurs météorologiques (tels que la température, humidité, vitesse du vent, évaporation du sol et saison annuelle).

Ainsi que l'étendue de la superficie agricole, ainsi que le cheptel disponible (moutons, vaches, poules...).

Toutefois, la pratique et l'expérience locales restent absolument essentielles pour une évaluation précise des besoins en eau.

Les besoins en eau d'un système peuvent être définis en ajustant la quantité de consommation quotidienne en fonction des variables mentionnées dans le tableau suivant.

| Humains | Animaux | Irrigation |
|---|--|---|
| Par personne 5 à 10 litres/jour minimum | Moutons et chèvres 5 litres/jours | Agricultur maraichère 60m3/hectare/jour . |
| Conditions de vie normale 30 litres/jour. | <u>Exemples :</u> -Cheval 40 litres/jour. -Ane 20 litres/jour. -Chameau 20 litres/jour. | Riz 100 m3/hectare/jour. Sucre de canne 65 m3/hectare/jour. Coton 55 m3/hectare/jour. |

Tableau 2 : Diagramme d'estimation des besoins en eau. (19)

3.1.1.3.Calcul du débit :

Il s'agit de la quantité d'eau qu'une pompe peut débiter sur une période de temps spécifiée, déterminée par le débit, qui est généralement mesuré en litres par heure (L/h). Dans les systèmes de pompage solaire, le débit (ou besoin en eau) est souvent exprimé en mètres cubes par jour (m³/jour).

$$I. \quad Q_h = \frac{\text{Volume quotidien [m}^3\text{]}}{E_{\text{soleil}}} \text{ en [m}^3\text{/h]} \quad (\text{III.1})$$

Q_h : débit de l'eau.

E_{soleil} : C'est le rayonnement solaire moyen dans une zone (c'est-à-dire le nombre d'heures pendant lesquelles le rayonnement solaire est maximum).

3.1.1.4.Hauteur manométrique totale

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

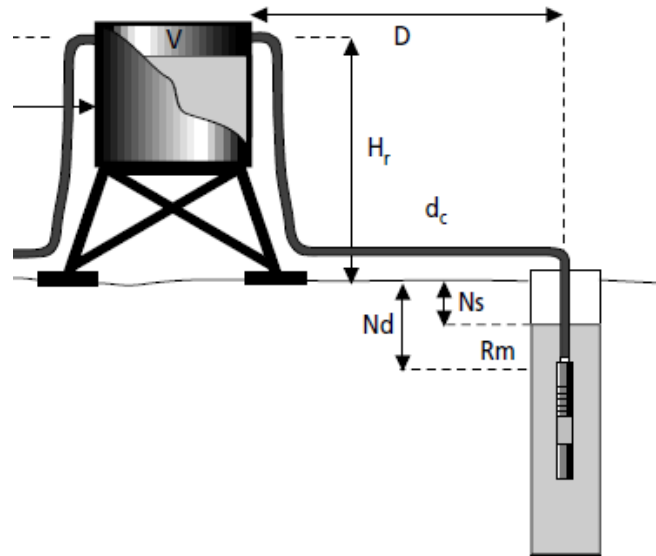


Figure 32: Dessin schématique du réservoir et de la pompe (5)

| | |
|----|--|
| Hr | Hauteur géométrique du sol au plan du haut du réservoir en mètre. |
| Nd | Niveau dynamique de la nappe (pour un débit moyen) en mètre. |
| Ns | Niveau de la nappe statique (au repos) en mètre. |
| Rm | Rabatement maximal avant d'arrêter la pompe (Nd – Ns) en mètre. |
| dc | Longueur du canal horizontal (Perte de charge) en mètre. |
| Pr | Pression residual, La pression générée par le puits atteint souvent zéro (néglige). |

3.1.1.5. Pertes de charge :

Chutes de pression produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la longueur des conduites (d_c), et du débit de la pompe (Q). Elles s'expriment en mètres de colonnes d'eau (mCE)

$$1 \text{ [mCE]} = 0.09671821878659459 \text{ [atm]}. \quad (22)$$

Le diamètre des conduites est calculé afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10% de la hauteur manométrique (HMT).

$$\mathbf{HMT = Hr + Nd + Pertes de charge + Pr}$$

$$= H_r + N_s + R_m + (dc/10) + 0 \quad \text{en [m]}$$

3.1.1.6. Calcul de la consommation énergétique/j:

$$E_j = \frac{K \cdot V \cdot HMT}{\eta_{pompe}} \quad (III.2)$$

K : Constante=2.725

V : Volume d'eau journalier en m^3/j

HMT : Hauteur manométrique totale

η_{pompe} : Il faut entre (30 et 50)%. Nous prenons souvent la valeur la plus basse (30 %) comme réserve lors du processus de dimensionnement.

$$30\% < \eta_{pompe} \leq 50\%$$

3.1.1.7. Détermination de la Puissance crête :

$$P_c = \frac{E_j}{E_{soleil} \cdot \eta_{global}} \quad (III.3)$$

P_c : puissance totale des panneaux solaires

E_{soleil} : Nombre d'heures d'ensoleillement par jour (environ 6 heures en Algérie)

η_{global} : $\eta_{générateur PV} * \eta_{onduleur} * \eta_{pompe} = 0.6$

3.1.1.8. Déterminer la puissance de la pompe :

$$P_p = \frac{K \cdot Q_h \cdot HMT}{\eta_{pompe}} \quad (III.4)$$

E_p : La puissance de la pompe

Q_h : Débit de l'eau

3.1.1.9. Choisissez l'onduleur approprié pour la pompe :

Après avoir calculé la puissance de la pompe, nous choisissons un onduleur de même valeur que la puissance de la pompe ou légèrement supérieure (en fonction de l'offre du marché) afin de garantir que la puissance nécessaire soit fournie par les panneaux et d'alimenter électriquement la pompe. que le processus de pompage de l'eau du puits vers le réservoir commence.

3.1.1.10. Déterminer le diamètre des tuyaux utilisés dans le système ;

Après avoir déterminé la capacité de la pompe, le diamètre approprié du tuyau peut être déterminé en lisant la plaque des caractéristiques située à l'arrière de la pompe, que l'on trouve généralement en pouces, et est la suivante :

$$1'' \text{ (pouce)} = 25.4 \text{ mm} \quad (22)$$

Exemple:

$$\begin{aligned} 1'' . 1/4 &= 1 \text{ pouce} + (1 \text{ pouce}/4) \\ &= 25.4 + (25.4/4) \\ &= 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Le diamètre de canal le plus proche disponible sur le marché est : 30mm

3.1.1.11. Déterminer le nombre de panneaux nécessaires à l'installation

Pour trouver le nombre approprié de panneaux, nous divisons la puissance totale des panneaux (P_c) par la puissance d'un 1 panneau (en fonction de la disponibilité sur le marché, nous choisissons une puissance spécifique donnée par un panneau solaire).

$$N_p = \frac{P_c}{p_{unitaire}} \quad (III-5)$$

N_p : Nombre total de panneaux

$p_{unitaire}$: puissance d'un panneau solaire

3.1.1.12. Les tests de tension [V] et le courant [A] (Vérifiez la tension nominale) :

3.1.1.12.1. Nombre de panneaux en série N_p_s

Montage en série des panneaux : On augmente la puissance et la tension, on garde le même courant.

C'est-à-dire que la tension de tous les panneaux doit appartenir au champ de tension de l'onduleur (si elle n'appartient pas au champ, cela endommagera l'onduleur).

De sorte que le nombre de panneaux à connecter en série peut être déterminé en multipliant la tension d'un panneaux par le plus grand nombre de panneaux possible, à condition que la tension admissible dans le champ de l'onduleur ne soit pas dépassée (il vaut mieux être attention à ne pas atteindre la valeur la plus élevée qu'il peut supporter, afin de tenir compte

de l'augmentation de la tension du panneau à basse température pendant la saison hivernale, qui crée une tension maximale qui dépasse la tension potentielle de l'onduleur, il est donc recommandé de laisser un valeur du plafond de protection pour la tension totale des panneaux inférieure à la valeur maximale de l'onduleur.

3.1.1.12.2.Nembrer de série en parallèle Np_p :

Montage en parallèle des panneaux : On augmente la puissance et le courant, on garde la même tension.

Lorsque nous obtenons le nombre de panneaux pouvant être installés en série, nous terminons le processus de fixation du reste des panneaux en parallèle, à condition que le nombre de panneaux dans la colonne ne dépasse pas le nombre obtenu lors de l'installation en série.

De plus, le courant électrique total pour toutes les colonnes ne doit pas dépasser le courant maximum que l'onduleur peut supporter.

3.1.1.12.3.Choisir des panneaux solaires:

Après avoir vérifié la méthode d'installation et connu combien de panneaux solaires sont nécessaires, nous passons par le processus d'achat des panneaux et choisissons à la fois le type (le type de cellule souhaité, qui est détaillé dans le premier chapitre) et l'entreprise de production (qualité et prix).).

Vient ensuite le processus d'installation et d'assemblage, et cette partie a déjà été expliquée dans les premier et deuxième chapitres.

3.1.1.13.Choix des câbles

Lors de l'installation d'un système de pompage photoélectrique, le courant électrique est le plus important. Ainsi, dans cette partie, apparaît le problème de la perte de l'effet Joule et de la chute de tension dans les câbles. Il est donc nécessaire d'utiliser des câbles adaptés pour supporter ce courant.

Le câble approprié peut être déterminé par la relation suivanteChoisissez le type de panneaux solaires :

$$S = \rho * 2L * \frac{I}{\Delta u} \quad (\text{III.6})$$

Chapitre III : Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV

U : tension de panneaux (12 V , 24 V .48 V).

ρ : Résistivité du cuivre[Ω],=(1.6 . 10⁻⁸).

L : longueur du câble en [m].

I : Courant à puissance maximale générateur PV en [A].

U: Tension à puissance maximale du générateur PV en [V].

Δu : Chute de tension limite (Dans les propriétés du l'onduleur) en [V].

| Type d'installation | Eclairage | Autres usages (force motrice) |
|---|------------------|--------------------------------------|
| Alimentation par le réseau BT de distribution publique | 3% | 5% |
| Alimentation par poste privé MT/BT | 6% | 8% |

Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, ces chutes de tension peuvent être augmentées de 0,005 % par mètre de canalisation au-delà de 100 m, sans toutefois que ce supplément soit supérieur à 0,5 %

Limite maximale de la chute de tension ΔV [V]. (23)

3.1.2. Mesures et description de l'expérience

3.1.2.1. Préparation des mesures comparatives:

Dans ce travail appliqué, nous avons mené une campagne de mesure utilisant l'installation photovoltaïque de panneaux solaires située sur le campus de l'Université Centrale - Mohamed Kheidar, Biskra Afin de la présenter dans ce travail et de faciliter une étude et une comparaison entre les travaux, évaluer. les résultats du travail appliqué et du travail utilisé par l'ordinateur, afin d'obtenir les meilleurs résultats et de filtrer les erreurs mentionnées dans les travaux précédents.

Nous utiliserons ces résultats dans l'étude analytique et tracerons les courbes de l'installation de pompage photovoltaïque afin de nous clarifier l'étendue de l'efficacité de cette installation et si elle est vraiment digne d'attention, d'autant plus qu'elle représente l'un des plus importants applications dans le domaine de l'énergie et des énergies renouvelables.

Avant cela, nous avons effectué des résultats préliminaires afin de connaître l'efficacité des appareils et de l'installation sur lesquels nous allons travailler et la disponibilité de conditions de fonctionnement identiques.

Malheureusement, nous avons constaté des erreurs dans le rayonnement solaire maximum moyen censé être disponible dans la zone de la ville de Biskra. Après avoir vérifié et vérifié les appareils utilisés, l'erreur s'est produite en raison d'un endommagement de l'appareil responsable du processus de mesure.

Après le processus de correction des erreurs mentionnées précédemment et qui surviennent couramment lors de tout travail appliqué, l'expérience a été répétée et les paramètres les plus importants ont été extraits et les caractéristiques les plus importantes concernées par cette recherche ont été enregistrées, et en particulier nous mentionnons :

- Radiation solaire.
- L'intensité du courant électrique des panneaux solaires.
- L'intensité du courant électrique de la pompe.
- L'intensité de la tension électrique des panneaux solaires.
- L'intensité de la tension électrique de la pompe.
- Température moyenne.

Chapitre III : Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV

3.1.2.2. Premier jour de mesures (valeurs annulées) :

Ces valeurs représentent ou sont une copie de la campagne de mesures que nous avons réalisée à l'Université Centrale de Mohamed Khidr – Biskra – Le **05-03-2024**.

Le temps était ensoleillé avec quelques nuages passagers. Puis nous avons constaté une diminution du rayonnement solaire après midi (peut-être en raison du caractère instable de la saison printanière). Nous avons répertorié les valeurs obtenues dans le tableau suivant :

En observant les valeurs du rayonnement solaire, on remarque qu'il y a une grande différence entre la moyenne supposée être présente dans la zone de la ville de Biskar, qui atteint habituellement 1000, contrairement aux valeurs obtenues avec une différence allant jusqu'à 55 pour cent, et c'est ce que nous avons confirmé après avoir répété l'expérience plusieurs fois.


La raison de cette apparente divergence dans les valeurs du rayonnement solaire est un défaut de l'appareil de mesure du rayonnement solaire - le pyranomètre.

| Temps (h) | Début $\left(\frac{L}{S}\right)$ | Eclairage (W/m^2) | Courant (PV) (i=A) | Tension (PV) (V) | Courant (LD) (i=A) | Tension (LD) (V) | Température (C°) |
|--------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| 08:00 | 0.59 | 56 | 0.59 | 74.2 | 1.37 | 20.8 | 13.5 |
| 09:00 | 2.36 | 194 | 3.94 | 75.0 | 4.35 | 58.1 | 15 |
| 10:00 | 2.98 | 325 | 6.16 | 90.5 | 6.07 | 88.0 | 16.44 |
| 11:00 | 3.47 | 446 | 6.80 | 98.8 | 6.79 | 96.7 | 18.66 |
| 12:00 | 3.7 | 548 | 7.10 | 102.6 | 7.9 | 100.4 | 20.05 |
| 13:00 | 3.5 | 498 | 7.10 | 103.0 | 7.08 | 100.6 | 20.27 |
| 14:00 | 3.6 | 484 | 7.1 | 102.4 | 6.98 | 100.3 | 20.83 |
| 15:00 | 3.42 | 420 | 6.75 | 98.05 | 6.76 | 96.3 | 21.44 |
| 16:00 | 2.79 | 315 | 5.96 | 88.9 | 5.96 | 86.9 | 21.77 |

Tableau 3 : Premier jour de mesures

Remarque 1: le pyranomètre contient de très petits composants électroniques et des capteurs précis conçus pour capturer le rayonnement lumineux et transmettre un petit courant électrique qui est ensuite traduit en valeurs de résistance qui expriment l'intensité de l'éclairage. Ces composants sont sensibles et sujets à des dommages au fil du temps.

Chapitre III :Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV

 **Remarque 2 :**Tension à vide de la Panneaux solaire

| Temps | Tension à vide |
|---------------|-----------------------|
| 08:00 | 120.0 V |
| 09:00 | 128.0 V |
| 10:00 | 127.1 V |
| 11:00 | 124.5 V |
| 12:00 | 124.3 V |
| 13:00 | 125.0 V |
| 14:00 | 125.2 V |
| 15:00 | 124.2 V |
| 16 :00 | 124.1 |

Tableau 4 : Tension à vide de panneaux solaire (première expérience)

En général, cette expérience a été annulée, l'appareil a été remplacé et l'expérience a été répétée. C'est ce que montre le tableau suivant:

L'incertitude sur la mesure du éclairement est Causée par un dysfonctionnement de l'appareil de mesure du rayonnement solaire, lui-même un pyranomètre

L'appareil peut avoir endommagé l'un de ses composants fins responsables de la détection, car ces composants sont considérés comme sensibles, fragiles et faciles à endommager en raison de leur fabrication précise.

En général, l'appareil endommagé a été remplacé par un autre appareil de mesure du rayonnement solaire, plus précis et plus efficace, et l'expérience a été répétée et plusieurs mesures ont été prises.

Nouveau et ce dernier a été adopté dans le processus de calcul. C'est ce que montre le tableau ci-dessous.


Chapitre III :Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV

3.1.2.3.Deuxième série de mesures (valeurs acceptées):

Après avoir annulé les valeurs de la première expérience, l'expérience a été répétée dans une série de mesures, après avoir vérifié l'intégrité de tous les appareils de mesure et pris en compte le jour approprié pour cela. Les valeurs enregistrées dans le tableau ci-dessous ont été enregistrées. Le **05/09/2024**. à l'Université Centrale Mohamed Kheidar - Biskra - par une journée ensoleillée Très appropriée, car le ciel était très clair avec une atmosphère plutôt agréable pour la température moyenne. C'est ce que montre le tableau ci-dessous :

| Temps (h) | Début $\left(\frac{L}{S}\right)$ | Eclairement (W/m^2) | Courant (PV) (i=A) | Tension (PV) (V) | Courant (LD) (i=A) | Tension (LD) (V) | Température (C°) |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| 08:00 | 2.60 | 440 | 4.30 | 79.4 | 4.40 | 60.0 | 19.77 |
| 09:00 | 2.77 | 600 | 5.70 | 86.1 | 5.43 | 88.5 | 21.11 |
| 10:00 | 3.28 | 763 | 6.25 | 95.8 | 6.28 | 94.9 | 22.33 |
| 11:00 | 3.44 | 897 | 6.49 | 97.9 | 6.53 | 96.9 | 24 |
| 12:00 | 3.60 | 980 | 6.67 | 100.6 | 6.74 | 99.5 | 25.27 |
| 13:00 | 3.71 | 1112 | 6.18 | 95.2 | 6.24 | 93.6 | 26.88 |
| 14:00 | 3.35 | 995 | 6.10 | 93.8 | 6.12 | 92.3 | 27.77 |
| 15:00 | 3.22 | 805 | 6.27 | 96.0 | 6.30 | 94.4 | 27.88 |
| 16:00 | 2.79 | 625 | 5.96 | 88.9 | 5.96 | 86.9 | 27.94 |

Tableau 5 : Deuxième série de mesures

 **Remarque 1:** Tension à vide de la Panneaux solaire

| Temps | Tension à vide |
|--------------|-----------------------|
| 08:00 | 123.6 V |
| 09:00 | 123.5 V |
| 10:00 | 122.3 V |
| 11:00 | 122.3 V |
| 12:00 | 122.2 V |
| 13:00 | 122.1 V |
| 14:00 | 123.3 V |
| 15:00 | 123.1 V |

Tableau 6 : Tension à vide pour panneaux solaires (deuxième expérience)

3.1.2.3.1. Erreurs et incertitudes de l'expérience:

L'incertitude dans l'estimation de la puissance maximale provient de l'inexactitude des mesures réelles fournies par l'équipement, ainsi que de l'incertitude des valeurs mesurées. Selon la fiche technique du fabricant, l'incertitude typique des mesures de courant et de tension est d'environ 1 %.

Remarque : Toutes les valeurs mesurées sont sujettes à un taux d'erreur d'environ 1 %. (24)
en raison de :

- L'efficacité des appareils de mesure diminue avec le temps.
- Manque absolu de synchronisation lors de l'écriture des résultats et de la lecture lors de la réalisation de l'expérience.
- Utilisation de l'œil nu direct traditionnel, contrairement aux méthodes modernes (enregistrement automatique des données par ordinateur grâce à l'installation de capteurs).

3.2.Étude expérimentale

3.2.1.Étude de cas

Après avoir donné une idée générale du système de pompage PV, nous passerons à une étude de cas qui nous permet de déterminer la taille du système de pompage PV nécessaire pour alimenter les terres agricoles de la région de Biskra.

Cette partie consiste à dimensionner un système de pompage photovoltaïque en vue d'alimenter en eau une surface agricole (Filiach).

Le volume=20 Tonnes

Profondeur du puits=120 m

Hauteur du réservoir=6 m

Longueur du canal: 50 m

Le tension de panneaux=24 v

Longueur du câble électrique=7 m

Les caractéristiques géographiques de la zone sont données par :

L'altitude par rapport au niveau de la mer =140 m

Les coordonnées de Biskra en degrés et minutes décimales :

Latitude : 34°51.0228' Nord

Longitude : 5°43.683' Est (25)

3.2.1.1.Étapes de solution et de dimensionnement

3.2.1.1.1.Estimations des besoins en eau :

$$1 T=1000\text{kg}=1000\text{L}=1 \text{ m}^3$$

$$20 T=20 \text{ m}^3$$

$$V=20 \text{ m}^3$$

Calcul du débit :

$$Q_h = \frac{\text{Volume quotidien [m}^3\text{]}}{E_{\text{soleil}}} = \frac{20}{5}$$

$$Q_h = 4 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$Q_h=4 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

3.2.1.1.2.Calcul Hauteur manométrique totale :

$$\text{HMT} = \text{Hr} + \text{Nd} + \text{Pertes de charge} + \text{Pr}$$

$$= 6 + 120 + (50/10) + 0$$

$$\text{HMT} = 131 \text{ m}$$

$$\text{HMT}=131\text{m}$$

3.2.1.1.3.Calcul de la consommation énergétique/j:

$$E_j = \frac{K \cdot V \cdot \text{HMT}}{\eta_{\text{pompe}}} = \frac{2.725 \cdot 20 \cdot 131}{0.3} = 23798.33 \text{ W}_h/j$$

$$E_j = 23798.33 \text{ W}_h/j$$

3.2.1.1.4.Détermination de la Puissance crête :

$$P_c = \frac{E_j}{E_{\text{soleil}} \cdot \eta_{\text{global}}} = \frac{23798.33}{5 \cdot 0.6} = 7932.77 \approx 8000 \text{ W}_c \text{ (crête)}$$

3.2.1.1.5.Déterminer la puissance de la pompe :

$$P_p = \frac{K \cdot Q_h \cdot \text{HMT}}{\eta_{\text{pompe}}} = \frac{2.725 \cdot 4 \cdot 131}{0.3} = 4759.66 \approx 4760.00 \text{ W} = 4.76 \text{ Kw}$$

$$P_p = 4.76 \text{ Kw}$$

3.2.1.1.6.Choisissez l'onduleur approprié pour la pompe :

Choisissez l'onduleur avec une valeur égale ou légèrement supérieure à la capacité de la pompe.

Compte tenu des types disponibles sur le marché, nous les choisissons avec la Puissance=5.5Kw.

$$\text{Puissance}=5.5\text{Kw}$$

3.2.1.1.7. Déterminer le nombre de panneaux nécessaires à l'installation :

$$Np_s = \frac{8000}{400} = 20 \text{ panneaux}$$

$$Np_c = 20 \text{ panneaux}$$

3.2.1.1.8. Les tests de tension [V] et le courant [A] (Vérifiez la tension nominale) :

Un panneau solaire d'une capacité de 400 présente les caractéristiques suivantes:

$$V_{co} = 50 \text{ v}$$

$$I_{cc} = 10 \text{ A}$$

l'onduleur (300-600)V

- Nombre de panneaux en série Np_s

$50 * 10 = 500 \text{ V}$ (Acceptable).

- Nombre de série en parallèle Np_p :

$10 * 2 = 20 \text{ A}$ (Acceptable).

De là, nous avons 20 panneaux solaires à travers lesquels nous formons 2 colonnes en parallèle. Dans chaque colonne il y a 10 panneaux connectés en série.

$$N_n = 20, Np_c = 10, N_c = 2$$

3.2.1.1.9. Choix des câbles:

$$S = \rho * 2L * \frac{I}{\Delta u} \rightarrow S = 1.610^8 * 2 * 7 * \frac{16.66}{1.2} = 0.000003109 \text{ m}^2 \approx 3 \text{ mm}^2$$

Avec :

$$P = I * V \Rightarrow I = \frac{P_u}{U} = \frac{400}{24} = 16.66 \text{ A}$$

$$\Delta u = (5\%) * U = 0.05 * 24 = 1.2 \text{ V}$$

$$S = 3 \text{ mm}^2$$

3.2.1.2. Résultats et analyses

Après avoir pris les mesures nécessaires au processus de dimensionnement et les avoir enregistrées dans le tableau précédent (), nous pouvons analyser ces résultats en dessinant des

Chapitre III :Dimensionnement de l'installation du système de pompage PV

courbes graphiques qui nous aident à comprendre les paramètres de dimensionnement requis lors du processus d'installation du système de pompage photoélectrique. dresser un tableau précis des caractéristiques qui distinguent ce système.

Nous distinguons et spécialisons dans le processus de notre étude en traçant les courbes suivantes :

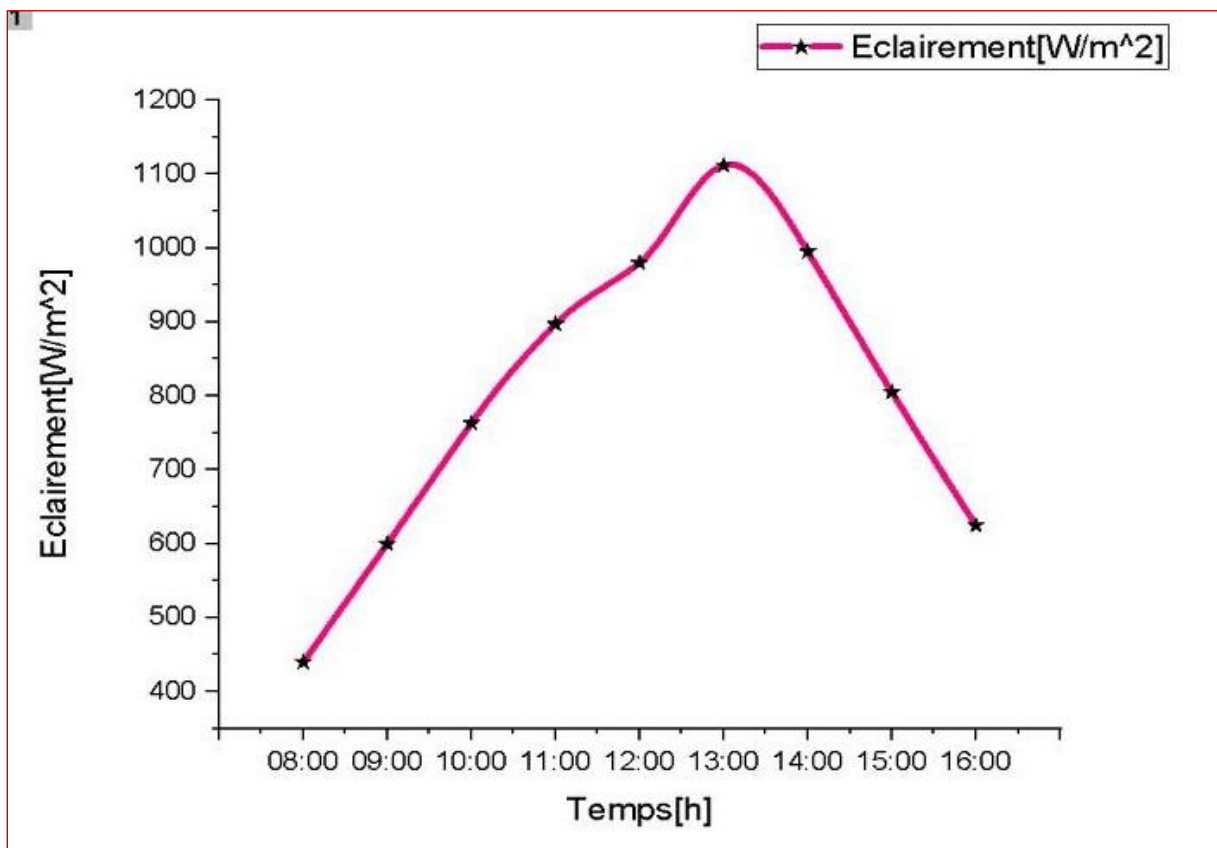


Figure 33: Evolution de l'intensité énergétique solaire pour une journée avec lever du soleil.

- Après avoir mesuré le rayonnement solaire à chaque période régulière (chaque heure), nous avons pu enregistrer l'évolution de l'évolution du rayonnement solaire au fil du temps, avec un pic entre(11 :00 AM heures du matin et midi).

Ensuite, nous enregistrons une baisse de sa valeur, et cela est dû à la direction du mouvement (coucher) du soleil.

Résultat : Plus le soleil est éloigné du centre du ciel, moins le rayonnement solaire est important et vice versa.

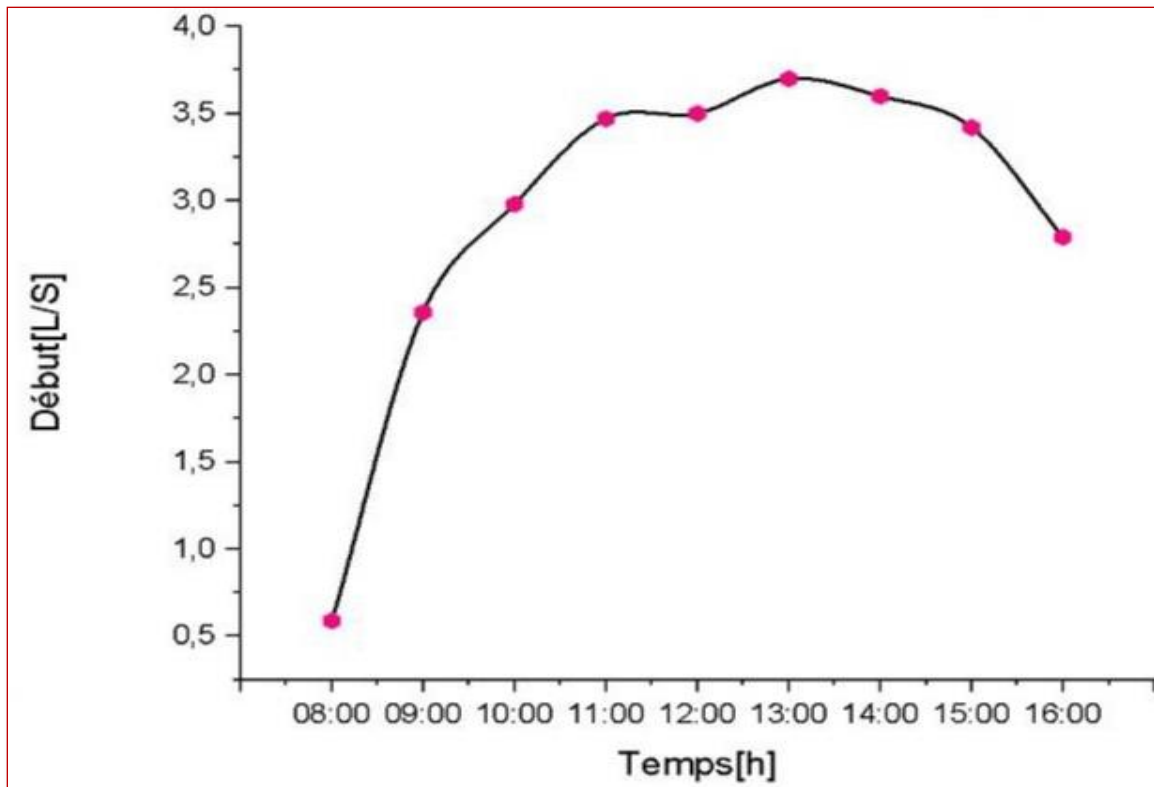


Figure 34:Evolution du débit sur une journée avec lever du soleil au fur et à mesure du temps.

- De ce qui précède, il ressort clairement qu'avec le temps, le rayonnement solaire augmente.

Par conséquent, le rendement des panneaux solaires augmente, ce qui entraîne une augmentation de la production d'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de la pompe, donc le débit de la pompe augmente directement.

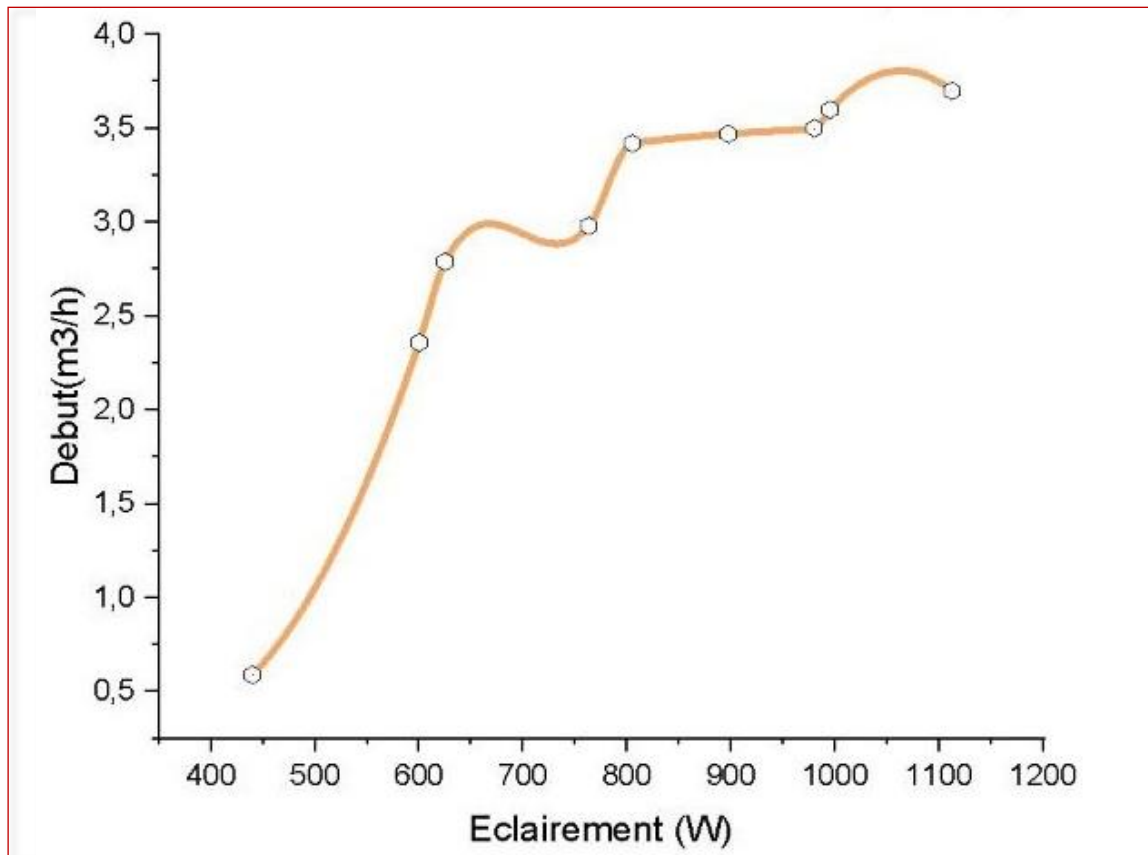


Figure 35: Evolution du débit d'eau pendant une journée à mesure que le rayonnement solaire change au fil du temps par jour.

- Il ressort clairement de ce qui précède que le débit de la pompe a une relation directe avec le taux de fluctuation du rayonnement solaire.

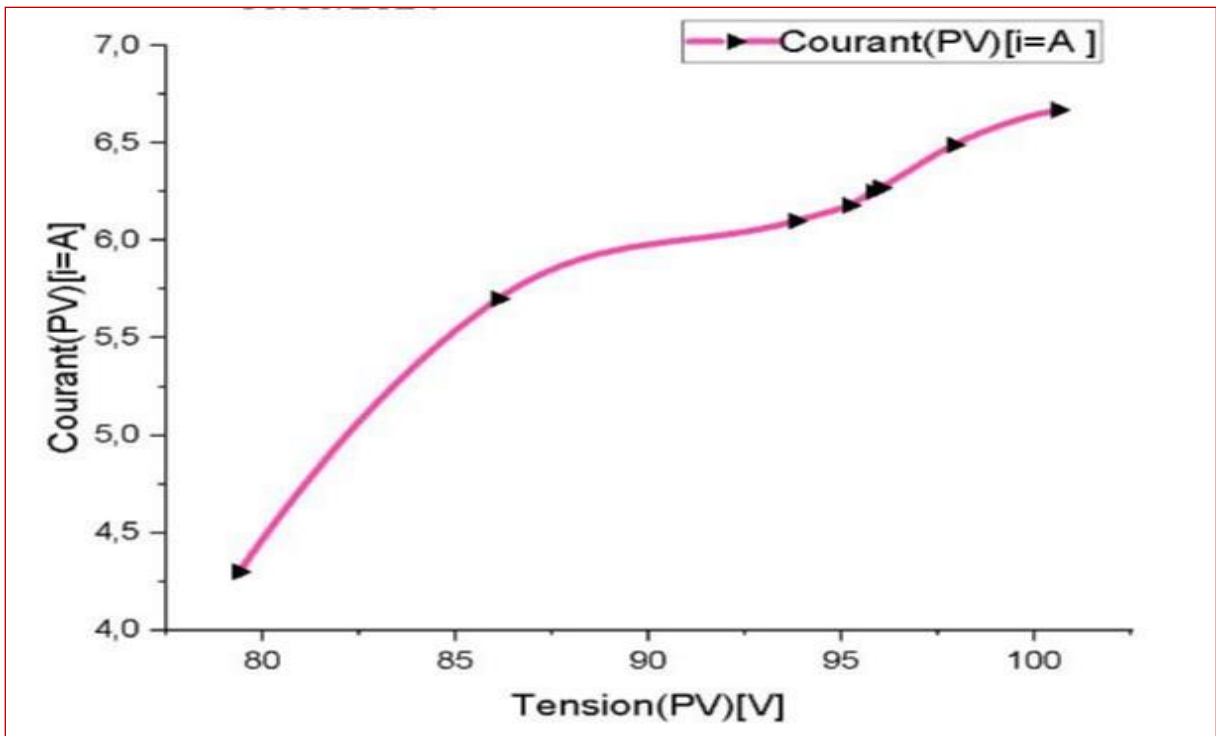


Figure 36: L'évolution de la tension électrique du panneau solaire en fonction du courant électrique pendant la période de repos.

- Le rendement énergétique des panneaux solaires évoluant avec le temps, cela se traduit par une augmentation de la production électrique. Ainsi, une augmentation du courant électrique s'accompagne automatiquement d'une augmentation de la tension entre les extrémités du panneau solaire.

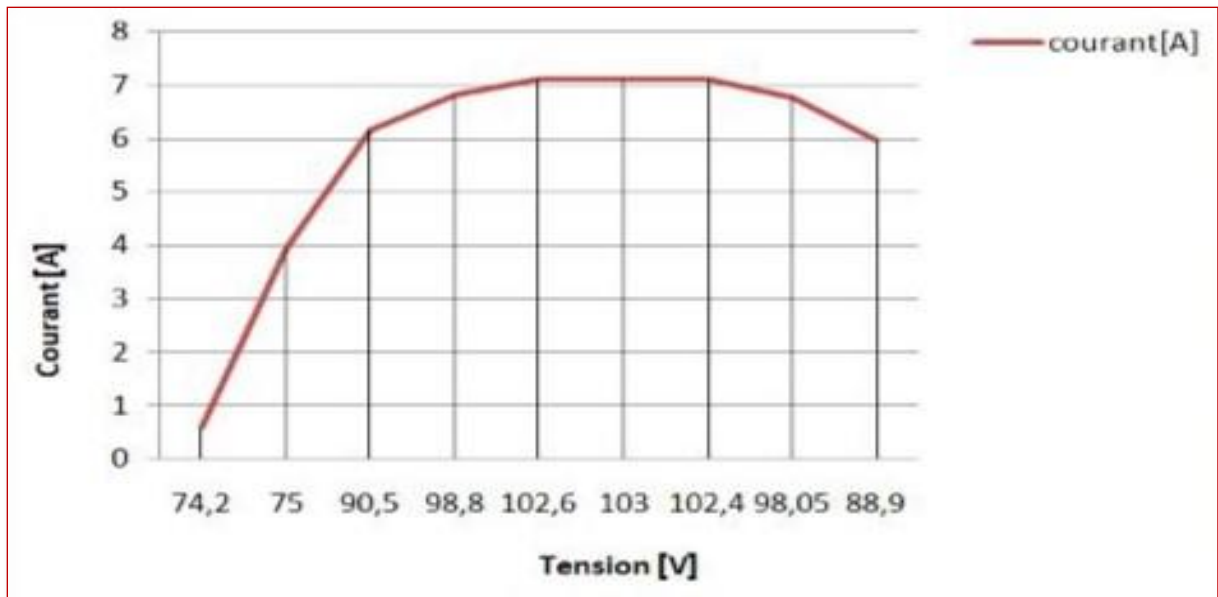


Figure 37: L'évolution de la tension électrique de la pompe à eau en fonction du courant électrique pendant le fonctionnement (pompage).

Le rendement énergétique des panneaux solaires évoluant avec le temps, cela se traduit par une augmentation de la production électrique. Ainsi, une augmentation du courant électrique s'accompagne automatiquement d'une augmentation de la tension entre les extrémités du panneau solaire et la pompe.

✚ Remarque : Les mesures ont été effectuées au Laboratoire des Energies Renouvelables – Université de Biskra

Grâce à l'équipement disponible, des mesures antérieures ont été prises et utilisées pour tracer ces courbes graphiques.

3.3. Conclusion

Dans ce chapitre, les étapes nécessaires à la réalisation du processus de dimensionnement sont mentionnées, ainsi que l'enregistrement de relations suffisantes pour les calculs.

Ensuite, nous avons discuté d'un exemple appliqué du processus de dimensionnement pour le pompage photoélectrique dans la ville de Biskra. Ci-dessous ce chapitre, une simulation du même exemple appliqué sera réalisée par ordinateur à l'aide d'un programme. Elle est ensuite suivie d'une comparaison réelle entre les deux dimensions et caractéristiques obtenues en application et celles obtenues par simulation.

Chapitre IV :

Dimensionnement

avec simulation par

logiciel PVsyst

4.1.introduction

En analysant le comportement des différentes composantes du système de pompage solaire, nous développons des modèles informatiques validés à partir des données de terrain collectées. Le logiciel PVsyst a été développé dans le but d'offrir une grande flexibilité pour simuler différents types d'équipements dans divers environnements d'exploitation. La qualité des résultats fournis par le logiciel dépend en grande partie de la précision des paramètres décrivant les équipements et des données météorologiques. Le logiciel permet de prédire les performances des nouvelles installations et d'assurer une surveillance dynamique des systèmes existants.

4.2.Dimensionnement de la système

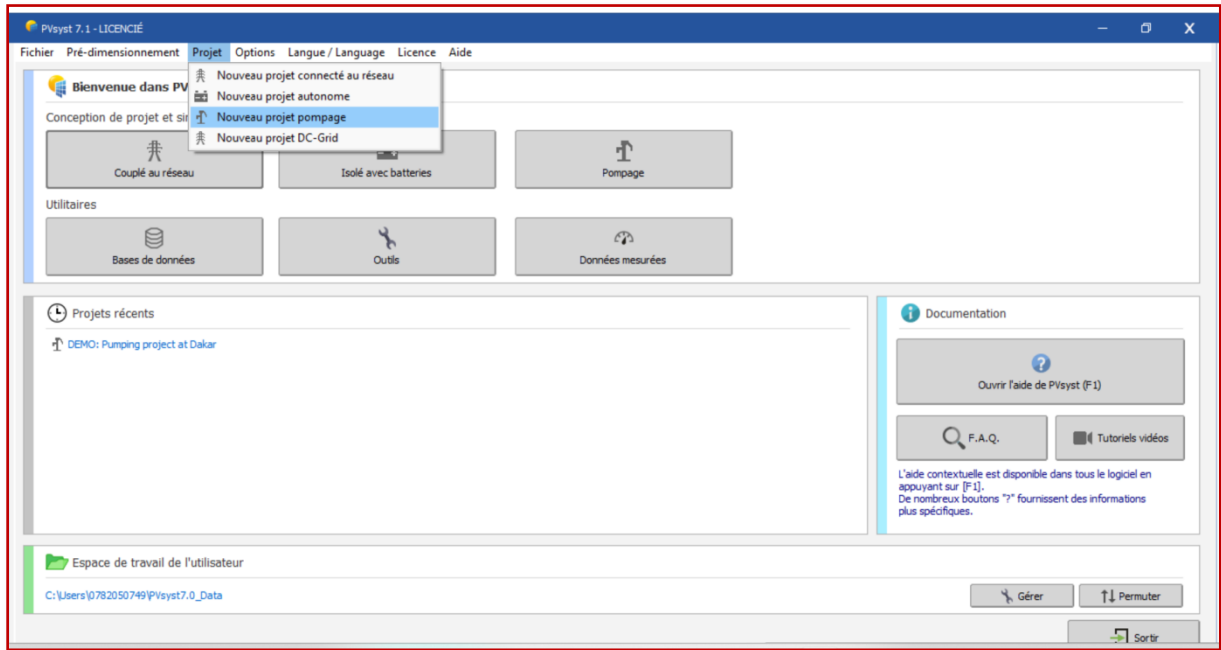
En entrant dans le programme Pvsyst, nous trouvons l'interface utilisateur qui affiche plusieurs types d'opérations de pompage, notamment :

- a) pompage fil soleil (autonome sans batterie).
- b) pompage avec batteries (électrique).
- c) Système raccordé au réseaux.
- d) Système hybride.

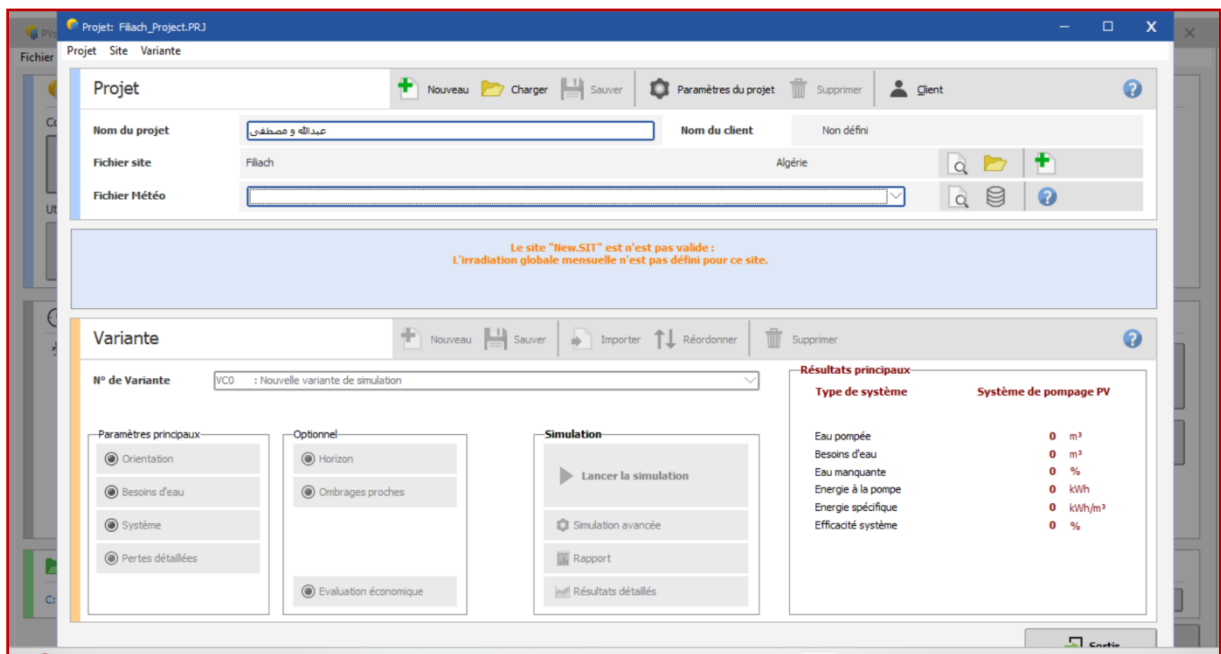
Dans la barre des tâches, nous sélectionnons Projet, puis Nouveau (Pumping Project).

Nous nommons le projet puis saisissons les données de localisation soit manuellement en marquant sur la carte, soit en saisissant directement les coordonnées de la zone.

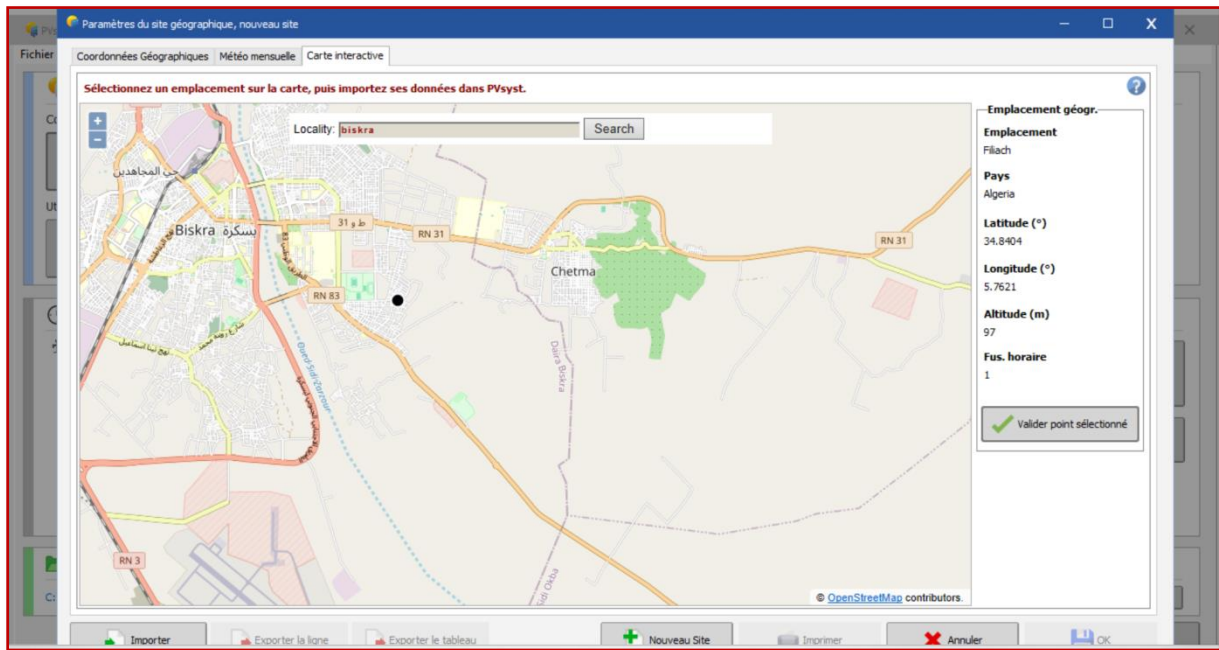
Ensuite, nous suivons les étapes suivantes:



ETAPE 1 PVSYST



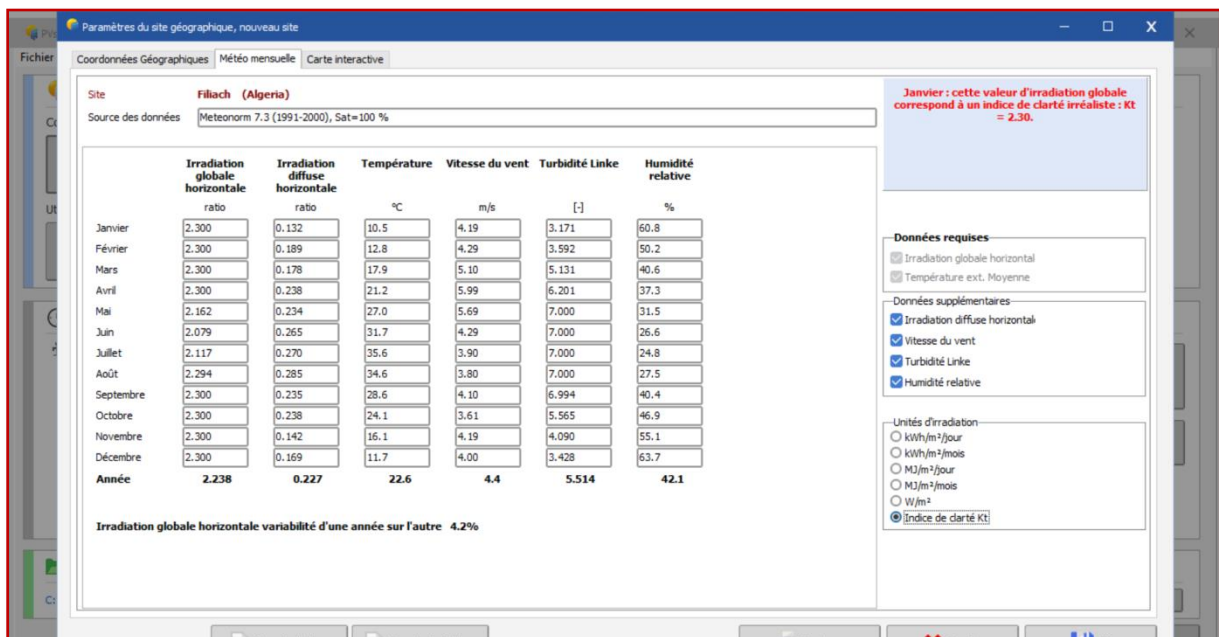
ETAPE 2 PVSYST



ETAPE 3 PVSYST

Il a été noté que le programme PVsyst utilisait un très petit paramètre (indice de clarté), ce qui entraînait une diminution de la valeur du rayonnement solaire par rapport aux valeurs naturelles par défaut.

Le fichier a été créé pour prendre en charge les nouvelles valeurs entières (indice de clarté=2.30).



ETAPE 4 PVSYST

Chapitre IV : Dimensionnement avec simulation par logiciel PVsyst

Site: **Filiach (Algeria)**
Source des données: Meteonom 7.3 (1991-2000), Sat=100 %

| | Irradiation globale horizontale W/m ² | Irradiation diffuse horizontale W/m ² | Température °C | Vitesse du vent m/s | Turbidité Linke [-] | Humidité relative % |
|--------------|---|---|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Janvier | 493.5 | 28.4 | 10.5 | 4.19 | 3.171 | 60.8 |
| Février | 632.6 | 52.1 | 12.8 | 4.29 | 3.592 | 50.2 |
| Mars | 794.5 | 61.4 | 17.9 | 5.10 | 5.131 | 40.6 |
| Avril | 957.9 | 99.3 | 21.2 | 5.99 | 6.201 | 37.3 |
| Mai | 1000.0 | 108.3 | 27.0 | 5.69 | 7.000 | 31.5 |
| Juin | 1000.0 | 127.6 | 31.7 | 4.29 | 7.000 | 26.6 |
| Juillet | 1000.0 | 127.4 | 35.6 | 3.90 | 7.000 | 24.8 |
| Août | 1000.0 | 124.4 | 34.6 | 3.80 | 7.000 | 27.5 |
| Septembre | 859.9 | 87.9 | 28.6 | 4.10 | 6.994 | 40.4 |
| Octobre | 689.6 | 71.2 | 24.1 | 3.61 | 5.565 | 46.9 |
| Novembre | 531.4 | 32.9 | 16.1 | 4.19 | 4.090 | 55.1 |
| Décembre | 452.9 | 33.2 | 11.7 | 4.00 | 3.428 | 63.7 |
| Année | 785.0 | 79.7 | 22.6 | 4.4 | 5.514 | 42.1 |

Irradiation globale horizontale variabilité d'une année sur l'autre: 4.2%

Janvier : cette valeur d'irradiation globale correspond à un indice de clarté irréaliste : $\text{kt} = 2.30$.

Données requises:
 Irradiation globale horizontale
 Température ext. Moyenne

Données supplémentaires:
 Irradiation diffuse horizontale
 Vitesse du vent
 Turbidité Linke
 Humidité relative

Unités d'irradiation:
 kWh/m²/jour
 kWh/m²/mois
 MJ/m²/jour
 MJ/m²/mois
 W/m²
 Indice de clarté kt

ETAPE 5 PVSYST

Il est recommandé de cliquer sur Enregistrer chaque fois que nous saisissons de nouvelles informations.

Projet: Filiach_Project.PRJ

Créer un nouveau projet
Charger un projet
Sauver le projet actif
Supprimer le projet actif
Aide sur le projet actif
Sortir

Nom du client: Non défini

Meteonom 7.3 (1991-2000), Sat=100 %

Algeria

L'orientation n'est pas définie.

Variante: VCO : Nouvelle variante de simulation

Paramètres principaux:
 Orientation
 Besoins d'eau
 Système
 Pertes détaillées

Optionnel:
 Horizon
 Ombrages proches
 Evaluation économique

Simulation:
 Lancer la simulation
 Simulation avancée
 Rapport
 Résultats détaillés

Résultats principaux:

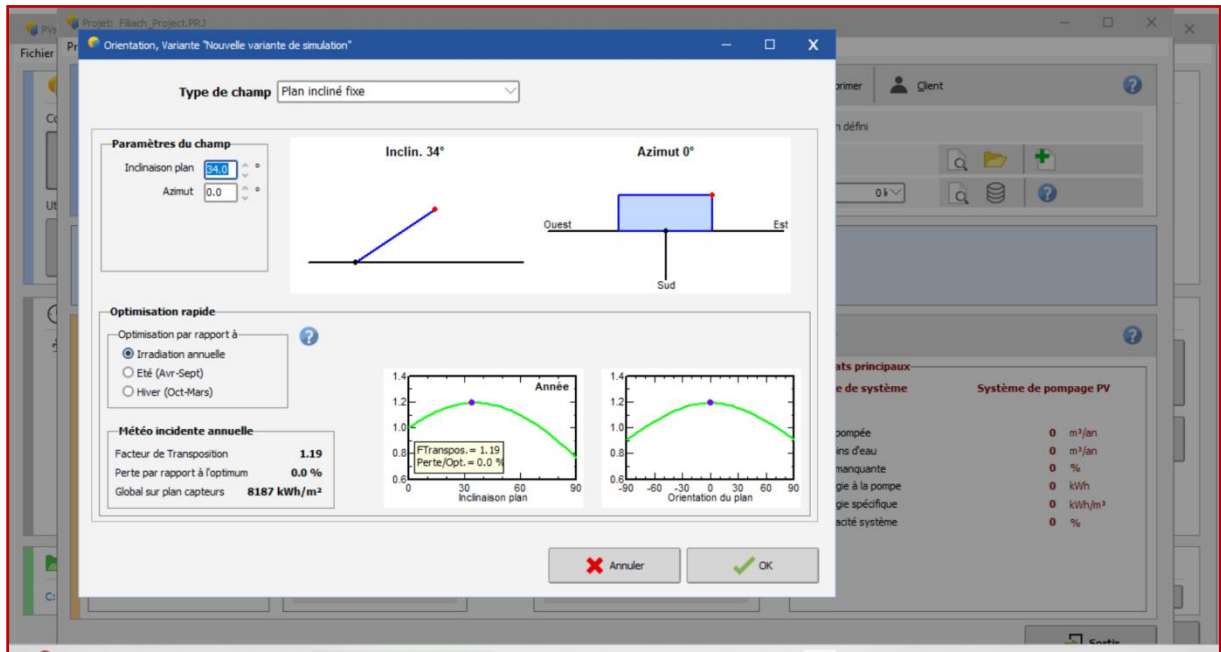
| Type de système | Système de pompage PV |
|--------------------|-----------------------|
| Eau pompée | 0 m ³ |
| Besoins d'eau | 0 m ³ |
| Eau manquante | 0 % |
| Energie à la pompe | 0 kWh |
| Energie spécifique | 0 kWh/m ³ |
| Efficacité système | 0 % |

ETAPE 6 PVSYST

Nous choisissons l'angle d'inclinaison du panneau solaire et azimut.

Pour la ville de Biskra :

Incliné=34°, Azimut=0°



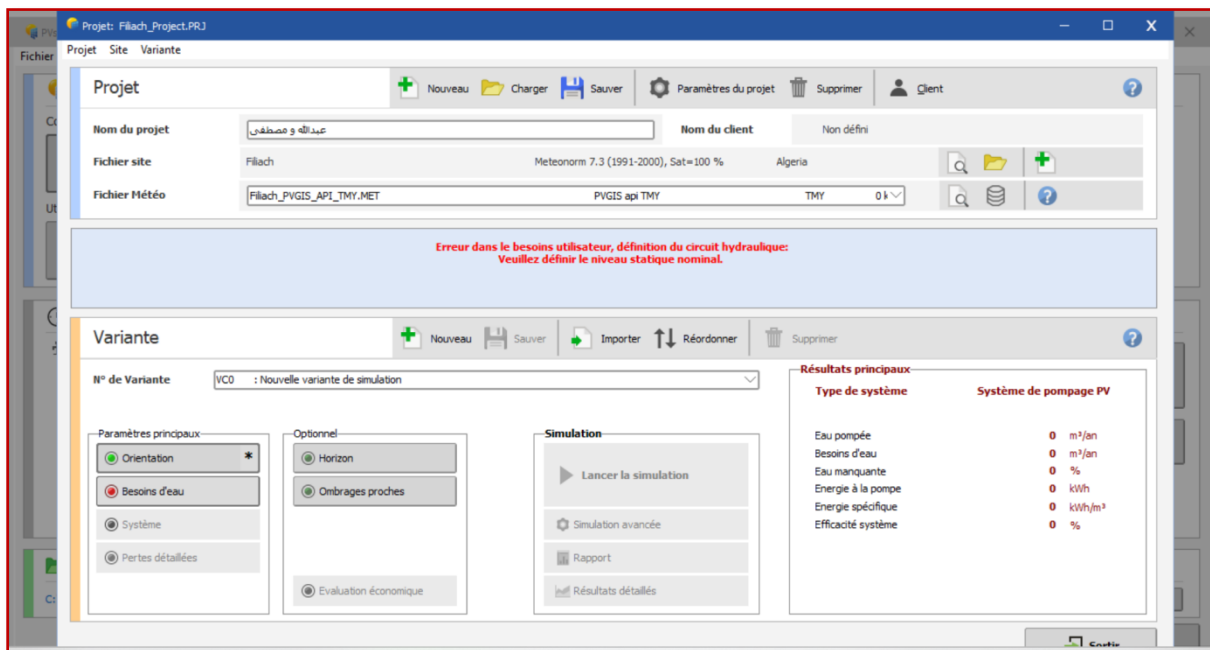
ETAPE 7 PVSYST

Nous avons terminé le processus de données préliminaires pour la région.

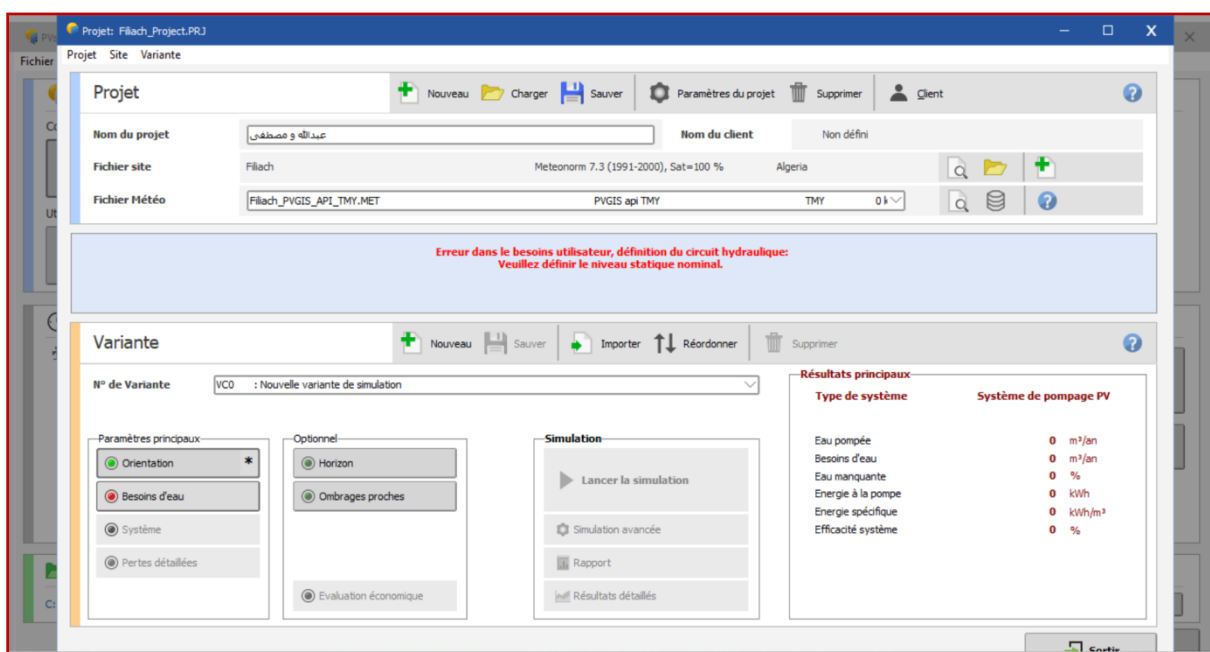
Maintenant, les cases suivantes doivent être remplies dans l'ordre

- ❖ Qui concerne les besoins quotidiens en eau
- ❖ Caractéristiques générales du système (types de plaques et capacité de la pompe)
- ❖ Toutes les pertes pouvant à cause des canaux de d'eau, résultant du réservoir.

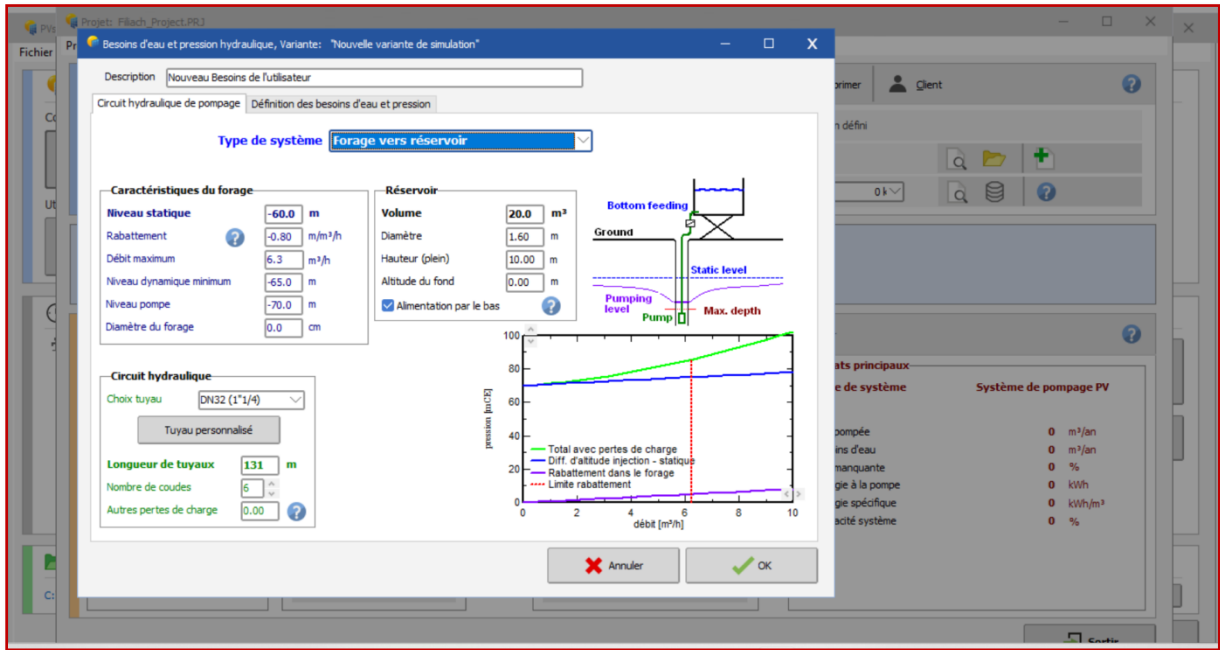
Chapitre IV : Dimensionnement avec simulation par logiciel PVsyst



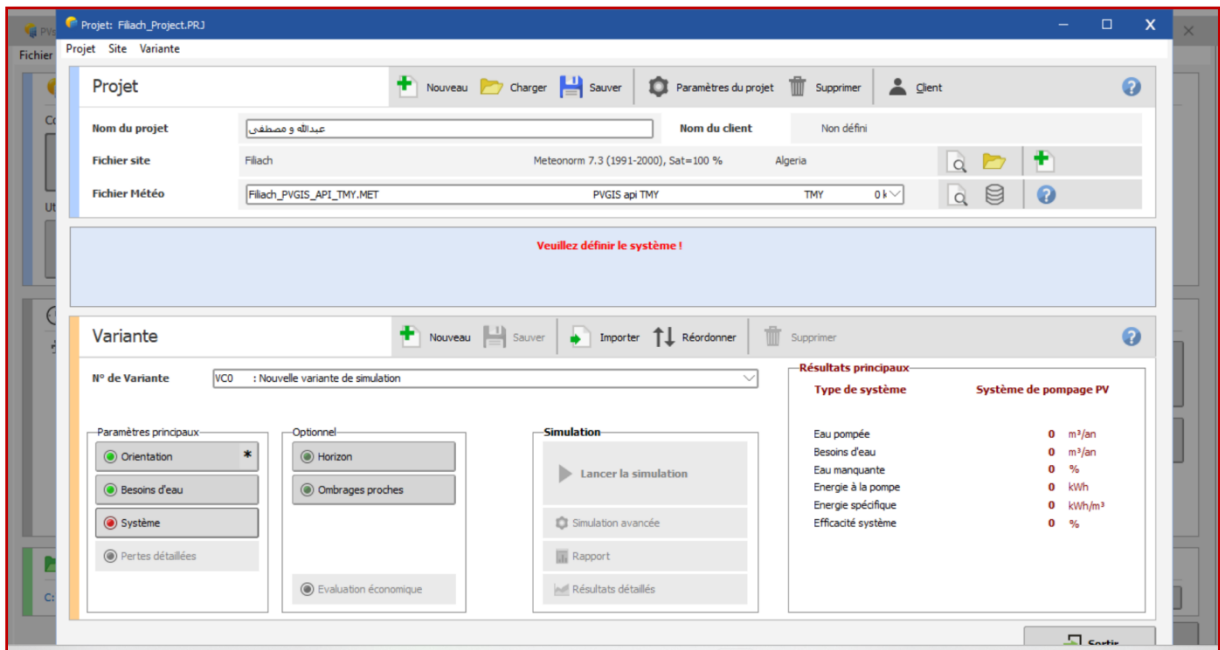
ETAPE 8 PVSYST



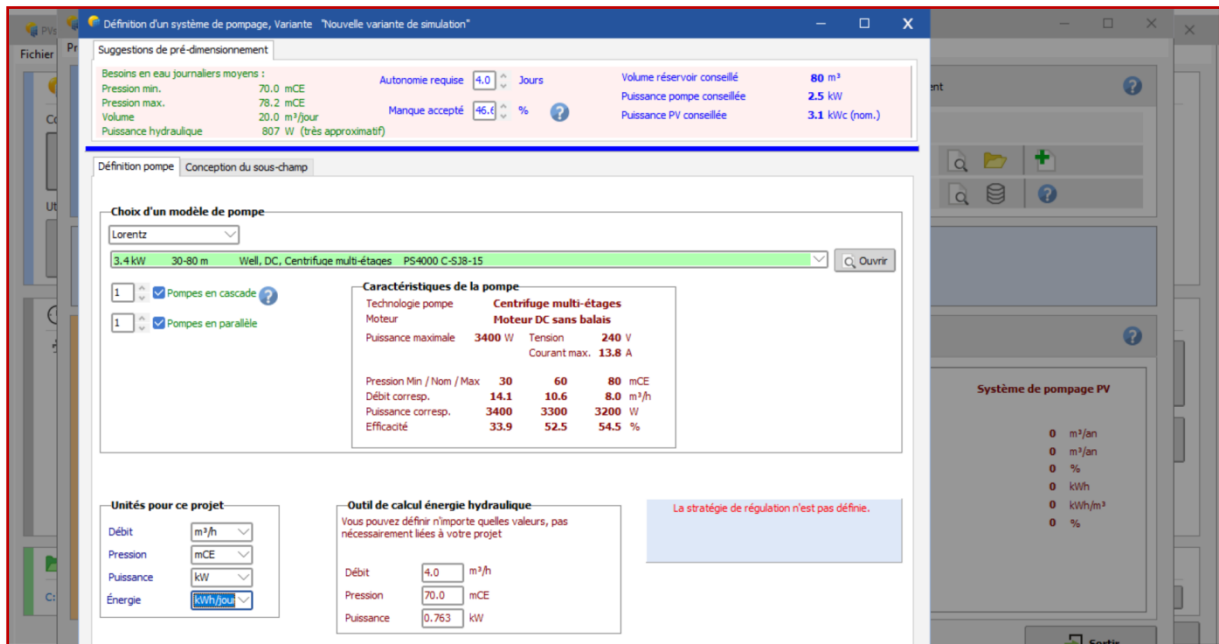
ETAPE 9 PVSYST



ETAPE 10 PVSYST

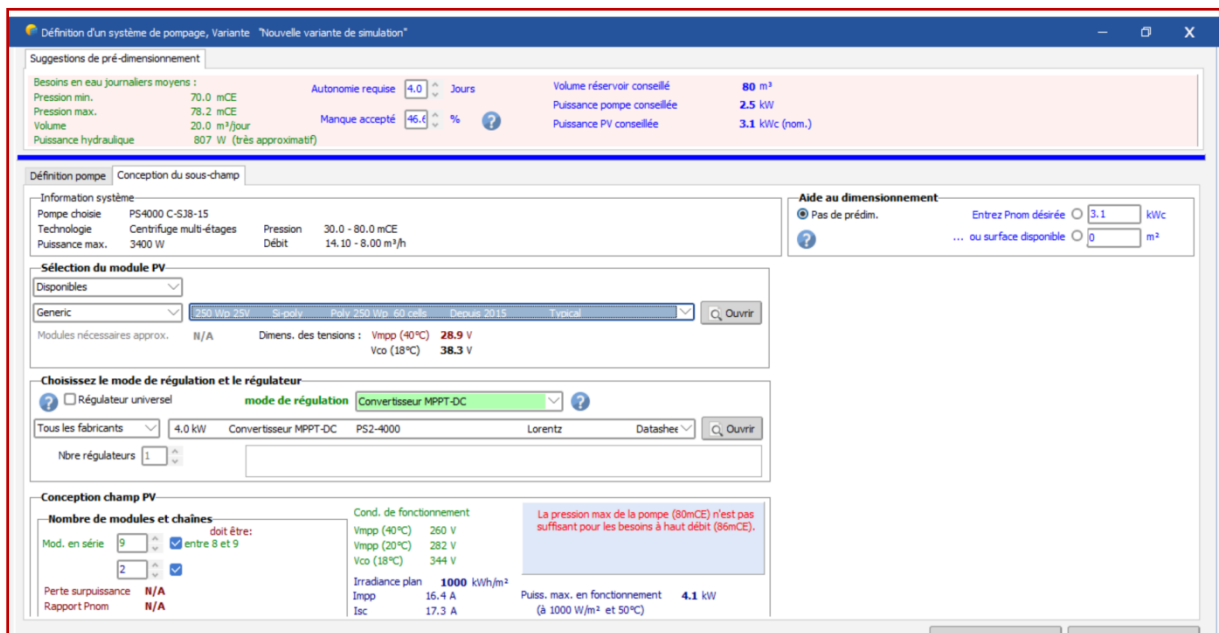


ETAPE 11 PVSYST

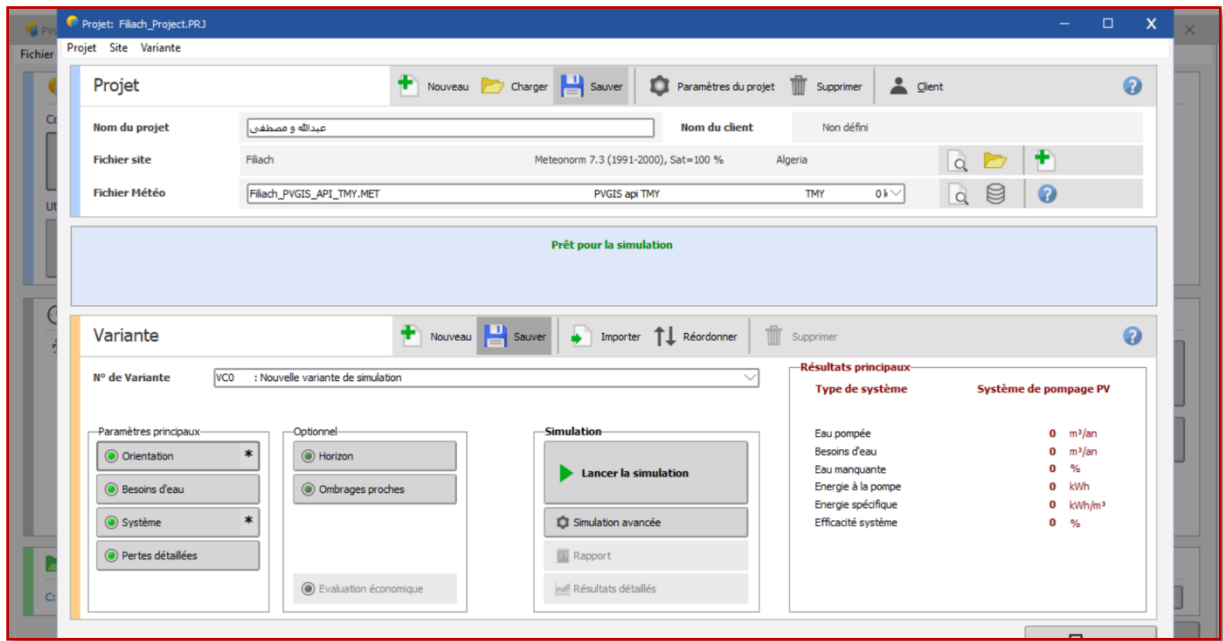


ETAPE 12 PVSYST

Ici l'onduleur est choisi (son type, sa puissance), et ses caractéristiques techniques nécessaires au processus de calcul du nombre de panneaux peuvent également être connues (le programme le fait automatiquement).



ETAPE 13 PVSYST



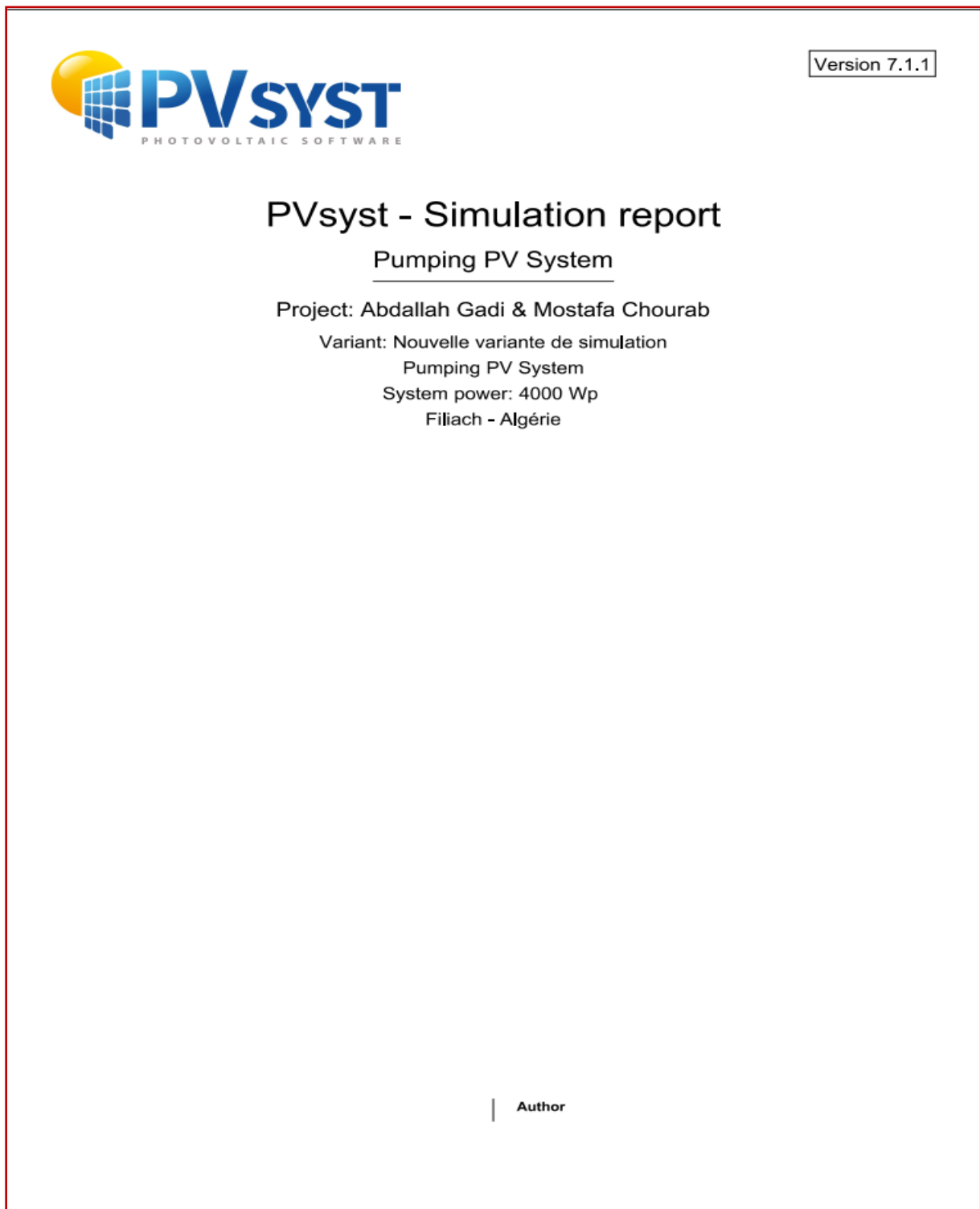
ETAPE 14 PVSYST

Dans la dernière étape, nous cliquons sur Simuler. Le programme lancera le processus de simulation et nous fournira un rapport complet sur les calculs et les caractéristiques nécessaires pour dimensionner notre station de pompage photovoltaïque.

Nous présenterons ci-dessous les résultats obtenus.

4.4.Résultats et analyse :

Les Figure suivantes représentent le rapport obtenu par le programme PVsyst :



RAPPORT 01 PVSYST



Project: Abdallah Gadi & Mostafa Chourab

Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.1.1

Simulation date:
03/06/24 14:55
with v7.1.1

Project summary

| Geographical Site | Situation | Project settings |
|-------------------|-------------------|------------------|
| Filiach | Latitude 34,82 °N | Albedo 0,20 |
| Algérie | Longitude 5,75 °E | |
| | Altitude 140 m | |
| | Time zone UTC+1 | |
| Meteo data | | |
| Filiach | | |
| PVGIS api TMY | | |

System summary

| Pumping PV System | Deep Well to Storage |
|-----------------------------|---|
| PV Field Orientation | Water needs |
| Fixed plane | Yearly constant 20,00 m ³ /day |
| Tilt/Azimuth 34 / 0 ° | |
| System information | |
| PV Array | |
| Nb. of modules 16 units | |
| Pnom total 4000 Wp | |

Results summary

| Water | Energy | Efficiencies |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Water Pumped 6578 m ³ | Energy At Pump 3187 kWh | System efficiency 39,9 % |
| Specific 227 m ³ /kWp/bar | Specific 0,48 kWh/m ³ | Pump efficiency 43,1 % |
| Water needs 7300 m ³ | Unused (tank full) | |
| Missing Water 9,9 % | Unused PV energy 976 kWh | |
| | Unused Fraction 12,2 % | |

Table of contents

| | |
|---|---|
| Project and results summary | 2 |
| General parameters, PV Array Characteristics, System losses | 3 |
| Main results | 5 |
| Loss diagram | 6 |
| Special graphs | 7 |



Project: Abdallah Gadi & Mostafa Chourab

Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.1.1

Simulation date:
03/06/24 14:55
with v7.1.1

General parameters

| | | | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|---------------------|--------|
| Pumping PV System | | Deep Well to Storage | | Storage tank | |
| System Requirements | | Well characteristics | | Volume 20,0 m³ | |
| Basic Head | 66 meterW | Static level depth | -60 m | Diameter | 1,6 m |
| Water needs | | Specific drawdown | -0,80 m/m³/h | Feeding by bottom | |
| Yearly constant | 20,00 m³/day | Diameter | 0 cm | Bottom Level | 0,0 m |
| | | Pump level | -70 m | Height (full level) | 10,0 m |
| | | Lower dynamic level | -65 m | | |
| Hydraulic circuit | | PV Field Orientation | | | |
| Piping length | 131 m | Fixed plane | | | |
| Pipes | DN32 | Tilt/Azimuth | 34 / 0 ° | | |
| Dint | 36 mm | | | | |


PV Array and Pump

| PV module | | Pump | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---|---|------|-----------|----------|-----------|--|-------------------|------|------|------|---|------------|-------|------|------|------|--|------|------|------|---|
| Manufacturer | Generic | Manufacturer | Shakti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Model | Poly 250 Wp 60 cells | Model | Submersible QF 20-13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Original PVsyst database) | | Pump Technology | Centrifugal Multistage | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unit Nom. Power | 250 Wp | | Deep well pump | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Number of PV modules | 16 units | Motor | AC motor, triphased | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nominal (STC) | 4000 Wp | Operating conditions | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modules | 2 Strings x 8 In series | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Head min.</th> <th>Head Nom</th> <th>Head max.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corresp. Flowrate</td> <td>59,0</td> <td>72,0</td> <td>81,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Req. power</td> <td>12,00</td> <td>8,00</td> <td>4,00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3326</td> <td>2803</td> <td>2102</td> <td>W</td> </tr> </tbody> </table> | | | Head min. | Head Nom | Head max. | | Corresp. Flowrate | 59,0 | 72,0 | 81,0 | m | Req. power | 12,00 | 8,00 | 4,00 | m³/h | | 3326 | 2803 | 2102 | W |
| | Head min. | Head Nom | Head max. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corresp. Flowrate | 59,0 | 72,0 | 81,0 | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Req. power | 12,00 | 8,00 | 4,00 | m³/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3326 | 2803 | 2102 | W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| At operating cond. (50°C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pmpp | 3619 Wp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U mpp | 221 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I mpp | 16 A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total PV power | | Control device | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nominal (STC) | 4 kWp | Model | Generic device (optimised for the system) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 16 modules | System Configuration | MPPT-AC inverter | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| System Operating Control | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Generic device params adjusted acc. to the system | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Power Conditioning Unit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Type | MPPT-AC inverter | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Operating conditions | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nominal power | 3000 W | Minimum MPP Voltage | 160 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Power Threshold | 30 W | Maximum MPP Voltage | 290 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Max. efficiency | 97,0 % | Maximum Array Voltage | 321 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EURO efficiency | 95,0 % | Maximum Input Current | 4,6 A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

System losses

| | | | | | |
|--|---------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------|
| Thermal Loss factor | | DC wiring losses | | Module Quality Loss | |
| Module temperature according to irradiance | | Global array res. | 226 mΩ | Loss Fraction | -0,8 % |
| Uc (const) | 20,0 W/m²K | Loss Fraction | 1,5 % at STC | | |
| Uv (wind) | 0,0 W/m²K/m/s | | | | |
| Module mismatch losses | | Strings Mismatch loss | | | |
| Loss Fraction | 2,0 % at MPP | Loss Fraction | 0,1 % | | |

RAPPORT 03 PVSYST



PVsyst V7.1.1
Simulation date:
03/06/24 14:55
with v7.1.1

Project: Abdallah Gadi & Mostafa Chourab

Variant: Nouvelle variante de simulation

System losses

IAM loss factor
Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1,526

| 0° | 30° | 50° | 60° | 70° | 75° | 80° | 85° | 90° |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.000 | 0.998 | 0.981 | 0.948 | 0.862 | 0.776 | 0.636 | 0.403 | 0.000 |

03/06/24PVsyst Licensed toPage 4/7

RAPPORT 04 PVSYST



Project: Abdallah Gadi & Mostafa Chourab

Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.1.1

Simulation date:
03/06/24 14:55
with v7.1.1

Main results

System Production

Water

Water Pumped 6578 m³
Specific 227 m³/kWp/bar
Water needs 7300 m³
Missing Water 9.9 %

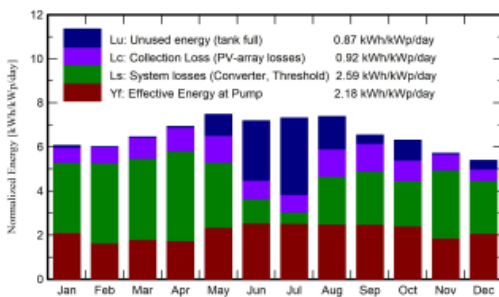
Energy

Energy At Pump 3187 kWh
Specific 0,48 kWh/m³
Unused (tank full)
Unused PV energy 976 kWh
Unused Fraction 12.2 %

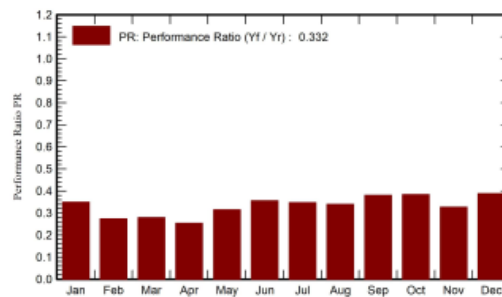
Efficiencies

System efficiency 39.9 %
Pump efficiency 43.1 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

| | GlobEff kWh/m ² | EArrMPP kWh | E_PmpOp kWh | ETkFull kWh | H_Pump meterW | WPumped m ³ | W_Used m ³ | W_Miss m ³ |
|-----------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| January | 184.7 | 665.9 | 262.5 | 8.3 | 74.61 | 581.9 | 581.2 | 38.8 |
| February | 165.4 | 591.4 | 184.2 | 0.0 | 72.06 | 405.7 | 416.4 | 143.6 |
| March | 195.9 | 679.3 | 223.8 | 0.3 | 70.16 | 457.2 | 457.2 | 162.8 |
| April | 202.1 | 701.1 | 210.4 | 2.5 | 70.72 | 443.7 | 442.6 | 157.4 |
| May | 224.9 | 753.7 | 292.1 | 90.9 | 74.02 | 591.4 | 578.4 | 41.6 |
| June | 208.9 | 695.2 | 307.0 | 247.3 | 75.54 | 600.8 | 600.0 | 0.0 |
| July | 220.0 | 713.9 | 314.9 | 322.8 | 75.83 | 620.0 | 620.0 | 0.0 |
| August | 222.8 | 722.9 | 310.6 | 138.5 | 75.91 | 617.1 | 620.0 | 0.0 |
| September | 191.5 | 624.2 | 298.5 | 34.9 | 74.59 | 598.5 | 596.5 | 3.5 |
| October | 191.7 | 646.0 | 300.0 | 88.1 | 75.26 | 616.4 | 616.4 | 3.6 |
| November | 168.5 | 596.9 | 224.1 | 2.2 | 71.37 | 479.8 | 487.4 | 112.6 |
| December | 164.2 | 597.7 | 258.9 | 40.5 | 74.12 | 565.9 | 559.5 | 60.5 |
| Year | 2340,6 | 7988,2 | 3187,1 | 976,3 | 73,87 | 6578,3 | 6575,4 | 724,6 |

Legends

GlobEff Effective Global, corr, for IAM and shadings
EArrMPP Array virtual energy at MPP
E_PmpOp Pump operating energy
ETkFull Unused energy (tank full)
H_Pump Average total Head at pump
WPumped Water volume pumped
W_Used Water drawn by the user
W_Miss Missing water

RAPPORT 05 PVSYST

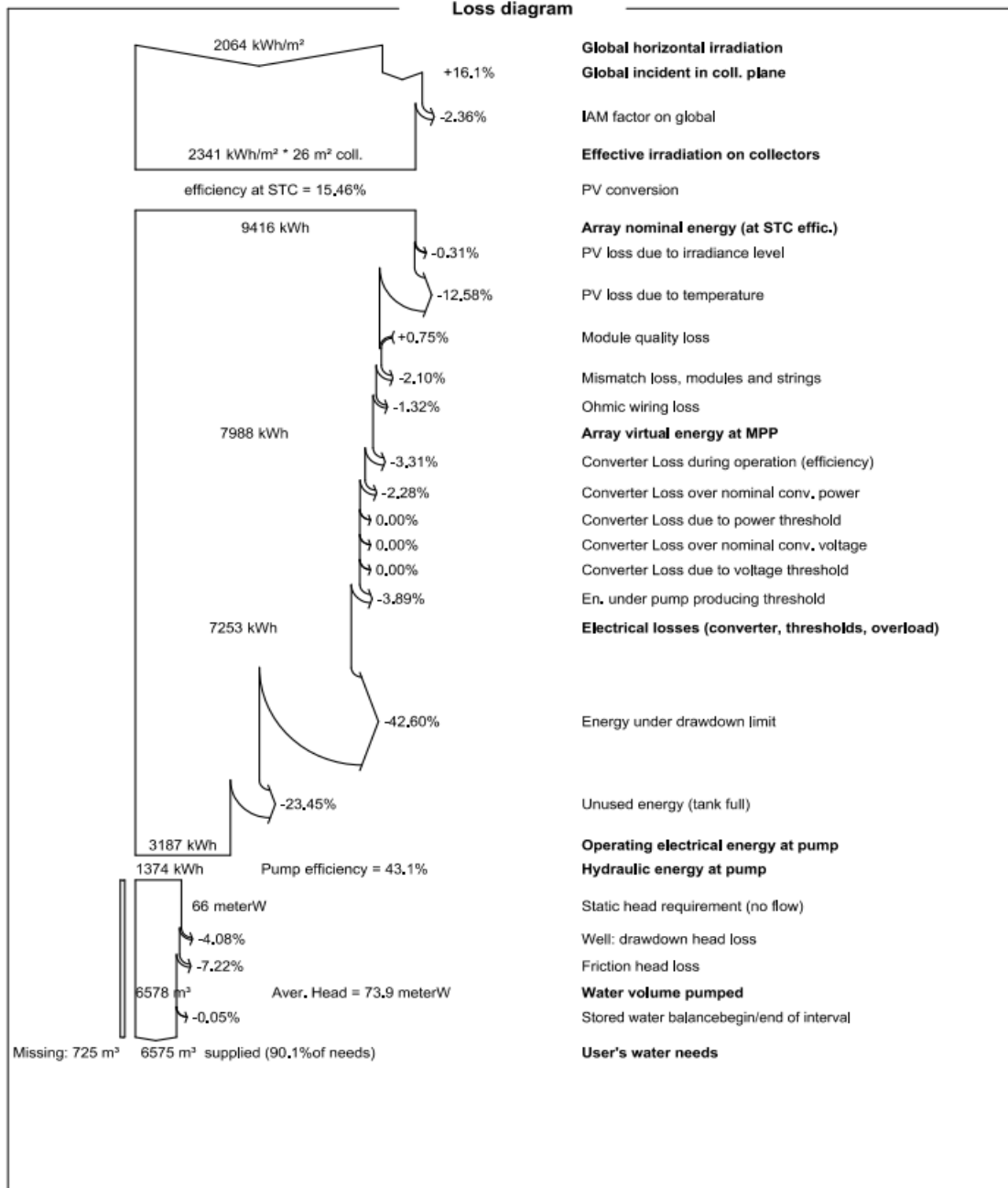


PVsyst V7.1.1
Simulation date:
03/06/24 14:55
with v7.1.1

Project: Abdallah Gadi & Mostafa Chourab

Variant: Nouvelle variante de simulation

Loss diagram



RAPPORT 06 PVSYST

4.5. Conclusion du chapitre

Le programme s'appuie dans son algorithme sur la nature de la zone étudiée, ainsi que sur les données fournies par l'agriculteur concernant ses besoins quotidiens en eau, ainsi que le rendement énergétique qu'il espère produire.

Par conséquent, les résultats du programme diffèrent à chaque fois en fonction des entrées. Cependant, on peut s'y fier lors de l'étude technique et pour déterminer les dimensions appropriées du système de pompage Photovoltaïque.

Grâce à la modélisation informatique de notre système de pompage photoélectrique, après une étude théorique et expérimentale, nous avons pu augmenter la précision du processus et observer plus efficacement les différentes propriétés et effets présents dans ce système.

Nous notons que la solution analytique, dans laquelle nous nous sommes appuyés sur des résultats expérimentaux, était plus proche que la solution de modélisation informatique.

Les graphiques sont adaptés à la solution à l'aide de simulations.

Résultat : L'étude existante étant proche de celle utilisée par le programme de simulation et de dimensionnement, on peut dire que ce système est efficace et efficient et permet d'obtenir de bons rendements énergétiques. Il peut être réalisé dans la réalité, en tenant compte des étapes mentionnées ci-dessus. la nature de la région et la force du rayonnement solaire.

Bibliographie

1. القرآن الكريم. سورة السجدة-الآية 27.

2. quranenc. [En ligne] [Citation : 09 06 2024.]

https://quranenc.com/ar/browse/french_montada/32/#27. [AS-SAJDAH:27].

3. **Abdel Karim Omran, Hanan.** *Le problème du logement aléatoire dans la ville de Hilla, Thèse de Doctorat.* Wasit-IRAQ : Université de Wasit - Collège d'éducation Département de géographie - Études supérieures-Stade doctora, 2016.

4. **Royer, Jimmy, et al., et al.** *LE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE.* canada : Bibliothèque nationale du Canada, 1998. 2-89481-006-7.

5. **BANDOU, FARIDA.** *Diagnostic de pannes d'un système de pompage photovoltaïque, MEMOIRE DE MAGISTER.* Tizi-Ouzou : Université UMMTO (Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou), 2010.

6. **Ould Zeidane, Bouna.** *Contribution to the Study of the Grid Connected Case of the Domestic Load, Mémoire de Magister en Electrotechnique.* BATNA : UNIVERSITE DE BATNA-Faculté des Sciences de l'Ingénieur, 2006.

7. *Dimensionnement d'une station de pompage solaire, cours.*

8. **Gergaud, Olivier.** *Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur, thèse de doctorat.* Français-Cachan : École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan, 2002.

9. **FAÏ, Sylvie.** *L'OXYDE DE ZINC PAR DÉPÔT CHIMIQUE EN PHASE VAPEUR COMME CONTACT ÉLECTRIQUE TRANSPARENT ET DIFFUSEUR DE LUMIÈRE POUR LES CELLULES SOLAIRES, THÈSE de doctorat.* LAUSANNE : FACULTÉ SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR, ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, 2003.

10. **Bendjellouli, Zakaria.** *Contribuer à LA MODELISATION D'UNE CELLULE SOLAIRE, Diplôme de Magistère.* BECHAR : UNIVERSITE DE BECHAR-Faculté des Sciences et Technologie, 2009.

11. *OPTICAL MODELING AND SIMULATION OF THIN-FILM PHOTOVOLTAIC DEVICES.* **Taylor & Francis Group, LLC.** Boca Raton : CRC Press, 04-02-2013. 13: 978-1-4398-1850-3.

12. **Carrier, Francois.** *Dimensionnement du réservoir dans un système de Pompage photoélectrique, Programme de maîtrise En Sciences Appliquées.* Ottawa-canada : Département de génies Civil Université d'Ottawa, 1991. 0-315-75063-3.

13. **MAUGUIT, QUENTIN.** *Les cellules au CdTe : minces, rentables... mais toxiques ? s.l. : média web-FUTURA, LE 23 SEPTEMBRE 2013.*

14. **Destruel, Pierre et Seguy, Isabelle, Article.** *Les cellules photovoltaïques organiques. Reflets de la Physique, Dossier Photovoltaïque.* Laboratoire Plasmas et Conversion d'Énergie, Vol. III, UMR CNRS 5213, pp. 16-17.

15. **OUSTANI, Islam et BOUZIANE, Akram.** *Etude et Simulation d'un panneau photovoltaïque, mémoire de Master.* ANNABA : Faculté Sciences de l'ingéniorat-UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA, 2021.

16. *Optical modeling of α -Si:H solar cells with rough interfaces: Effect of back contact and interface roughness.* **Miro, Zeman, Van Swaaij, R.A.C.M.M et Schropp, R.E.I.** 88,(6436 - 6443), s.l. : Journal of Applied Physics, January 2001, Vol. XI. 10.1063/1.1324690.

17. **LOUAZENE, Mohamed Lakhdar.** *Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla, Mémoire de Magister.* s.l. : UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR - BATNA-Faculté des Sciences de l'Ingénieur, 06/2008.

18. **Peces, Ana Izquierdo.** *ETUDE, DIMENSIONNEMENT ET VALIDATION D'UNE POMPE VOLUMETRIQUE.* Paris : Ecole Nationale Supérieure D'Arts et Métiers, JUIN 2012. PJE – FISE – PA – F12082.

19. **HALILA, ANOUAR.** *STUDE DES MACHINES A COURANT CONTINU, Mémoire de magistère.* Canada : Ottawa : National Library of Canada = Bibliothèque nationale du Canada, 2002.

20. **Planas, Oriol.** DEMOTOR. *DEMOTOR.* [En ligne] 17 11 2016. [Citation : 28 05 2024.] <https://fr.demotor.net/moteurs-electriques/moteurs-a-courant-alternatif>.

21. **MESRANE, Abdelfettah, CHIKH, Madjid et SELLAMI, Rabah.** *Guide Technique des Installations Solaires Photovoltaïques Autonomes.* Alger : Le Commissariat aux Energies Renouvelables et à l'Efficacité Énergétique (CEREFÉ), 2022. 2716-8654.

22. **Lahlouh, Mohamed Ridha et Azizou, Abderrahmane.** *Etude et réalisation d'un Système d'irrigation, Mémoire de Master.* s.l. : Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana-Faculté des Sciences et de la Technologie, 2018.

23. conversion des unités. *conversion des unités.org.* [En ligne] <https://www.conversiondesunites.com/pression-pa-atm-bar-mpa-mh20-mmhg-psi.php>.

24. **Electric, Schneider.** *frwiki/Limite_maximale_de_la_chute_de_tension. Wiki Installation électrique.* [En ligne] [Citation : 03 06 2024.] https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Limite_maximale_de_la_chute_de_tension.

25. **BANDOU, FARIDA.** *CONTRIBUTION À L'ANALYSE DES PERFORMANCES ÉLECTRIQUES ET THERMIQUES DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES DE DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES, THÈSE DE DOCTORAT.* TIZI-OUZOU : FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE-UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU, 2016.

26. *date and time.* [En ligne] [Citation : 29 05 2024.] <http://dateandtime.info/fr/citycoordinates.php?id=2503826>.

27. **TOUNKARA, Mahamadou.** *Le pompage photovoltaïque: Une Alternative pour l'approvisionnement eau en zones péri-urbaines des pays en développement.* Ottawa, Canada : L'institut d'Ottawa-carleton de Génie civil-Université d'Ottawa, 1996. 0-612-16470-5.

28. **SUPERBOUGNAT.** *revenons-a-lheure-solaire. SUPERBOUGNAT.* [En ligne] 13 02 2019. [Citation : 02 06 2024.] <https://superbougat.fr/revenons-a-lheure-solaire/>.

29. **Soleil, Alliance.** *Pompage au fil du soleil.* [En ligne] www.alliancesoleil.com.

30. **Petibon, Stéphane.** *Nouvelles architectures distribuées de gestion et conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques, Thèse de doctorat.* Toulouse-Français : Université Paul Sabatier-Toulouse III-, 2009.

31. **Meunier, Simon.** *Optimal design of photovoltaic water pumping systems for rural communities – a technical, economic and social approach*, Thèse de doctorat. Paris : Université Paris-Saclay-Ecole doctorale n°575 Electrical, optical, bio-physics and engineering, 2019. 2019SACLS440.
32. **MATHLVET, M.** Électricité : Comparaison entre le courant continu et le courant alternatif. *LA HOUILL E B L A N C H E*. International Water Journal- la Société Hydrotechnique de France, 29 06 2011, Vol. 24, 6, pp. 177–182.
33. **LOUAZENE, Mohamed Lakhdar.** *Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla*, Mémoire de Magister. Batna : Faculté des Sciences de l'Ingénieur-UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR, 2008.
34. **GHRIB, Sadam.** *Etude et dimensionnement d'un système PV/ diesel non autonome pour le pompage de l'eau*, Mémoire de MASTER. Biskra : Université Mohamed Khider Biskra-Faculté des Sciences et de la Technologie, 2016.
35. **Engineering, Akihiro Oi the Degree of Master of Science in Electrical.** *DESIGN AND SIMULATION OF PHOTOVOLTAIC WATER PUMPING SYSTEM*. California : Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 26 September 2005.
36. UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. *World Health Organization* . [En ligne] 2010 Update. [Citation : 23 05 2024.] <https://www.who.int/>. 978 92 4 156395 6.
37. Station météo Capricorn FLX. *Laboratoire LARHYSS*. [En ligne] 09 05 2024. [Citation : 30 05 2024.] <https://columbiaweather.com/solar-radiation>. 202004.
38. solaris store. *solaris-store*. [En ligne] [Citation : 28 05 2024.] <https://www.solaris-store.com/>.
39. panellipumps. *panellipumps*. [En ligne] [Citation : 27 05 2024.] <https://www.panellipumps.it/fr/>.
40. **ÉQUIPÉE, LA CENTRALE SOLAIRE DE LA NARBONNAISE (AUDE) EST.**
41. —. *EST ÉQUIPÉE DE 95.000 PANNEAUX SOLAIRES AU CDTE. ELLE A ÉTÉ INAUGURÉE*. s.l. : © H. HÔTE (AGENCE CAMÉLÉON), 8 DÉCEMBRE 2008.

- **Situation géographique et administrative**

La wilaya de Biskra se situe dans une zone charnière entre le Tell et le Sahara, son chef-lieu se situe sur :

Tableau : Situation géographique et administrative (ONM).

| | |
|----------------------|------------------|
| Longitude [°] | 34° 48' <i>N</i> |
| Latitude [°] | 5° 44' <i>E</i> |
| Altitude [m] | 140 m |

tolleranza alla sabbia 400 g/m³ - sand tolerance 400 g/m³

PANELLI® 6" 140 PR 140 PRX

ELECTROPOMPES IMMERGEES TUBEE 6" (SERIES 140 PR N - 140 PRX N)
 Les pompes immergées de la série 140 PR N dans la gamme des pompes immergées 6" sont unique au monde à avoir une roue à flotteur.
 Ce concept innovateur et breveté permet de faire face à des utilisations lourdes et continues, sans toute fois, renoncer à des performances et rendement qui sont au sommet du secteur, avec une compétitivité significative du produit sur toute la gamme, également au niveau économique.
 Les pompes sont conçues pour des eaux claires dans toutes applications domestiques, industrielles, systèmes de surpression, groupe incendie, irrigation et réseaux d'eau publique.

ADVANTAGES
 - Haut rendement
 - Résistance élevée à l'abrasion du sable
 - Durée de vie très importante grâce à la qualité des matériaux et à la conception de la roue flottante
 - Maintenance réduite

MATERIAUX
 Les matériaux d'exécution standard sont les suivants: Roue en technopolymère (Evanar), Diffusor en Acier Inox AISI 304, Paire de roulement et cage d'agrippation en fonte. Mécanisme G 25, Clapet de retenue légère et capacitif incorporé directement dans la pompe. Outre une maintenance de construction de série, les pompes peuvent être fournies avec des pièces de roulement et cages d'agrippation en fonte mécanique G 25, avec le clapet de retenue en Acier INOX AISI 304 incorporé.
 Disponible aussi avec cage d'agrippation et roulement en acier inoxydable AISI 304.

PERFORMANCES HYDRAULIQUES
 Capacité jusqu'à 48 m³/h. Hauteur manométrique jusqu'à 530 m. Puissance jusqu'à 37 Kw - 50 HP
 Quantité maximale de sable tolérée dans l'eau: 400 g/m³

ELECTROBOMBAS SUMERGIDAS INTUBADAS 6" (SERIES 140 PR N 140 PRX N)
 Las bombas sumergidas de la serie 140 PR N, dentro de la gama de las bombas sumergidas de 6" son las únicas en el mundo con el rotor flotante. Este concepto innovador y patentado permite el uso en trabajos pesados y continuos sin por ello renunciar a prestaciones y rendimientos al top de su segmento, con una notable competitividad del producto en todo su gama a nivel económico.
 Convierte para el bombeo de aguas limpias en aplicaciones civiles e industriales, así como en sistemas de agua a nivel doméstico, industrial, en grupos de presión, sistemas contra incendios, irrigación y sistemas de agua pública.

VENTAJAS
 - Elevada eficiencia
 - Elevada resistencia a la abrasión por arena
 - Durada de vida muy larga gracias a la calidad de los materiales y al concepto del impulsor flotante
 - Mantenimiento mínimo

MATERIALES
 Los materiales en ejecución estándar son los siguientes: Rotor en tecnopolímero (Evanar), Difusor en tecnopolímero (Evanar), Elemento intermedio en Acero Inox AISI 304, Carcasa externa en Acero Inox AISI 304, Cuerpo de aspiración y cuerpo de impulsión en fundición de hierro G25. Válvula de retención (bola de goma) incorporada directamente dentro de la impulsión de la bomba. Bajo demanda están disponibles las versiones 140PRX con aspiración e impulsión en Acero inoxidable AISI304, con la le válvula de retención en Acero inoxidable AISI 304 incorporada.

PRESTACIONES HIDRAULICAS
 Capacidad hasta 48 m³/h
 Altura manométrica hasta 530 m. Potencia hasta 37 Kw - 50 HP
 Cantidad máx. de arena contenida en el agua: 400 g/m³

Tolerance secondo UNI ISO 9906 livello 3B - Tolerance according to UNI ISO 9906 grade 3B

6" PR/PS - 5

tolleranza alla sabbia 400 g/m³ - sand tolerance 400 g/m³

PANELLI® 6" 140 PR8 140 PRX8

MEI ≥ 0,4 50 Hz

| NPSH (m) | 25% | 50% | 75% | 100% |
|--------------------|-----|-----|-----|------|
| 140 PR8 - 140 PRX8 | 2,2 | 2,2 | 3 | 4,8 |

6" PR/PS - 7

fiche_pompe-Panelli-6"140 PR 50Hz

Logiciel puissant pour vos systèmes photovoltaïques :

PVsyst est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais c'est également un outil pédagogique très utile. Il comprend une aide approfondie et contextuelle, qui explique en détail les procédures et les modèles utilisés et fournit une approche confortable avec des conseils dans le développement du projet. PVsyst permet d'importer des données météorologiques provenant d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles.



[logo -Pvsyst]