



Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Réalisé par :

- **Boulila Walid**
- **Akkal Saadi**

Thème

Etude d'un système de pompage solaire

Soutenu le : **03/07/2022**

Devant la commission composée de :

Mr : H. MELLAH	M.C.A	Univ. Bouira	Président
Mr : A. MAAFA	M.C.B	Univ. Bouira	Rapporteur
Mme : Z. AIT SAADI	M.A.A	Univ. Bouira	Examineur

Remerciement

Nous tenons à remercier tout d'abord Allah tout puissant qui nous a aidés à réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance a A.MAAFA nous le remercions de nous avoir encadré, orienté et conseillé. Ainsi que les membres de jury « Monsieur H.Mellah » et « Madame Z.Ait Saadi » d'accepter de juger notre travaille.

Nous tenons à remercier nos très chers parents qui ont toujours été là pour nous, et nous remercions également nos frères et sœurs pour leurs encouragements.

Nous adressons notre sincère remerciement a tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs conseils et leurs critique ont guidé nos réflexions.

Enfin, nous remercions nos amis qui ont toujours été là pour nous, leur encouragements on été d'une grande aide.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père qui a su m'entourer pour que rien n'entrave le déroulement de mes études

A ma très cher mère qui s'est sacrifiée depuis ma naissance pour que je grandisse avec un savoir faire et une patience irremplaçable

A mes frères : achour, youcef

A mes sœurs : badia, ferroudja, nawel

A mon binôme akkal saadi et toute sa famille

A tous mes amis(es) d'études et mes amis(es) intimes.

Boulila Walid

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père qui a su m'entourer pour que rien n'entrave le déroulement de mes études

A ma très cher mère qui s'est sacrifiée depuis ma naissance pour que je grandisse avec un savoir faire et une patience irremplaçable

A mes frères : Mouhand arezki, Mahmoud

A mes sœurs : Chahrazad, Faiza

A mon binôme Boulila Walid et toute sa famille

A tous mes amis(es) d'études et mes amis(es) intimes.

Akçal Saadi

Sommaire

Liste de figure	i
Liste de tableau	iii
Nomenclature.....	iv
Introduction generale.....	1

Chapitre I: Etat de l'art sur le pompage solaire

I.1. Introduction	3
I.2. L'effet photovoltaïque	3
I.3. Les différents types des cellules photovoltaïques	4
I.3.1. La première génération	4
I.3.2. La deuxième génération.....	5
I.3.3. La troisième génération	5
I.4. Différents types des systèmes photovoltaïques	6
I.4.1. Système autonome sans batterie	6
I.4.2. Système autonome avec batterie	6
I.4.3. Système autonome hybrides	7
I.4.4. Système raccordé au réseau	7
I.4.5. Systèmes fonctionnant au fil du soleil (pompage photovoltaïque).....	8
I.5. Association des cellules	8
I.5.1. Association série	8
I.5.2. Association parallèle	9
I.6. Fonctionnement et spécifications des systèmes de pompage photovoltaïque	10
I.6.1. Historique	10
I.6.2. Les composants d'un système de pompage solaire.....	11
I.6.2.1. Un générateur photovoltaïque	11
I.6.2.2. Une unité de conditionnement de puissance, constituée d'un convertisseur électronique (régulateur)	11
I.6.2.3. Une pompe immergée	12
I.6.2.4. Un câblage électrique	12

I.6.2.5. Un réseau hydraulique.....	12
I.7. Théories des pompes	13
I.7.1. Pompe volumétrique	13
I.7.2. Pompe centrifuge.....	14
I.7.2.1. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge	15
I.8. Les types des moteurs	15
I.8.1. Moteur à courant continu.....	16
I.8.2. Moteur à courant alternatif.....	16
I.9. Avantages et inconvénients d'un système de pompage solaire	16
I.9.1. Avantage	16
I.9.2. Inconvénient	16
I.10. Conclusion.....	17

Chapitre II : Dimensionnement de l'installation du pompage solaire

II.1. Introduction	18
II.2. Dimensionnement de l'installation	18
II.3. Situation géographique de la wilaya de Bouira	18
II.4. Le besoin de l'eau journalier	18
II.5. Le débit	18
II.6. Conduite de refoulement.....	20
II.7. Calcul de la vitesse de circulation d'eau.....	20
II.8. Hauteur manométrique totale	21
II.8.1. Niveau statique.....	22
II.8.2. Niveau dynamique	22
II.9. Calcul des pertes de charge	22
II.9.1. Calcul des pertes de charge linéaire.....	22
II.9.2. Calcul des pertes de charge singulière.....	24
II.9.3. Calcul de perte de charge totale	24
II.10. La puissance hydraulique	25
II.11. Détermination de l'énergie hydraulique	25
II.12. Détermination de l'énergie électrique.....	26
II.13. L'énergie à produire.....	26

III.8.1. Rapport détaillée sur le système étudié.....	41
III.8.2. Résultats détaillés.....	43
III.8.2.1. Evaluation de la production normalisée	44
III.8.2.2. Diagramme journalier Entrée/Sortie	45
III.8.2.3. Energie de référence dans le plan de capteur	45
III.8.2.4. Diagramme de température du champ en fonction d'irradiance effective.....	46
III.8.2.5. Graphe de distribution d'irradiation incidente	46
III.8.2.6. Le débit en fonction de l'irradiation	47
III.9. Diagramme des pertes	48
III.10. Présentation de logiciel Schémaplic	49
III.11. Les étapes de conception de projet	49
III.12. Schéma de commande et de puissance a deux modes « manuel et automatique»	50
III.13. Schéma de commande et de puissance « mode manuel »	51
III.13.1. La mise en marche du système.....	51
III.13.2. Mise en arrêt du système	52
III.14. Schéma mode automatique	53
III.14.1. Mise en marche	53
III.14.2. Schéma de mis en arrêt.....	53
III.15. Schéma de défaut des deux modes.....	54
III.16. Le matériel de protection utilisé pour notre système.....	55
III.17. Schéma d'installation électrique (manuel automatique).....	57
III.18. Conclusion	58
 Conclusion generale	 59

Sommaire

Liste de Figure

Chapitre I: Etat de l'art sur le pompage solaire

Figure I.1 : Le principe de la cellule photovoltaïque.....	4
Figure I.2 : Cellules de première génération.....	4
Figure I.3 : cellules de deuxième génération.	5
Figure I.4 : Système autonome sans batterie.	6
Figure I.5 : Système autonome avec batterie.	6
Figure I.6 : Système autonome hybride.....	7
Figure I.7 : Système raccordé au réseau.....	7
Figure I.8 : Système fonctionnant au fil du soleil.	8
Figure I.9 : Caractéristiques des cellules associées en série.	9
Figure I.10 : Caractéristiques des cellules associées en parallèle.....	9
Figure I.11 : Générateur photovoltaïque (PV).....	11
Figure I.12 : Convertisseur électronique (régulateur).	11
Figure I.13 : Pompe émigrante.....	12
Figure I.14 : Réseau hydraulique.....	12
Figure I.15 : Caractéristiques d'une pompe volumétrique.....	13
Figure I.16 : Pompe centrifuge flottante.	14
Figure I.17 : Pompe submersible centrifuge à étages multiples.	14
Figure I.18 : pompe centrifuge.....	15

Chapitre II: Dimensionnement de l'installation du pompage solaire

Figure II.1 : Le réservoir utilisé pour le remplissage.....	19
Figure II.2 : système de forage vers le réservoir.....	21
Figure II.3 : Schéma électrique général de notre installation	29

Chapitre III : Validation des résultats avec logiciel Pvsyst

Figure III.1 : la page principale de logicielle PVsyst.....	32
Figure III.2 : Choix de la pompe	33
Figure III.3 : création d'un nouveau projet.....	34
Figure III.4 : nommer le projet crée.....	34
Figure III.5 : le site choisi [pôle universitaire Bouira]	35
Figure III.6 : la première étape de la conception.....	35
Figure III.7 : Angle d'orientation de panneau.....	36
Figure III.8 : Ligne d'horizon a Bouira.....	36
Figure III. 9 : Circuit hydraulique de pompage.....	37
Figure III.10 : Définition des besoins d'eau et pression.....	38
Figure III.11 : Définition d'un système de pompage.....	39
Figure III.12 : Définition de la pompe.....	39
Figure III.13 : Conception de sous-champ.....	40
Figure III.14 : Résumé du projet	42
Figure III.15 : Paramètre général.....	43
Figure III.16 : production normalisée	44
Figure III.17 : Diagramme journalier Entrée/Sortie	45
Figure III.18 : Énergie incidente de référence dans le plan de capteur	45
Figure III.19 : température du champ en fonction d'irradiance effective	46
Figure III.20 : distribution d'irradiation incidente	47
Figure III.21 : débit en fonction de l'irradiation	47
Figure III.22 : Diagramme des pertes.....	48
Figure III.23 : Les étapes de conception de projet	50
Figure III.24 : Schéma de commande et de puissance avec deux modes.....	51
Figure III.25 : Le système est mis en marche.....	52
Figure III.26 : Le système est mis en arrêt.....	52
Figure III.27 : Schéma de mis en marche «mode auto».....	53
Figure III.28 : Schéma de mis en arrêt «mode auto»	53
Figure III.29 : Schéma d'indication de défaut pour le mode manuel.....	54
Figure III.30 : Schéma d'indication de défaut pour le mode automatique	55
Figure III.31 : Installation électrique (mode manuel).....	57
Figure III.32 : Installation électrique (mode automatique)	57

Liste de tableau

Tableau I : Situation géographique de la wilaya de Bouira[pôle universitaire]..... 18
Tableau II : Le matériel de protection UTILISE pour notre système 55

Nomenclature

PV	Photovoltaïque
N	Dopée avec la tome de bore [v]
P	Dopée avec la tome de phosphore
a-Si	Silicium amorphe
CIS	Sélénium de cuivre indium
CdTe	Tellurure de cadmium
GPV	Générateur photovoltaïque
V_{cot}	la tension de circuit ouvert de l'ensemble des cellules
V_{co}	la tension de circuit ouvert d'une seule cellule.
N_{cs}	l'ensemble des cellules associe en série.
I_{cct}	le courant totale des cellules associe en parallèles.
N_{cp}	nombre des cellules en parallèles.
I_{cc}	le courant de court circuit d'une cellule
HMT	Hauteur magnétométrique [m]
Q	Le débit [m^3/h]
V	Volume de réservoir [m^3]
T	Temps irradiation journalier [heurs]
h	La hauteur en [m]
d	Diamètre de réservoir en [m]
Q_i	Débit en [m^3/s]
D	Diamètre de la conduite en [m]
N_s	Niveau statique [m]
N_d	Niveau dynamique [m]
R_m	Rabattement [m]
H_g	Hauteur géométrique [m]

Nomenclature

Pdc	Pertes de charge
Pdc1	Perte charge linéaire
Pdcs	Perte charge singulière
L	Longueur de la conduite de refoulement en [m]
λ	Nombre de Reynolds
V	Vitesse débutant [m/s]
v	Viscosité cinématique d'eau [m ² /s]
K	Le coefficient de rugosité de la conduite PVC
ζ	La somme des coefficients de singularité
Phyd	Puissance hydraulique [W]
Eh	Énergie hydraulique [w/j]
Ch	Constante hydraulique
g	La gravité terrestre 9.81 [m/ s ²]
ρ	Densité de l'eau 1000 [kg /m ²]
Ec	Energie électrique [wh/j]
E_h	Énergie hydraulique [W]
η_m	Rendement du moteur
η_p	Rendement de la partie hydraulique de la pompe
Ep	Energie produit [wh]
Irr	Irradiation solaire quotidienne [kWh/m ² /j]
Ppan	Puissance crêt d'un seul panneau [Wc]
Vsys	Tension de système [V]
Np	Nombre totale de panneau
Npp	Nombre de panneau parallèle
R	Résistance totale du câble [Ω]

Nomenclature

S	Section du conducteur [mm ²]
ρ	Résistivité du cuivre [0,017 Ω .mm ² /m]
$\Delta VL(\%)$	Chute de tension limite [V]
U(V)	Tension à puissance maximale du générateur PV [V]
I (A)	Courant à puissance maximale générateur PV [A]
Lc	Correspondantes au champ PV
Ls	Sont les pertes de système
Lu	Energie inutilisée
Yf	L'énergie effective de la pompe

Introduction générale

Introduction générale

Avec le développement industriel dans ces derniers temps la consommation de l'électricité est plus élevée. Aujourd'hui sa production dans le monde est de 80.9%, grâce à la combustion des carburants fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel) ou des carburants nucléaires. Mais les réserves de ces énergies fossiles sont en voie d'épuisement. De plus, le dioxyde de carbone (CO₂) est devenu en 2005 la première source de pollution, l'impact environnemental de ces modes de production d'électricité est notable par l'émission des gaz à effet de serre et la génération des déchets radioactifs. [1]

La meilleure solution est de remplacer ces combustibles fossiles par des sources propres et renouvelables pour produire de l'électricité notamment dans des pays énergétiques. En Algérie le potentiel solaire est très important dans toutes ces régions et surtout dans le désert saharien. L'utilisation des panneaux solaires va réduire la pollution et la consommation des énergies fossile ainsi et de produire l'électricité dans des sites isolés.

En effet, grâce à l'utilisation de ces panneaux solaires, on peut créer plusieurs systèmes (connecter au réseau ou bien pompage solaire), qui peuvent satisfaire les besoins humains en électricité. Dans ce contexte, et particulièrement les régions sahariennes, cette énergie solaire photovoltaïque peut être utilisée pour le pompage d'eau, car pour apporter de l'eau potable dans ces régions il est difficile puisqu'elles sont éloignées du réseau électrique classique.

Les premières pompes employées pour le pompage, fonctionnent au courant continu de 12 ou 24 volts et conçues pour le nautisme de plaisance ou le caravanning pour l'alimentation en eau potable à partir d'un réservoir embarqué, qui sont conçues pour un usage moins intensif que les pompes industrielles à usage collectif. La première pompe construite plus spécifiquement pour le solaire à sans doute été la Solarjack (USA) dès la fin des années 1980. Il s'agit d'une électropompe monobloc émergée, c'est-à-dire la pompe et le moteur ne font qu'un, car on ne parle pas d'accouplement, l'arbre moteur est aussi une pièce de la pompe. (Plusieurs fabricants ont repris la même architecture) [2]

Dans ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés plus particulièrement par le pompage solaire au fil de sol (sans batterie) dans la région de Bouira (pôle universitaire Akli Mouhand oulhadj). La mémoire est structurée en trois chapitres détaillés comme suit :

Le premier chapitre est consacré à l'état de l'art sur le pompage solaire, qu'on donnera quelques généralités sur l'énergie photovoltaïque, les différents types des panneaux solaires, la constitution, fonctionnement et spécifications des systèmes de pompage photovoltaïque, les composants d'un système, les types de pompes, les types de moteurs, ainsi que les avantages et les inconvénients liés à ce système.

Introduction générale

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter une méthode de dimensionnement détaillée, système de pompage solaire, la source choisie, le réservoir à remplir, la pompe utilisée, les types de panneaux.

Pour le troisième chapitre on va utiliser le logiciel PVsyt pour valider les résultats qu'on a trouvé dans le deuxième chapitre, avec la réalisation d'un système de commande et de protection pour notre installation à l'aide du logiciel Schémaplic pour les deux modes différents (manuel et automatique).

Chapitre I

Etat de l'art sur le pompage solaire

I.1. Introduction

Avec l'augmentation de la demande mondiale d'énergie dans ces dernières années qui sont liée notamment à la raison de développement démographique et l'industrielle des pays comme la chine et l'inde, la consommation de l'électricité croît plus vite que sa consommation moyenne. Par conséquence les énergies fossile (charbon, pétrole, gaz) qui représentent jusqu'à 80% de la source primaire pour la production de l'électricité, va arriver à l'épuisement d'ici une dizaine d'années avec le rythme de la consommation actuelle. [1]

L'énergie renouvelable est une solution pour produire de l'électricité et préserver les ressources notamment dans les cites isolé (région sahariennes, région montagneuse). Les panneaux photovoltaïques fait produire l'électricité à partir de la lumière (pas uniquement le soleil) pour couvrir les besoins d'électricité dans les régions isolé.

Ce pendant, dans des régions particulier (rurales), tel que le Sahara d'Afrique, l'accès à l'eau potable est toujours difficile. Le pompage solaire est la solution efficace dans cette région plus ensoleillé.

Dans ce premier chapitre on s'intéresse aux différentes généralités sur l'énergie photovoltaïque, et le pompage solaire.

I.2. L'effet photovoltaïque

Le terme photovoltaïque est composé du mot grec « photo » signifiant "lumière" et du nom du physicien Alessandro Volta (1745-1827), qui inventa la pile électrique en 1800 et donne son nom à l'unité de mesure de tension électrique, le volt (V). [3]

Ce terme est associé a la production d'une tension à partir de la lumière, on se réfère souvent par l'abréviation PV. Le terme le plus courant pour les cellules photovoltaïques est piles solaires malgré que celles-ci fonctionnent à partir de n'importe quel source de lumière, et non uniquement le soleil. Une pile solaire (en silicium généralement) est un convertisseur : elle convertit la lumière en l'énergie électrique. Comme elle ne peut pas emmagasiner d'énergie, lorsque la source de la lumière (typiquement le soleil) est enlevée, la pile ne produit plus de courant électrique.

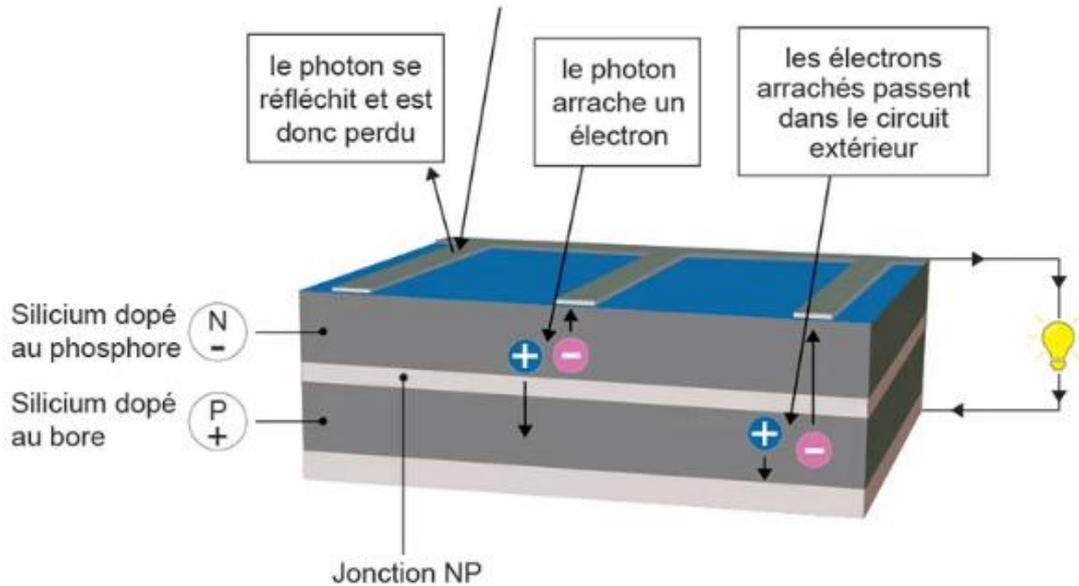


Figure I.1 : Le principe de la cellule photovoltaïque.

I.3. Les différents types des cellules photovoltaïques

I.3.1. La première génération

Les cellules, de première génération, sont basées sur une seule jonction P-N et utilisent généralement le silicium sous forme cristalline comme matériau semi conducteur. La méthode de production du wafers (tranche assez fine) de silicium est très énergivore et donc très chère. Elle nécessite par ailleurs un silicium d'une grande pureté. On différencie également les cellules à base de silicium monocristallin et poly-cristallin. [4]

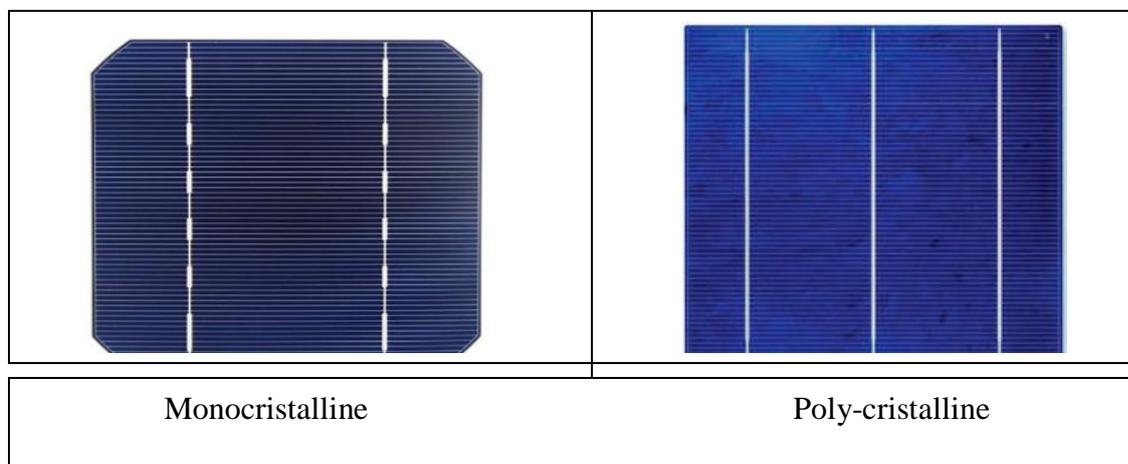


Figure I.2 : Cellules de première génération.

I.3.2. La deuxième génération

Les couches minces (thin films) constituent la seconde génération de technologie photovoltaïque. La production de ce type de cellules est moins coûteuse que la première génération puisqu'elle consomme moins de matériau semi-conducteur et nécessite pas de passer par l'étape de transformation du silicium en (Wafers), la couche de semi-conducteur est directement déposée sur un substrat (exemple du verre).

Dans cette génération on distingue le silicium amorphe (a-Si), la di-sélénium de cuivre indium (CIS), le tellure de cadmium (CdTe). [4]



Figure I.3 : cellules de deuxième génération.

I.3.3. La troisième génération

Visé à passer la limite maximale de rendement des cellules, actuelle environ (30%), plusieurs concepts sont envisagés pour atteindre cet objectif :

- Superposition de multiples cellules à concentration (utilisant des bandes d'énergie différentes), utilisation des photons à basse d'énergie qui ne sont habituellement pas absorbés par les cellules.
- Les cellules à des électrons chauds produisant plus de paires électron/trou des énergies supérieures à la bande d'énergie.
- La conversion des photons pour ajuster le spectre de la lumière solaire aux caractéristiques du semi-conducteur. [4]

I.4. Différents types des systèmes photovoltaïques

Un système solaire photovoltaïque est constitué d'un ensemble des modules solaires photovoltaïques. Il existe plusieurs sortes de mise en œuvre de ce système. [5]

I.4.1. Système autonome sans batterie

Les systèmes photovoltaïques autonomes sans batterie, sont de type continu est alimenté directement par GPV car la production d'énergie est suffisante pour le fonctionnement de la charge.

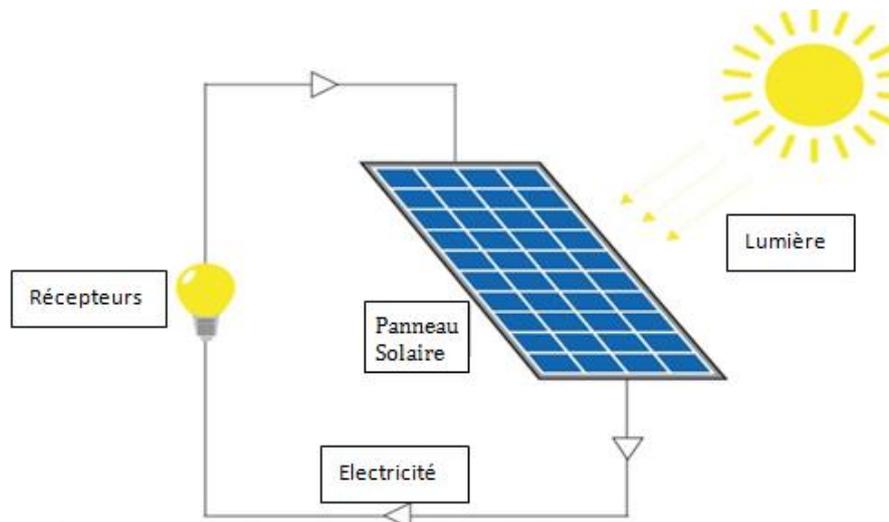


Figure I.4 : Système autonome sans batterie.

I.4.2. Système autonome avec batterie

La batterie sert à stoker de l'énergie produite par le générateur photovoltaïque. Les appareils alimentés sont donc câblé sur la batterie à travers le régulateur de charge.

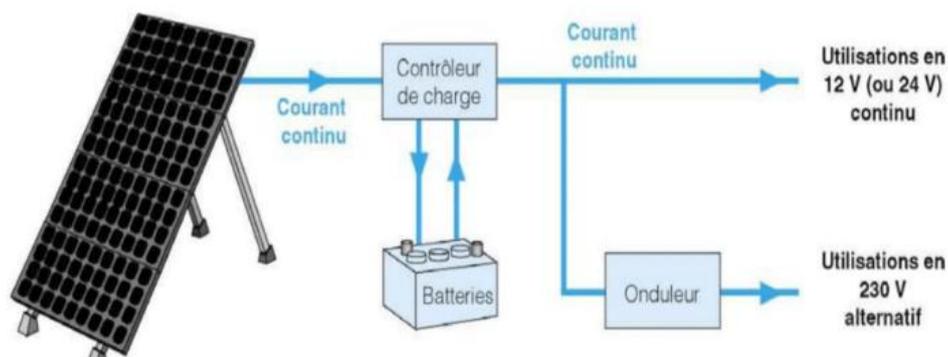


Figure I.5: Système autonome avec batterie.

I.4.3. Système autonome hybrides

Une des limites d'un système autonome purement photovoltaïque, comme on vient de le décrire, il fournit une puissance donnée, variable selon la saison, mais que l'on ne peut pas dépasser, il risque de détruire la batterie par décharge profonde.

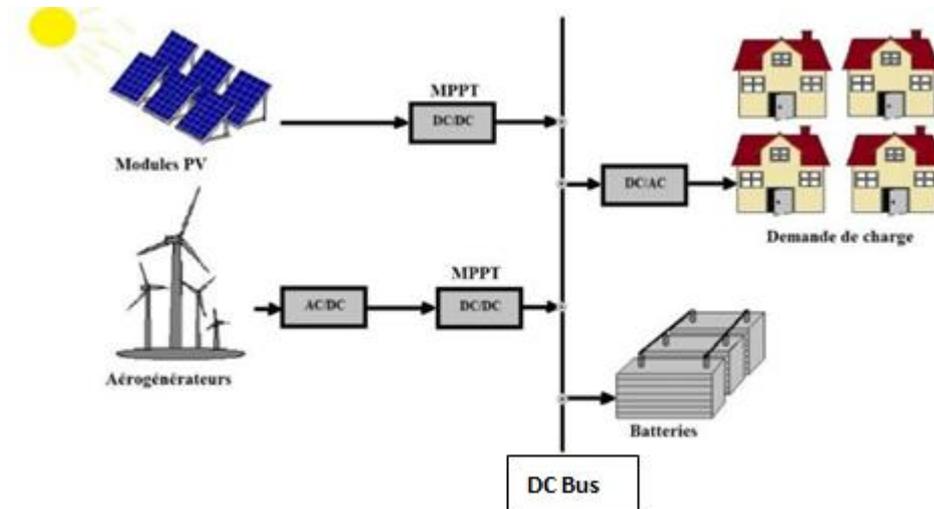


Figure I.6: Système autonome hybride.

I.4.4. Système raccordé au réseau

Les installations photovoltaïques sont raccordées au réseau électrique grâce à un onduleur, qui permet la conversion du courant continu d'origine photovoltaïque en courant alternatif. L'électricité produite est directement utilisée par la charge ou injectée dans le réseau électrique. Ces systèmes sont utilisés dans les immeubles, les domiciles ou les chalets.

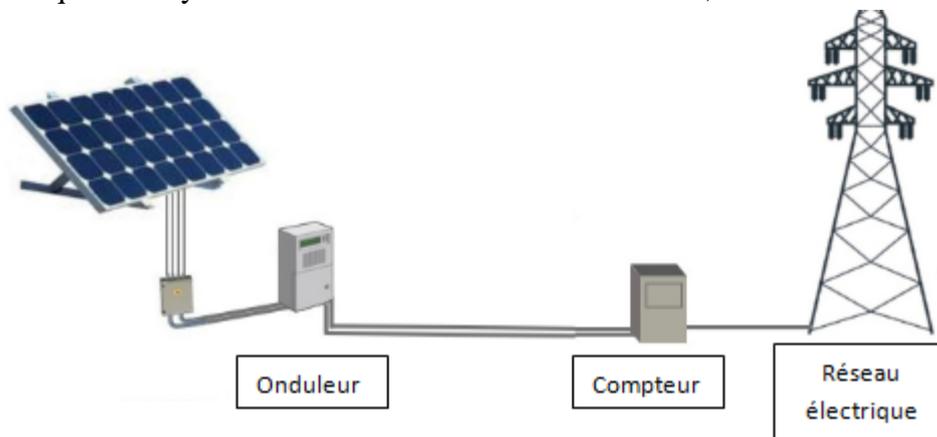


Figure I.7: Système raccordé au réseau.

I.4.5. Systèmes fonctionnant au fil du soleil (pompage photovoltaïque)

Il s'agit de stocker l'eau dans un réservoir. La pompe solaire est branchée directement sur les panneaux solaires par l'intermédiaire d'un régulateur ou d'un convertisseur. Le débit d'arrivée d'eau dans le réservoir est donc variable directement en fonction du rayonnement solaire, d'où l'expression «au fil du soleil» quant à l'utilisation, elle pourra se faire à n'importe quel moment.

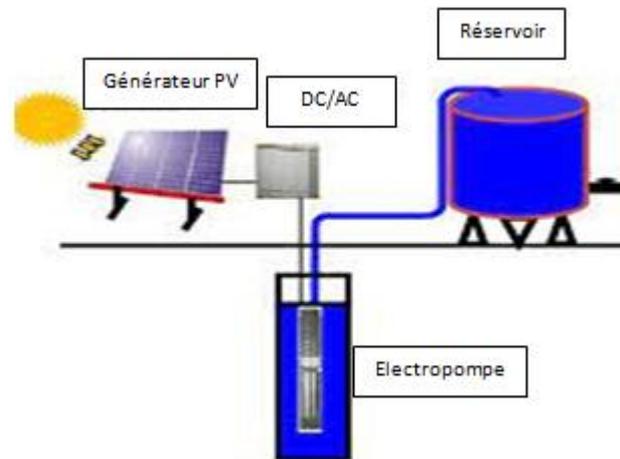


Figure I.8: Système fonctionnant au fil du soleil.

I.5. Association des cellules

I.5.1. Association série

Une association des cellules en série permet d'augmenter la tension du (GPV). Les cellules sont alors traversées par le même courant et la caractéristique résultant du groupement série est obtenue par l'addition des tensions élémentaires de chaque cellule. [2]

Ce système d'association est généralement le plus utilisé pour les modules photovoltaïques du commerce. Comme la surface des cellules devient de plus en plus importante, le courant produit par une seule cellule augmente régulièrement au fur et à mesure de l'évolution technologique, par contre sa tension reste toujours très faible. L'association série permet d'augmenter la tension de l'ensemble, donc d'accroître la puissance de l'ensemble. L'équation suivante résume les caractéristiques électriques de cette association.

$$V_{cot} = N_s \times V_{co}$$

Avec

V_{cot} : la tension de circuit ouvert de l'ensemble des cellules

V_{co} : la tension de circuit ouvert d'une seule cellule.

N_s : l'ensemble des cellules associées en série.

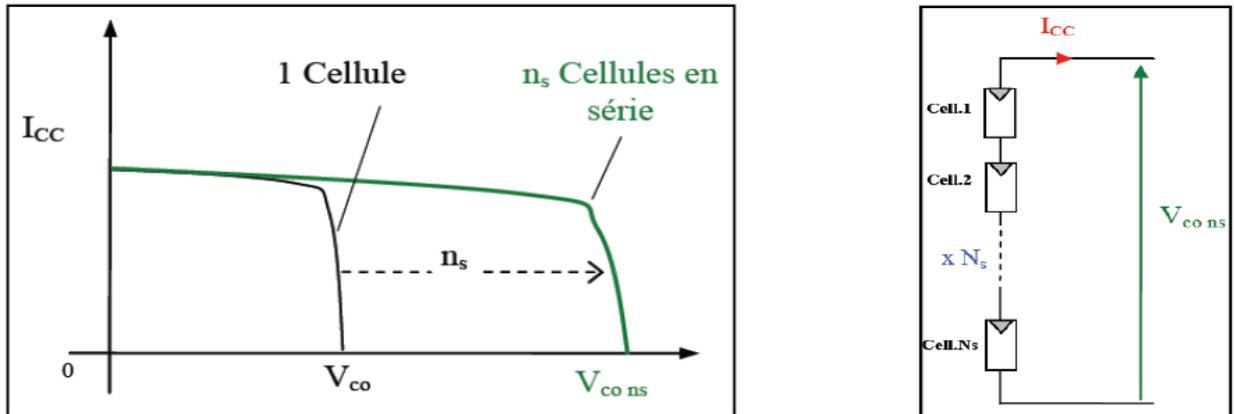


Figure I.9 : Caractéristiques des cellules associées en série.

I.5.2. Association parallèle

Une association parallèle de N_{cp} cellule permet d'accroître le courant de sortie du générateur ainsi créé.

Dans un groupement de cellules identiques connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension, et la caractéristique résultant de ce groupement c'est l'addition de courant. [2]

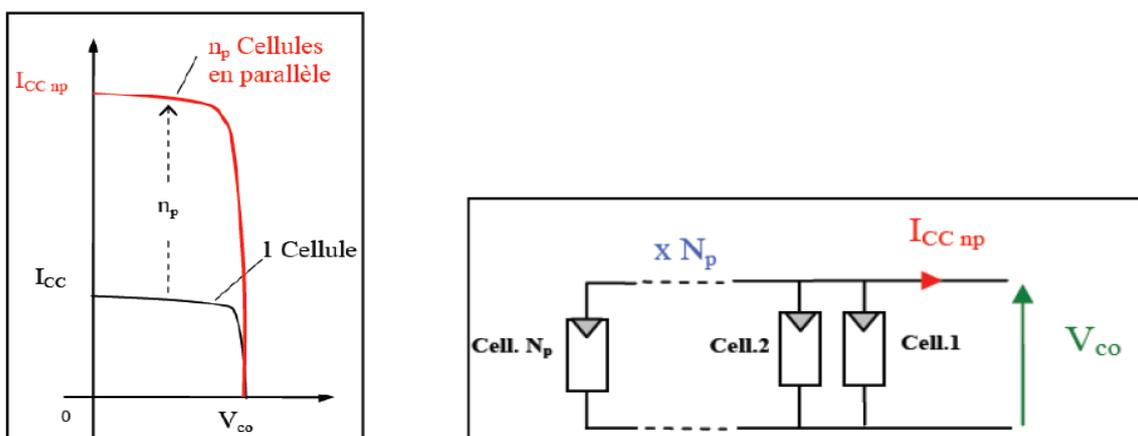


Figure I.10 : Caractéristiques des cellules associées en parallèle.

L'équation suivant résume les caractéristiques électriques d'une association parallèle de N_p cellules

$$I_{cct} = N_{cp} \times I_{cc}$$

Avec

I_{cct} : le courant totale des cellules associe en parallèles.

N_{cp} : nombre des cellules en parallèles.

I_{cc} : le courant de court circuit d'une cellule.

Si l'on désire avoir un générateur PV ayant un courant de sortie plus intense, on peut soit faire appel à des cellules PV de plus grande surface et de meilleur rendement, soit associer en parallèle plusieurs modules PV de caractéristiques similaires. Elles doivent, pour cela, être issues de la même technologie, du même lot de fabrication et qu'elles soient soumises aux mêmes conditions de fonctionnement (éclairage, température, vieillissement et inclinaison).

I.6. Fonctionnement et spécifications des systèmes de pompage photovoltaïque

I.6.1. Historique

Pomper à l'aide du soleil est un vieux rêve. On rapporte une première tentative par Héron d'Alexandrie en l'an 100 après J-C. consistant à utiliser la dilatation de l'air entre le jour et la nuit pour aspirer de l'eau. Les premières machines ont utilisé l'effet thermique du rayonnement solaire pour constituer la source chaude d'une machine thermodynamique.

La pompe de l'américain Schumann en 1911 près du Caire utilisait des capteurs à concentration et, dans les années 1970 en France, la pompe SOFRETES utilisait un capteur plan avec un fluide volatil (butane puis fréon). Le rendement de ces machines, lié à celui du cycle de Carnot, était très faible, inférieur à 1%.

L'arrivée des cellules photovoltaïques, ou photopiles, a fait l'effet d'une révolution, tant le procédé était simplifié. C'est aux établissements pompes Guinard, basés en France, que l'on doit la première pompe solaire photovoltaïque, installée à titre expérimental à Propriano en Corse en 1975. Les résultats satisfaisants ont permis d'installer la première pompe à Koni, au Mali, deux ans après. Pour une puissance nominale de 1 kW, les 5 tonnes de matériel et le mois d'installation d'une pompe thermodynamique étaient remplacés par 850 kg d'équipements et deux jours d'installation pour la pompe ALTAX. Le prix était similaire. A la fin de 1980, une pompe de près de 30 kW sera installée en démonstration à Montpellier. À

ce jour, 5 000 pompes solaires à usage communautaire ont été installées sur les cinq continents.

La réduction des coûts, l'amélioration de la technologie et de la fiabilité ont permis de réduire le coût de l'eau pompée. [6]

I.6.2. Les composants d'un système de pompage solaire

Un système de pompage solaire est composé essentiellement d'un ensemble d'éléments tels que : [7].

I.6.2.1. Un générateur photovoltaïque

Composé de panneaux photovoltaïques interconnectés qui captent l'énergie du soleil et la convertissent en électricité.

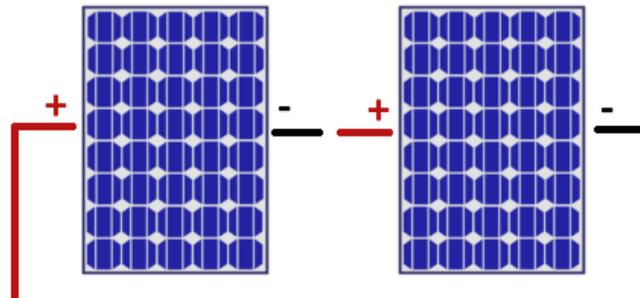


Figure I.11 : Générateur photovoltaïque (PV).

I.6.2.2. Une unité de conditionnement de puissance, constituée d'un convertisseur électronique (régulateur)

Permettant de faire varier la fréquence et la tension de sortie en fonction de la puissance lumineuse captée par le générateur solaire. Le convertisseur électronique permet d'optimiser le rendement journalier de la pompe tout en assurant sa protection.



Figure I.12 : Convertisseur électronique (régulateur).

I.6.2.3. Une pompe immergée

Généralement de type centrifuge, constituée d'un moteur électrique à courant alternatif ou continu.



Figure I.13 : Pompe émigrante.

I.6.2.4. Un câblage électrique

Où passe l'énergie produite par le générateur au moteur et les informations relatives aux contrôles de sécurité du système.

I.6.2.5. Un réseau hydraulique

Qui conduit l'eau de la source jusqu'au point de distribution.

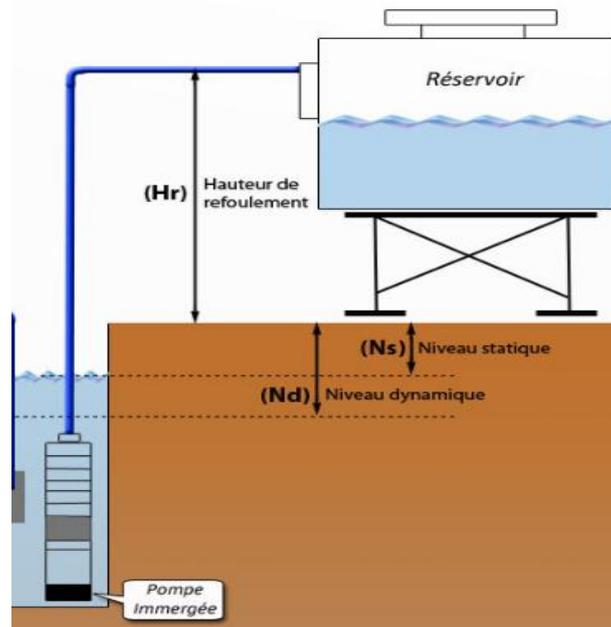


Figure I.14 : Réseau hydraulique.

I.7. Théories des pompes

La principale caractéristique de la pompe solaire consiste à convertir l'énergie d'une source de mouvement (le moteur) d'abord en vitesse (ou énergie cinétique) puis en énergie de pression. Le rôle d'une pompe consiste donc à attribuer de l'énergie au liquide pompé (énergie transformée ensuite en débit et en hauteur d'élévation) selon les caractéristiques de fabrication de la pompe elle-même et en fonction des besoins spécifiques à l'installation.

Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type volumétrique ou centrifuge. Outre ces deux classifications que nous décrirons plus loin, on distingue également deux autres types de pompes en fonction d'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée: la pompe à aspiration et la pompe à refoulement. [8]

I.7.1. Pompe volumétrique

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

Les pompes volumétriques incluent les pompes à vis, les pompes à palettes, les pompes à piston et les pompes à diaphragme. Les deux derniers types sont utilisés dans les puits ou les forages profonds (plus de 100 mètres). L'entraînement est habituellement assuré par un arbre de transmission très long, à partir d'un moteur électrique monté en surface. Le débit d'eau d'une pompe volumétrique est proportionnel à la vitesse du moteur. Mais son couple varie essentiellement en fonction de la hauteur manométrique totale (HMT), pratiquement constant en fonction de la vitesse de rotation du moteur. Le couple de démarrage est donc pratiquement indépendant du débit et sera proportionnel à la HMT. La puissance consommée sera proportionnelle à la vitesse. C'est pourquoi ces pompes sont habituellement utilisées pour les puits et les forages à grandes profondeurs et à petits débits d'eau. On les utilise parfois comme pompes de surface lorsque le couple est lent et irrégulier et que le débit demandé est faible, par exemple pour les pompes à main et les pompes éoliennes multi-pales. [8]

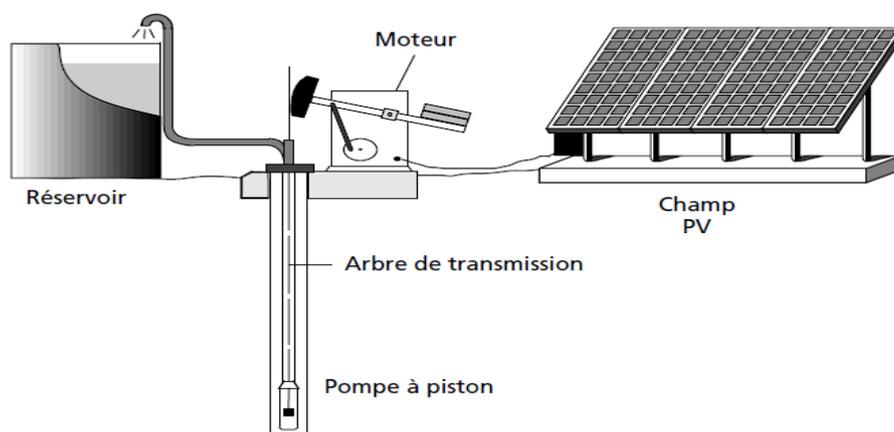


Figure I.15 : Caractéristiques d'une pompe volumétrique

I.7.2. Pompe centrifuge

La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou d'ailettes. L'eau entre au centre de la pompe, poussée vers l'extérieur et vers le haut grâce à la force centrifuge des aubages à fin d'augmenter la pression, donc la hauteur de refoulement, plusieurs étages d'aubages peuvent être juxtaposés sur le même arbre de transmission. Chaque étage fait passer l'eau à l'étage suivant en relevant la pression jusqu'à l'étage final, délivrant un volume d'eau à pression élevée. Ces pompes incluent les pompes submersibles avec moteur de surface ou submergé, les pompes flottantes et les pompes rotatives à l'aspiration.

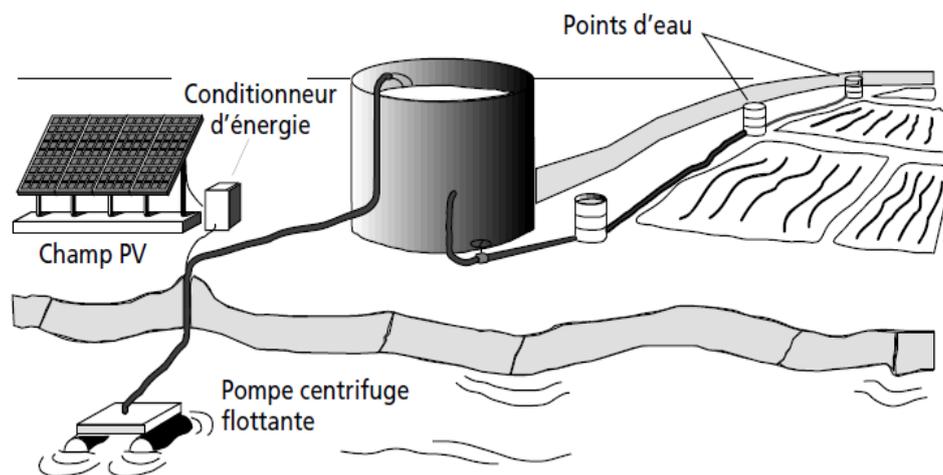


Figure I.16 : Pompe centrifuge flottante.

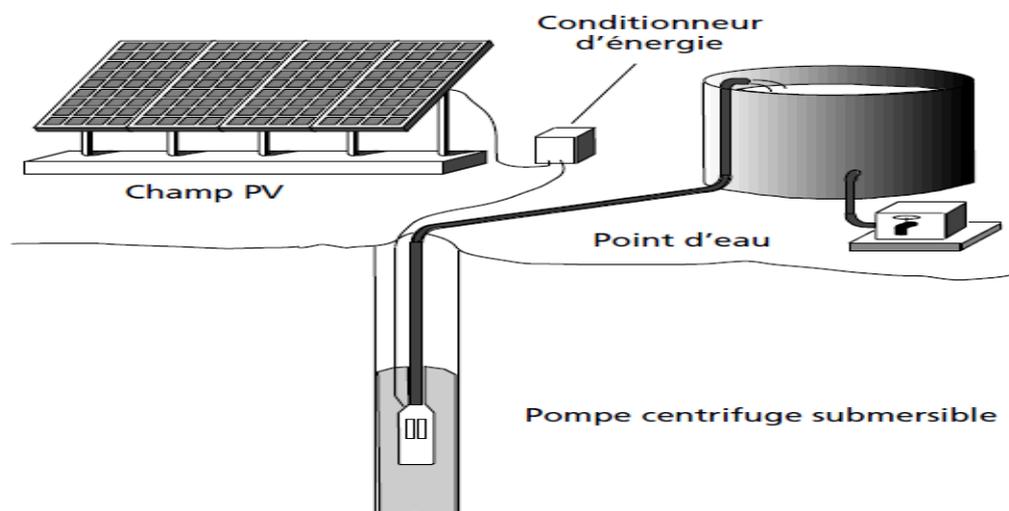


Figure I.17 : Pompe submersible centrifuge à étages multiples.

I.7.2.1. Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

Le processus de fonctionnement se déroule en deux étapes : l'aspiration et l'accélération. La pompe est immergée dans l'eau. Lorsque le rotor tourne, le fluide pompé est d'abord aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement.

Le liquide est aspiré au centre du rotor par une ouverture appelée « distributeur ». Son rôle est de conduire le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à l'entrée du rotor. Le rotor va transformer cette énergie mécanique appliquée à l'arbre en énergie cinétique. À la sortie du rotor, le fluide se trouve projeté dans la volute dont le but est de collecter le fluide et de le ramener dans la section de sortie. Lorsque l'eau sort de la turbine, elle crée une zone de basse pression qui attire plus d'eau par l'entrée de l'aspiration. Une plus grande quantité d'eau s'ensuit et un débit se développe. Grâce à la forme spirale de la volute et de son diamètre qui augmente au fur et à mesure qu'on se dirige vers la sortie, la section offerte au liquide étant de plus en plus grande. En se dilatant, la vitesse de l'eau diminue ce qui entraîne une augmentation de la pression. Ce canal en expansion permet donc à plus d'eau à ce joindre et à se convertir en pression (son énergie cinétique se transforme en énergie de pression). La sortie du refoulement a donc une pression plus élevée que l'entrée de l'aspiration ce qui permet de forcer le fluide à travers des tuyaux ou dans un réservoir de stockage.

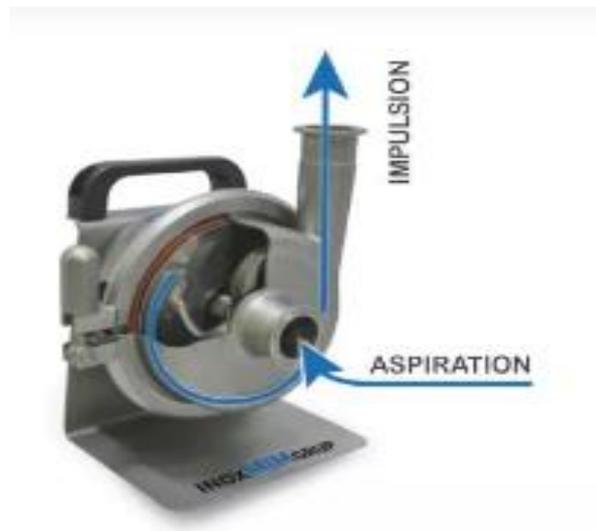


Figure I.18 : pompe centrifuge.

I.8. Les types des moteurs

Les moteurs électriques sont des machines qui fonctionnent grâce au magnétisme, que on peut crée avec deux courants différant soit a courant continu ou a courant alternatif.

I.8.1. Moteur à courant continu

Le moteur à courant continu est un convertisseur électromécanique d'énergie. Il permet de transformer une énergie électrique continue en une énergie mécanique en variant le sens du courant circulant dans un induit (habituellement le rotor) soumis à un champ magnétique produit par un inducteur (habituellement le stator). La commutation du courant dans le rotor d'un moteur à courant continu est effectuée à l'aide de balais composés de charbon et de graphite ou par commutation électronique. [9][10].

I.8.2. Moteur à courant alternatif

La machine asynchrone, souvent appelée moteur à induction, comprend un stator et un rotor, constitués de tôles d'acier au silicium et comportant des encoches dans lesquelles on place les enroulements. Le stator est fixe, on trouve les enroulements reliés à la source. Le rotor est monté sur un axe de rotation, les enroulements du rotor sont accessibles de l'extérieur ou sont fermés sur eux-mêmes en permanence, on définit 2 types de rotor : bobiné ou à cage d'écureuil. Toutefois, nous admettons que sa structure est, électriquement, équivalente à celle d'un rotor bobiné dont les enroulements sont en court-circuit. [11]

I.9. Avantages et inconvénients d'un système de pompage solaire

I.9.1. Avantage

Un système de pompage solaire présente quelques avantages cités ci-dessous : [12]

- Fonctionnement par source d'énergie renouvelable et gratuit, pas d'achat de carburant, donc aucun frais ni de transport ni d'approvisionnement.
- Faible coût d'entretien, ce qui offre à cette solution un bon retour sur investissement ainsi qu'un rapport qualité/prix idéal en comparaison aux systèmes de pompage classiques, plus particulièrement dans les zones isolées.
- Préservation de l'environnement et aucune répercussion sur la santé des humains.
- Solution idéale pour lutter contre la baisse continue de la nappe due à une fréquence forte de pompage de l'eau par les systèmes classiques (thermique ou électrique)
- Réduction de la pénibilité du travail (arrosage, puisage)
- Réduction du temps de travail dans les périmètres

I.9.2. Inconvénient

Comme inconvénients du système de pompage solaire, on peut citer :

- Coût élevé de l'investissement par rapport aux autres systèmes de pompage classiques (Tendance en baisse).

- Disponibilité de l'énergie intermittente donc nécessite des mesures d'adaptation en fonction des besoins.
- Risque de vol des panneaux photovoltaïques si le périmètre n'est pas sécurisé.
- Risque de perte ou de baisse de production si le système de pompage est sous-dimensionné.

I.10. Conclusion

Dans ce chapitre on a donnée une idée générale sur l'énergie solaire photovoltaïque à travers son effet, les différents types des cellules et des systèmes photovoltaïques. Ensuite on a parlé de l'histoire de pompage photovoltaïque, les composants d'un système de pompage solaire, théories des pompes et le Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge. A la fin de ce travail on a cite les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire.

Chapitre II

**Dimensionnement de l'installation du pompage
solaire**

II.1. Introduction

Le dimensionnement de l'installation du pompage solaire, est une partie qui nécessite de suivre certaine méthode de calcul pour identifier la puissance des appareils utilisés par l'installation. Il est alors intéressant de faire ces calculs sur un site réel.

Pour cette étude pratique, nous avons choisi un site qui est le pôle universitaire de la wilaya de Bouira. Dans ce chapitre, nous étudierons le dimensionnement d'un système de pompage PV pour faire le stockage dans un réservoir d'eau.

II.2. Dimensionnement de l'installation

Le tableau suivant représente :

II.3. Situation géographique de la wilaya de Bouira [pôle universitaire]

Tableau I : Situation géographique de la wilaya de Bouira [pôle universitaire]

Latitude	36° 22' 27" Nord
Longitude	3° 52' 40" Est
Altitude	543 m

II.4. Le besoin de l'eau journalier

Il s'agit de la quantité d'eau par jour. Elle est définie par l'agriculteur ou l'intéressé elle s'exprimes-en (m^3/j).

II.5. Le débit

Le débit (**Q**) est la quantité d'eau que la pompe peut fournir durant un intervalle de temps donné. En pompage, le débit est habituellement donné en litres par heure (l/h) ou gallons par heure (gp/h), le besoin d'eau est souvent exprimé en (m^3) par jour. [8]

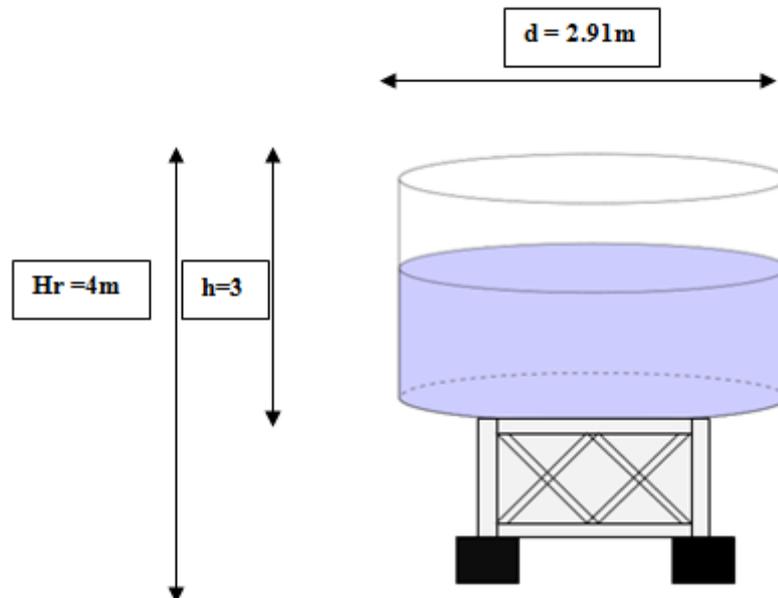


Figure II.1 : Le réservoir utilisé pour le remplissage.

- Le débit est donné avec la formule suivante

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

$$V = h\Pi \times \frac{d^2}{4}$$

Avec

$$h = 3\text{m.}$$

$$d = 2.91\text{m.}$$

$$T = 4.6\text{h.}$$

$$\Pi = 3.14$$

AN

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

$$Q = \frac{20}{4.6}$$

$$Q = 4.34 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

Q : le débit d'eau (m^3/h)

V : le volume de réservoir (m^3)

T : le temps de remplissage de réservoir (irradiation journalier)

h : la hauteur de réservoir (m)

d : diamètre de réservoir (m)

II.6. Conduite de refoulement

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement est déterminé par la formule de Bress qui s'écrit : [13]

$$D = 1.5\sqrt{Qi}$$

AN

$$D = 0.052 \text{ m} \approx 50\text{mm.}$$

Avec :

Qi: Débit de pompage (m^3/s).

D : Diamètre de la conduite (m)

II.7. Calcul de la vitesse de circulation d'eau

La vitesse d'eau dans une conduite est donnée par la formule suivante :

$$Q = V \times S$$

AN :

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4.34}{3600} \times \frac{4}{3.14 \times (0.05)^2}$$

$$V = 0.6 \text{ m/s.}$$

Avec

S : section de la conduite

V : vitesse de circulation

II.8. Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale (HMT) est la hauteur qui permet le transport d'eau dans la tuyauterie et son utilisation au point le plus élevé de l'installation. Elle est exprimée en mètre. La hauteur manométrique totale est calculée suivant l'équation suivante : [14]

$$HMT = H_g + P_{dc}$$

On a

$$H_g = H_r + N_d$$

$$N_d = R_m + N_s$$

Avec

HMT: Hauteur manométrique totale

H_g: Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation ($H_r + N_d$)

N_d: Niveau dynamique

P_{dc}: pertes de charge

• Schema d'un système de forage vers le réservoir

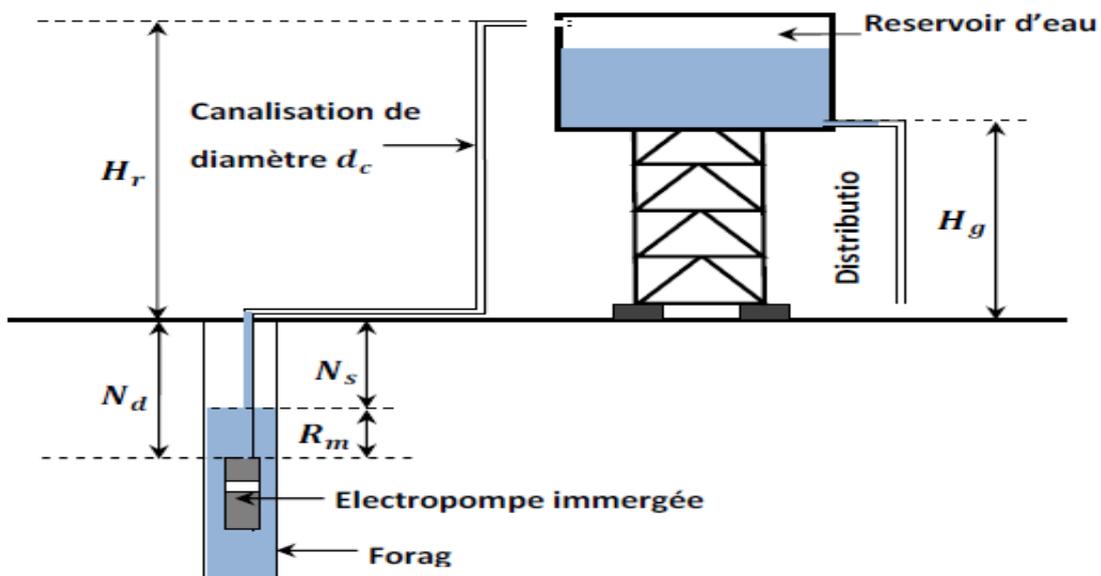


Figure II.2 : Système de forage vers le réservoir

II.8.1. Niveau statique

Le niveau statique (**Ns**) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant le pompage.[8]

$$N_s = 30 \text{ m}$$

II.8.2. Niveau dynamique

Le niveau dynamique (**Nd**) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau pour un pompage à un débit donné. Pour le calcul de la HMT, le niveau dynamique est calculé pour un débit moyen. La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée rabattement. (**Rm**) est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe.[8]

$$N_d = 5 + 30 = 35 \text{ m}$$

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

AN

$$H_g = 35 + 5 + 4 = 44 \text{ m}$$

$$HMT = 44.85 \text{ m} \approx 45 \text{ m}$$

II.9. Calcul des pertes de charge

Produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont en fonction de la distance des conduites (**D**), de leur diamètre (**dc**) et du débit de la pompe (**Q**). [15]

II.9.1. Calcul des pertes de charge linéaire

Donné par la formule de Darcy- Weisbach

$$Pdcl = \frac{\lambda L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

AN

$$Pdcl=0.83 \text{ m}$$

Avec

L : Longueur de la conduite de refoulement en (m)

λ : dépend du nombre de Reynolds (Re)

• **Calcul du coefficient de perte de charge λ**

- Régime laminaire si $Re < 2300$

Le coefficient λ est déterminé à l'aide de la formule de Poiseuille : $\lambda = \frac{64}{Re}$

- Régime transitoire si Re est compris entre 2300 et 104

Le coefficient λ est déterminé à l'aide de la formule de Blasius : $\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$

- Régime turbulent si $Re > 10^4$:

Le coefficient λ est déterminé à l'aide de la formule de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \text{ Log} \left[\left(\frac{K}{3.71D} \right) + \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \right]$$

On obtient

$$\lambda = 0.25 / \left[\log \left(\frac{K}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2$$

Nombre de Reynolds est calculé avec la formule suivant

$$Re = \frac{v \times D}{\nu}$$

AN

$$Re = 32770.60 \text{ su}$$

Avec

V: vitesse débitante (m/s).

D: diamètre de la conduite (m).

v : viscosité cinématique d'eau 1.007×10^{-6} (m²/s) à 20 °C.

Dans notre cas nous sommes dans le régime de turbulent. $Re > 10^4$. Par conséquent, le coefficient λ est déterminé à l'aide de la formule de Colebrook.

AN

$$\lambda = 0.058$$

Avec

K : le coefficient de rugosité de la conduite PVC (k=0,0015).

II.9.2. Calcul des pertes de charge singulière

$$P_{dcs} = \frac{\zeta V^2}{2g} = 0.02 \text{ m}$$

Avec

 ζ : la somme des coefficients de singularité.

Le coefficient de singularité des éléments hydrauliques de la conduite 3 Coude (90°)
donc $\zeta = 0,75$

II.9.3. Calcul de perte de charge totale

$$\Sigma P_{dc} = P_{dcl} + P_{dcs}$$

AN

$$\Sigma P_{dc} = 0.85$$

Avec

P_{dcs} : perte charge singulière.

P_{dcl} : perte charge linéaire.

II.10. La puissance hydraulique

La puissance hydraulique est exprimée par la relation suivante : [16]

$$P_{hyd} = Q \times P$$

AN

$$P_{hyd} = 354.43 \text{ W}$$

Avec

Q : le débit en m^3/s

P : la pression en pascalle (2,94 Pa)

II.11. Détermination de l'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique nécessaire pour véhiculer le débit Q d'eau à une hauteur manométrique HMT est donnée par l'expression suivante : [17]

$$E_h = C_h \times Q \times \text{HMT}$$

AN

$$E_h = 2444.32 \text{ w /j}$$

Avec

E_h : Énergie hydraulique (w/j)

Q : débit (m^3/j)

HMT: hauteur manométrique totale en (m)

C_h : constante hydraulique

$$C_h = g \times \rho / 3600$$

AN

$$C_h = 2.725$$

g : La gravité terrestre 9.81 (m/s^2)

ρ : Densité de l'eau 1000 (kg /m²)

II.12. Détermination de l'énergie électrique

L'énergie électrique (appelée jusqu' alors énergie consommée) peut être déduite de l'énergie hydraulique par la formule :[17]

$$E_c = \frac{E_h}{\eta_m \times \eta_p}$$

AN

$$E_c = 5555.27 \text{ wh/j}$$

Avec

E_c : Énergie électrique (wh)

E_h : Énergie hydraulique (W)

η_m : Rendement du moteur

η_p : Rendement de la partie hydraulique de la pompe

Les rendements des électropompes dépendent des matériels utilisés. Lorsque l'optimisation est bonne, le rendement globale pompe + moteur est de l'ordre de 30 a 45 %.

II.13. L'énergie à produire

Comme spécifié précédemment, la plupart du temps, les systèmes de pompage n'utilisent pas de batterie dit « eu fil de soleil ». La règle de base alors entre énergie produite et énergie consommée ($E_p = E_c / K$) est appliquée et reste valable, seule la valeur de (K) variera suivant les rendements des différents éléments.

Le dimensionnement du générateur se fait à partir de l'énergie consommée durant la journée en fonction des étapes suivantes. [15]

- **Etape 1** : calcul de l'énergie hydraulique par rapport au besoin quotidien.
- **Etape 2** : calcul de l'énergie électrique qui sera consommée.
- **Etape 3** : calcul de l'énergie à produire (E_p) par jour ($E_p = E_c / k$).

Le coefficient k tient compte de toutes les baisses de rendement dans les modules, les câbles et l'onduleur. Il est assez élevé pour deux raisons : les constructeurs optimisent les équipements et il n'y a pas de batteries. ($k \approx 0,7$).

- **Etape 4** : calcul de la puissance crête (P_c) du générateur en tenant compte de l'irradiation I_r .

$$E_p = E_c/k$$

AN

$$E_p = \frac{5555.27}{0.7} = 7936.10 \text{ wh/j.}$$

Avec

$$k \approx 0,7$$

$$I_{rr} = 4.63 \text{ wh/m}^2$$

II.14. La puissance crête est donnée par

$$P_c = \frac{E_p}{I_{rr}}$$

AN

$$P_c = 1714 \text{ wc}$$

Avec

P_c : puissance crête (Wc)

Q : débit quotidien (m^3/j)

I_{rr} : Irradiation solaire quotidienne ($kWh/m^2/j$)

II.15. Dimensionnement de l'installation électrique qui peut alimenter notre pompe

II.15.1. Calcul du nombre des panneaux solaires. [18]

$$N_p = \frac{P_c}{P_{pan}}$$

AN

$$N_p = \text{entre 3 et 4 panneaux}$$

Avec

P_{pan} : La puissance crête d'un panneau qui égale a (530Wc)

II.15.2. Nombre de panneaux en série

$$N_{ps} = \frac{V_{\text{sys}}}{V_{\text{mp}}}$$

AN

$$N_{ps} \approx 2$$

II.15.3. Nombre de panneaux parallèle

$$N_{pp} = \frac{N_p}{N_{ps}}$$

AN

$$N_{pp} \approx \text{entr 1 et 2}$$

Avec

P_{pan} : puissance crête d'un seul panneau.

N_p : Le nombre total des panneaux.

V_{sys} : Tension de système.

N_{pp} : nombre de panneau parallèle.

- Schéma électrique générale de notre installation

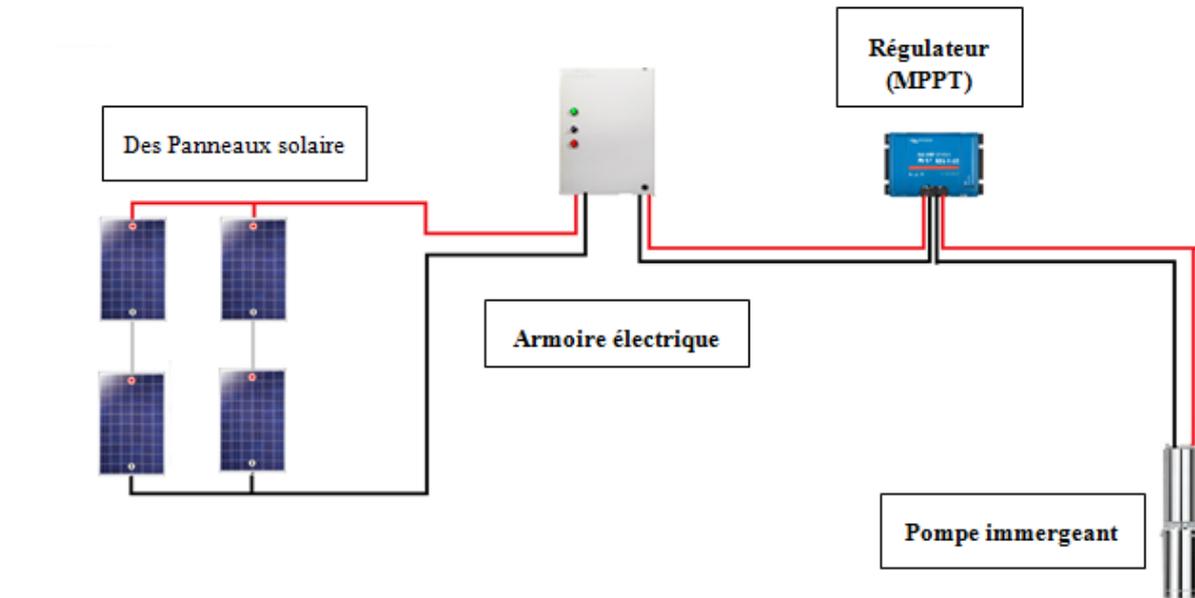


Figure II.3 : Schéma électrique général de notre installation

II.16. Sections des câbles

II.16.1. Alimentation des panneaux

La section de câble de la partie continue, se calcule par la relation de la loi d'Ohm. [18]

$$\Delta V(V) = R \times I \quad ; \quad R = \frac{2 \times \rho \times L}{S}$$

Or $\Delta V(V) \leq \Delta VL(\%) \times U(V)$ donc $\frac{2 \times \rho \times L}{S} \leq \Delta VL(\%) \times U(V)$

$$S \geq \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta VL(\%) \times U(V)}$$

Avec

R : résistance totale du câble (Ω)

S : section (mm^2) du conducteur

ρ : Résistivité du cuivre ($0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

$\Delta VL(\%)$: Chute de tension limite (La chute de tension maximale admissible exigée par la norme UTE C15-712 relative aux installations ne doit pas excéder 3% de la tension nominale dans la partie DC). On prendra 3 % pour faire le calcul

$U(V)$: Tension à puissance maximale du générateur PV

$I(A)$: Courant à puissance maximale générateur PV

II.16.2. La section utilisé pour un seul panneau

On a $P_{cr} = U \times I$

$$I = \frac{P_{cr}}{U} = \frac{530}{35} = 15.14 \text{ A}$$

$$AN \quad S = \frac{0.017 \times 2 \times 3 \times 15.14}{1.05} = 1.5 \text{ mm}^2$$

Avec

P : la puissance crêt d'un seul panneau.

U : la tension d'un seul panneau.

I : le courant produit par un panneau.

II.16.3. La section utilisée pour l'ensemble des panneaux (boite de raccordement)

Pour la section utilise pour l'ensemble des panneaux on va multiplier le nombre des panneaux utilise avec la puissance crêt d'un seul panneau.

On a utilisé 2 panneau série et 2 parallèles

$$P_{tot} = P_{cr} \times N_{pan} \text{ (2 parallèle)} = 1060 \text{ wc}$$

$$I = \frac{P}{U} = 30.28 \text{ A}$$

$$s \approx 3 \text{ mm}^2$$

Avec

P_{tot} : la puissance crête totale pour l'ensemble des panneaux en série.

II.16.4. La section utilisée pour la boîte de raccordement vers la pompe

AN

$$S = \frac{0.017 \times 2 \times 50 \times 30.28}{1.05}$$

$$S \approx 50 \text{mm}^2$$

II.17. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons appris comment faire un dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque autonome (sans batterie) qui est constitué d'un réservoir (20 m³) avec un nombre des panneaux (530 Wc) utilisé pour alimenter notre pompe (1200 W).

Le dimensionnement de ces composants s'avère indispensable pour la suite de notre travail, et le chapitre suivant fera l'objet de la validation des résultats théorique trouvé dans ce chapitre avec un logiciel PVsyst.

Chapitre III

**Validation des résultats avec les logiciels PVsyst et
schémaplic**

III.1. Introduction

Dans cette partie on va prouver les résultats calculés dans le chapitre précédent avec le logiciel pvsyst.

Ainsi on va réaliser un schéma de commande et de puissance avec deux modes différents (manuel et automatique) à l'aide du logiciel Schémaplic, a fin d'assurer une protection de système avec un disjoncteur, des relais thermique...etc. Et de permettre à notre système de fonctionner dans de bonnes conditions.

III.2. Simulation par PVsyst

III.2.1. Présentation de PVsyst

PVsyst est un logiciel de simulation et de dimensionnement d'installations solaires photovoltaïques autonomes et reliés au réseau. Il nous permet d'obtenir l'ensemble d'informations sur un système étudié (pompage solaire, système isolé, liée au réseau), d'emporter des données météo de site choisi, l'irradiation de site, le nombre de panneaux utilisés pour un système étudié et le coût d'installation...etc.

Est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais c'est aussi un outil pédagogique très utile.

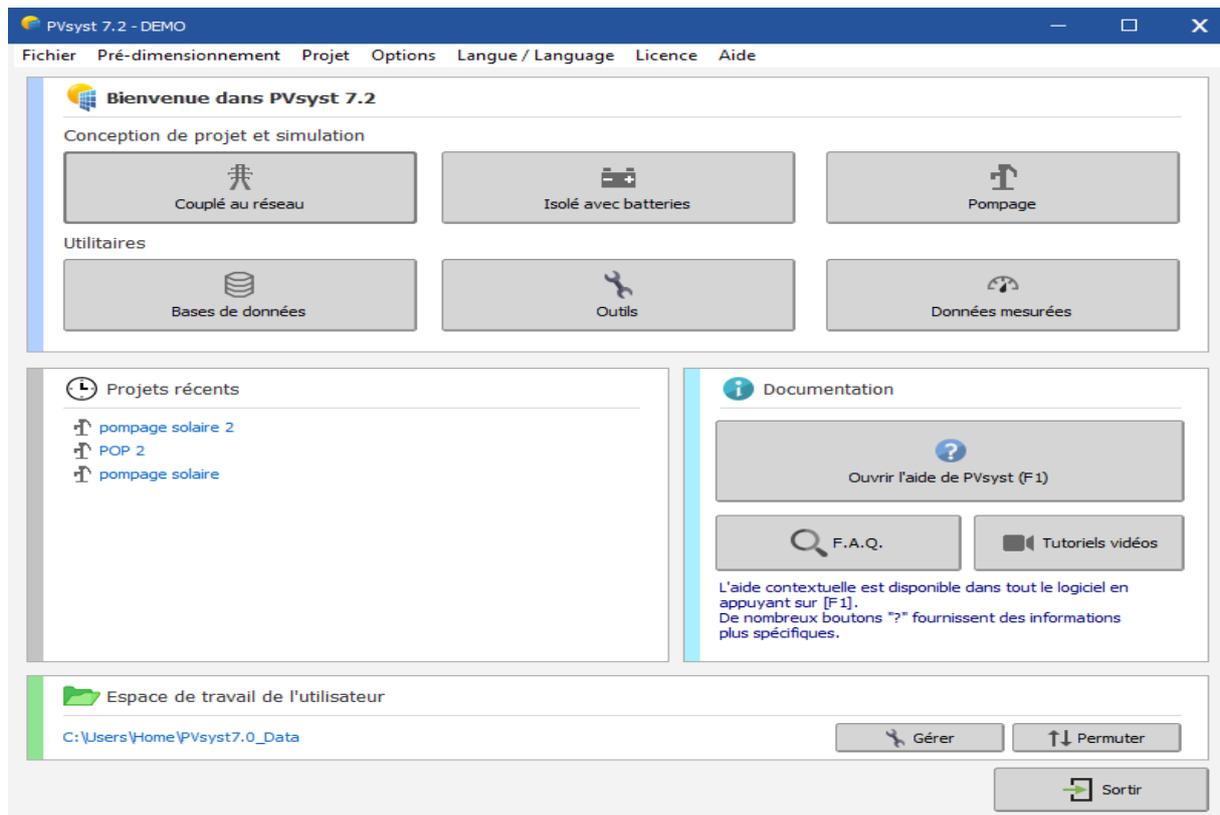


Figure III.1 : la page principale de logicielle PVsyst.

III.2.2. La conception préliminaire

Avant de commencer le dimensionnement d'un projet dans PVsyst, on va d'abord sélectionner un système parmi les suivants :

- Couplé au réseau
- Isolé avec batteries
- Pompage

III.3. Conception du projet

Pour notre projet (système de pompage solaire) on va sélectionner la fenêtre pompage:

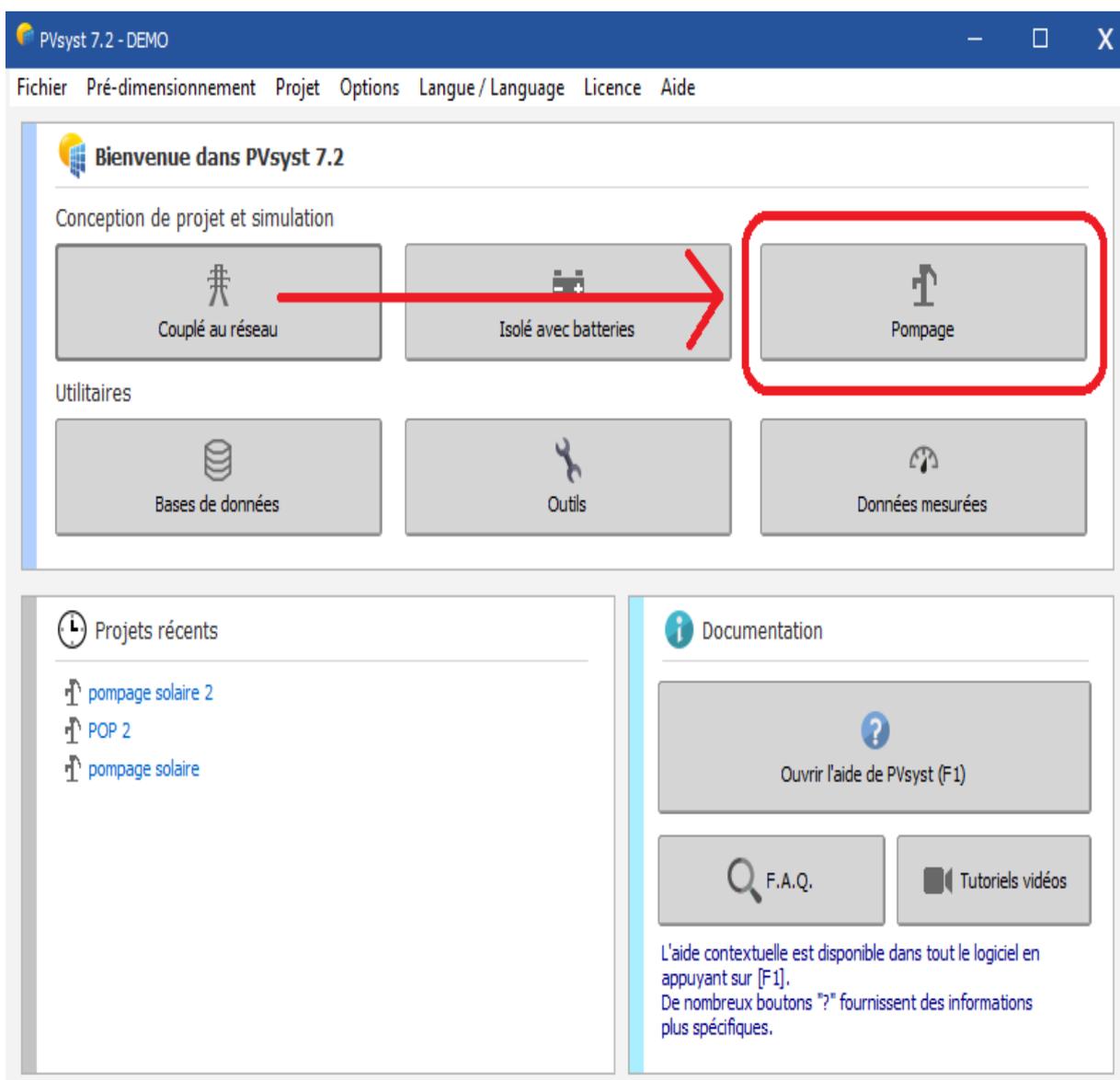


Figure III.2 : Choix d'un système.

III.3.1. Créer un projet

Dans cette étape on va cliquer sur la fenêtre «nouveau» pour créer un nouveau projet.

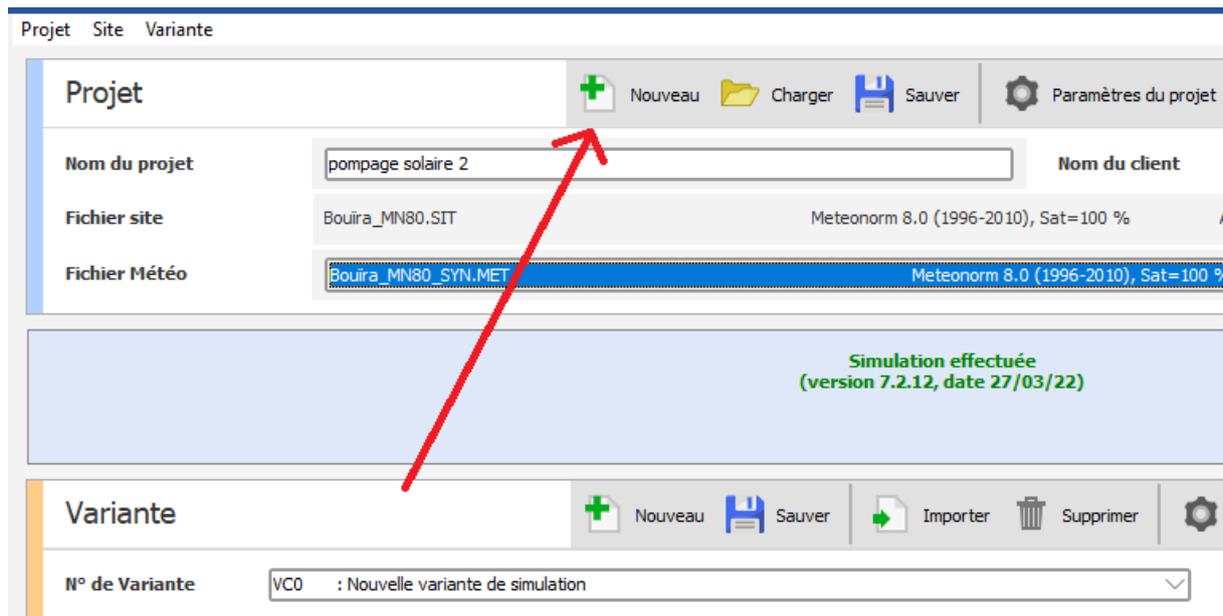


Figure III.3 : création d'un nouveau projet.

III.3.1.1. Nom de projet créée

On choisit un nom du projet.

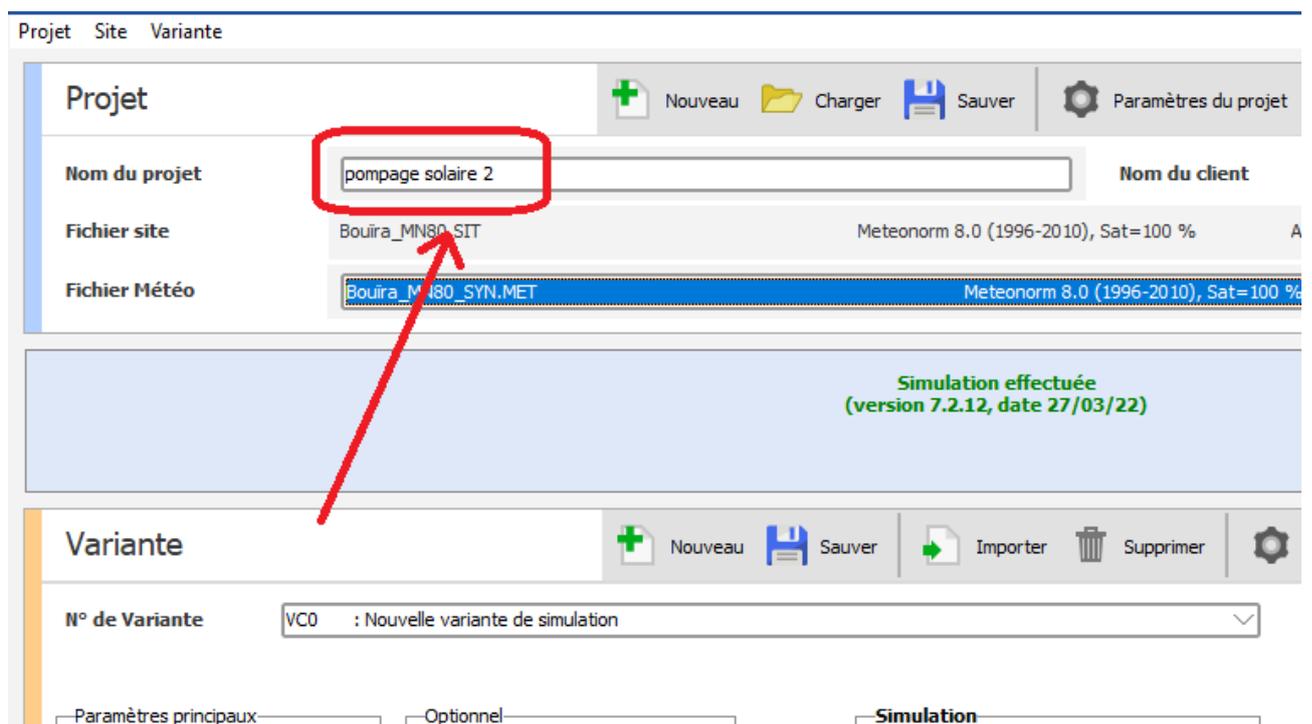


Figure III.4 : nommer le projet créé.

III.3.1.2. choix de site

On sélectionne la zone géographique sur laquelle on travaillera.

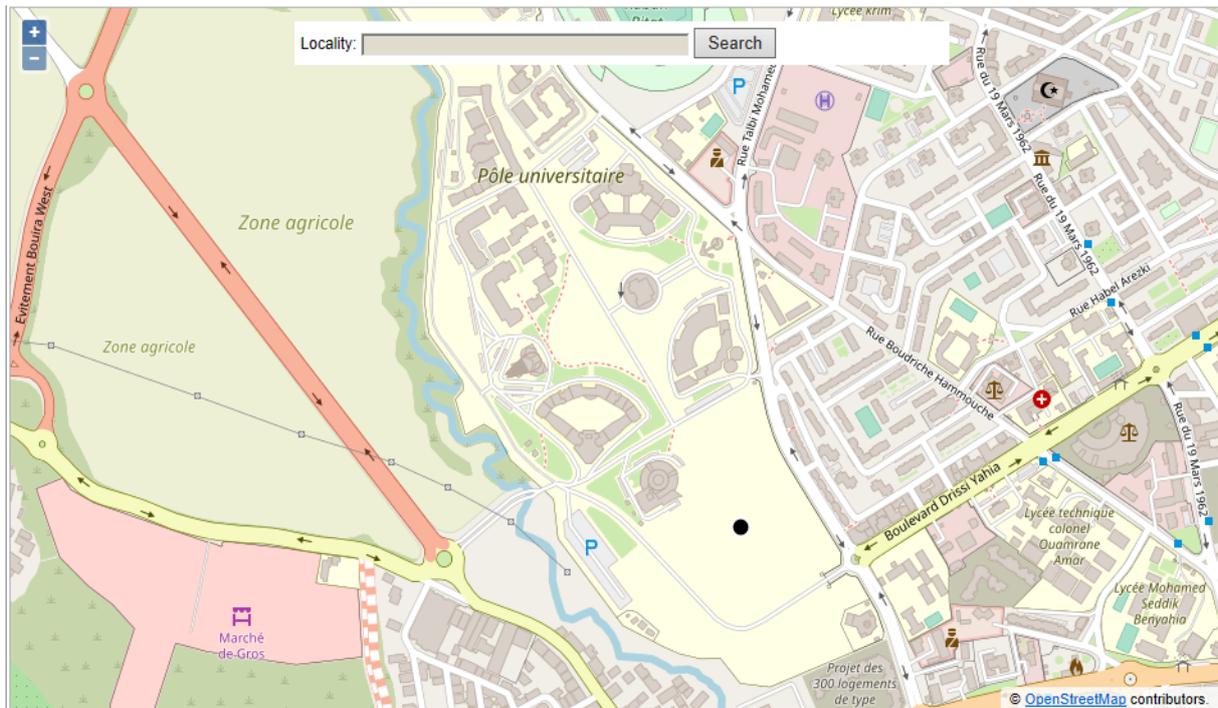


Figure III.5 : le site choisi [pôle universitaire Bouira]

III.4. Orientation des panneaux solaire

Cette étape dédiée pour choisir le degré d'inclinaison des panneaux placés dans ce site. Pour notre simulation, nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison de 30° (par rapport à l'horizontale).

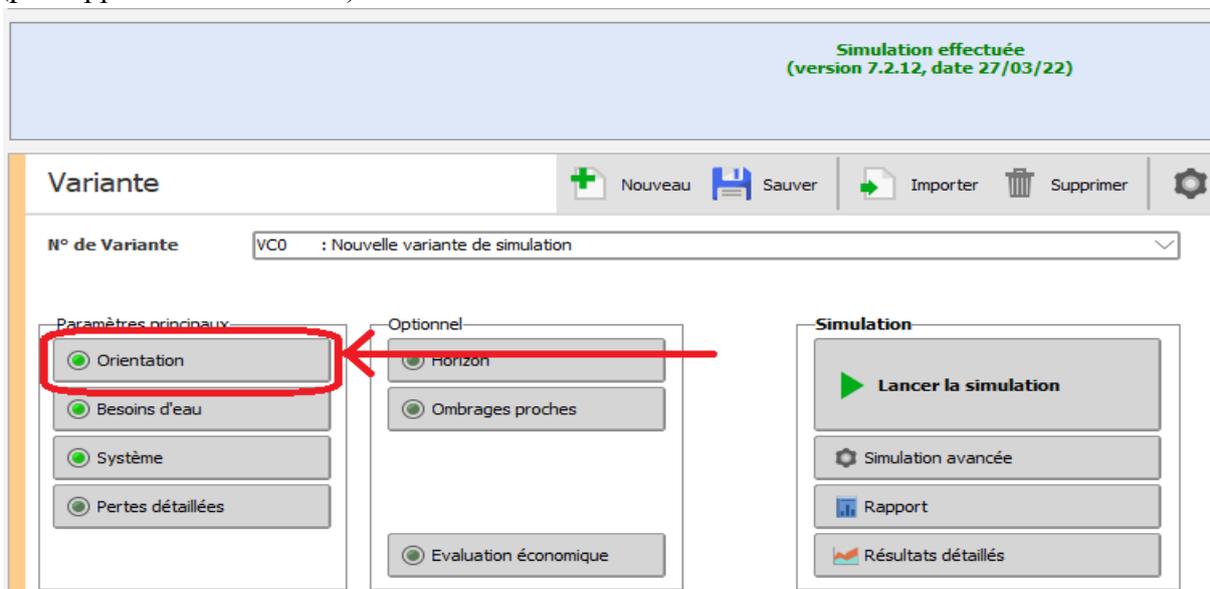


Figure III.6: la première étape de la conception.

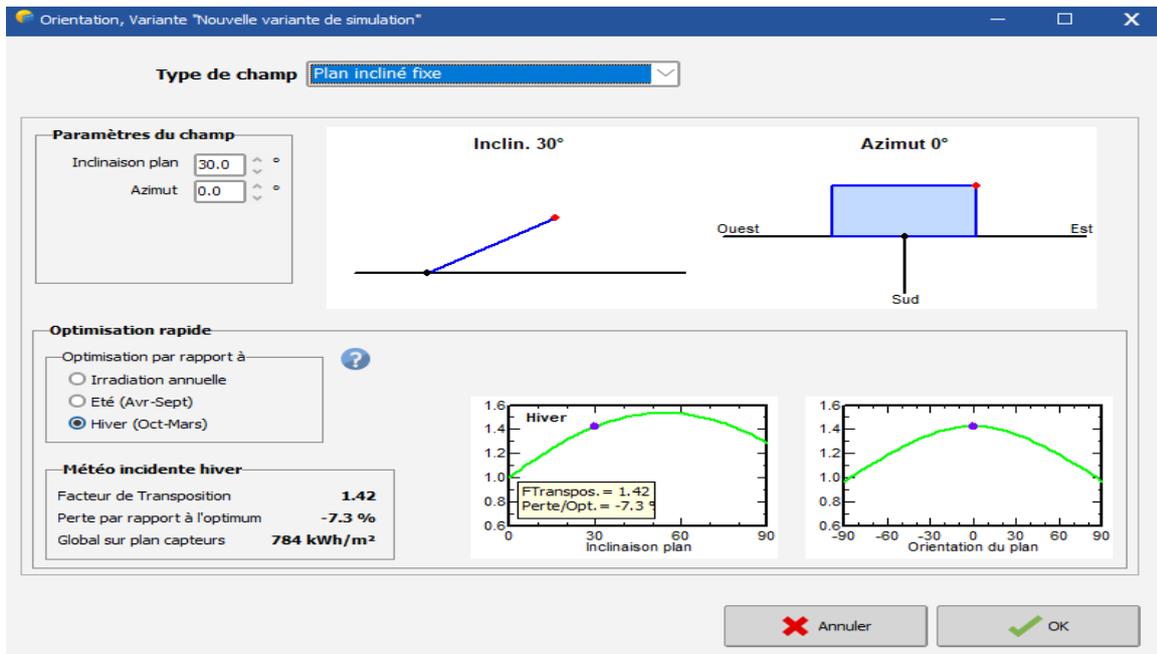


Figure III.7: Angle d'orientation de panneau.

III.5. Profil de l'horizon

Un profil d'horizon est une ligne brisée superposée sur le diagramme de trajectoire du soleil, qui peut contenir un nombre quelconque de hauteur sur le point d'azimut.

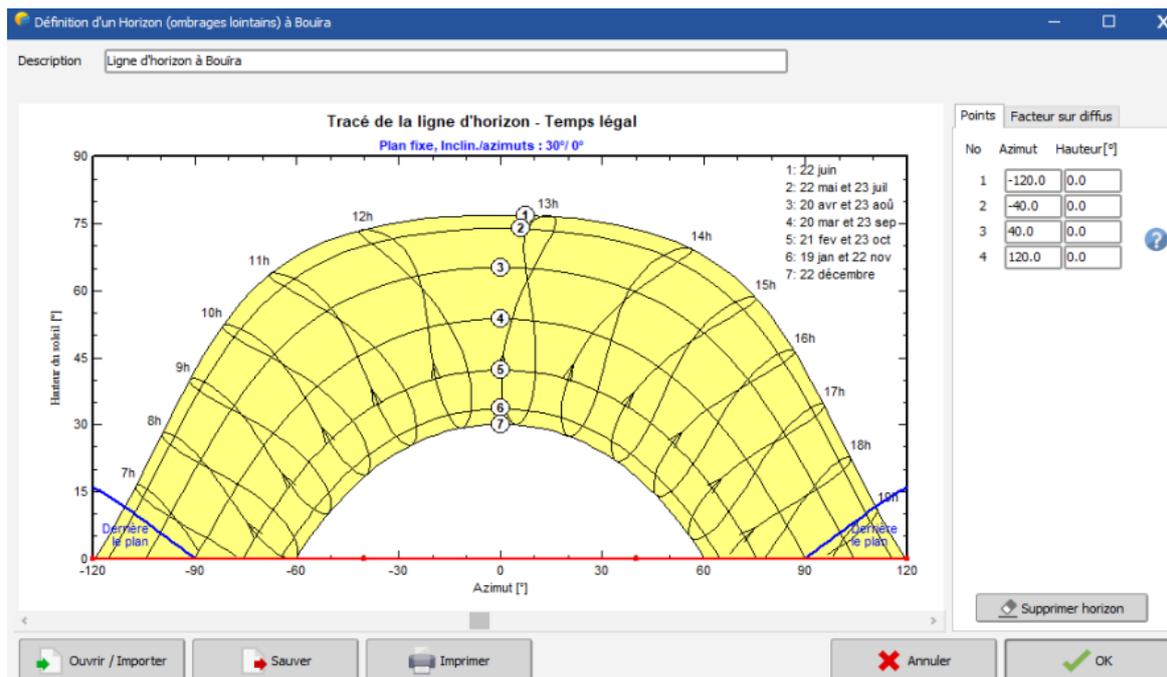


Figure III.8 : Ligne d'horizon a Bouïra.

III.6. Définition des besoins d'utilisateur

III.6.1. Circuit hydraulique de pompage

Le circuit hydraulique de pompage contient :

- Le type de système (autonome sans batterie)
- Les caractéristiques du forage (niveau statique, dynamique, le rabattement, diamètre de forage, niveau de pompe)
- Les caractéristiques du réservoir (volume, diamètre, la hauteur, altitude d'injection)
- Le circuit hydraulique (choix de tuyaux)

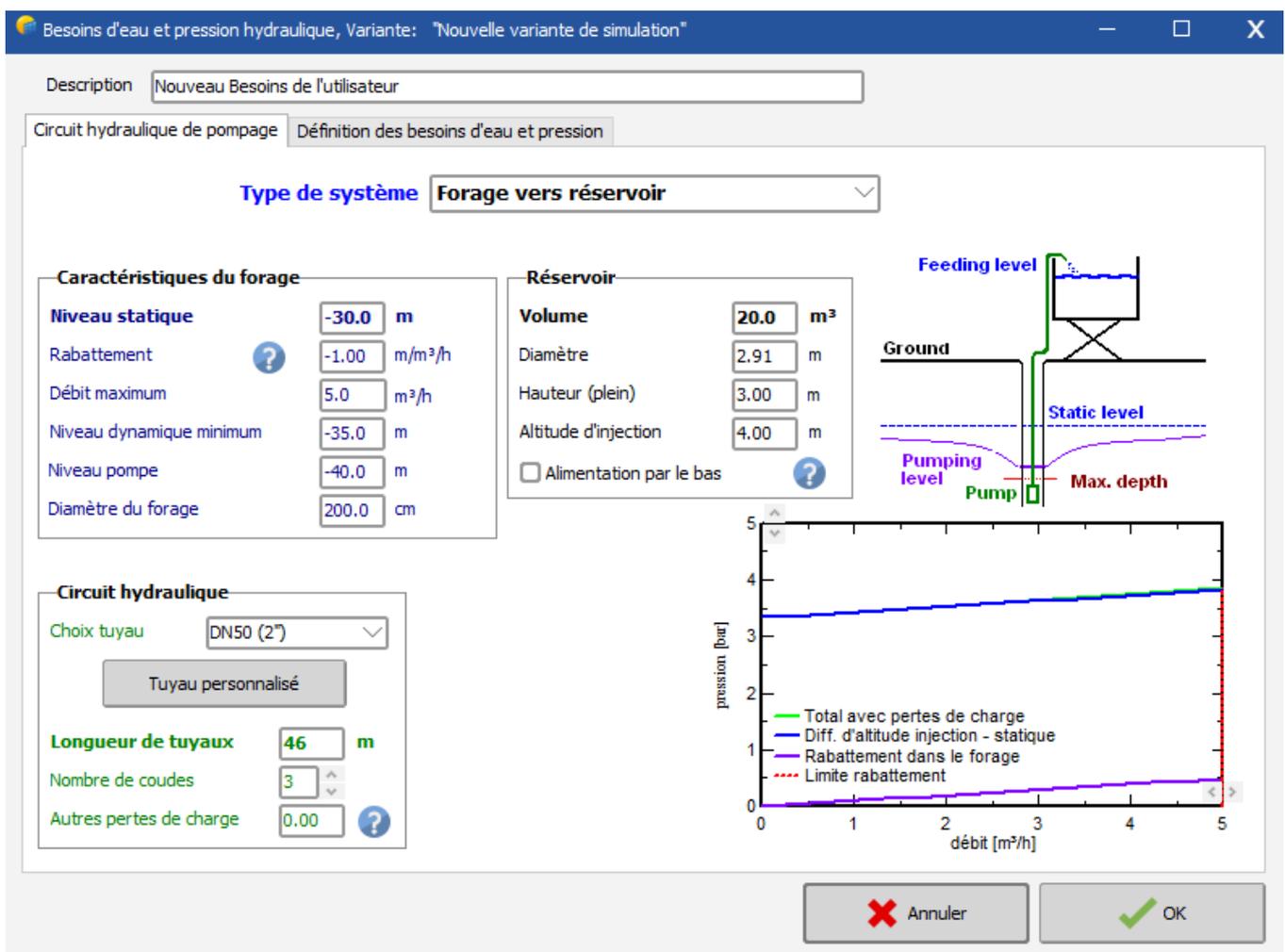


Figure III. 9: Circuit hydraulique de pompage.

III.6.2. Définition des besoins d'eau et de pression

Le dimensionnement de circuit hydraulique commence par la détermination de besoin d'eau exprimée en mètres (m^3/j). Pour notre étude de simulation le besoin journalier moyen mensuel en eau est de $20 \text{ m}^3/\text{j}$. Avec une pression de 2.94 bar.

Description: Nouveau Besoins de l'utilisateur

Circuit hydraulique de pompage Définition des besoins d'eau et pression

Besoins d'eau

Moyenne annuelle
 Valeurs saisonnières
 Valeurs mensuelles

Besoins annuels: 20.0 m^3/jour

Unités hydrauliques

Débit: m^3/h
Pression: bar

Variation du niveau statique dans le forage

Constant sur l'année
 Valeurs saisonnières
 Valeurs mensuelles

Niveau statique: 2.94 bar

Pressions suppl.

Altitude d'injection	4 m
Pressions dynamiques	0.03 bar
(au débit de $4.0 \text{ m}^3/\text{h}$)	Rabatement 0.39 bar

Fichier modèle

Charger Sauver

Résumé annuel

Besoin d'eau moyen	20.0 m^3/jour
Besoins d'eau annuels	7300 m^3
Pression moy. annuelle	3.34 bar
Energie hydraulique	676 kWh
Besoin PV (très approx.)	2284 kWh

Figure III.10 : Définition des besoins d'eau et pression.

III.7. Suggestion de pré dimensionnement

Dans cette étape le logiciel Pvsyst donne la puissance de pompe et de PV conseillée pour notre système.

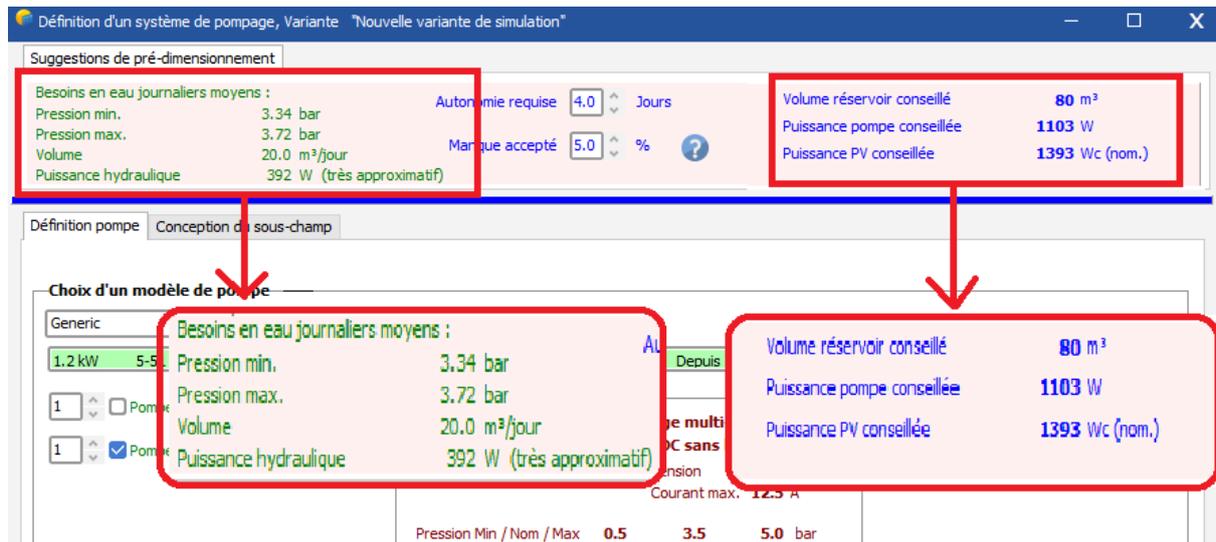


Figure III.11 : Définition d'un système de pompage.

III.7.1. Choix de la pompe

Dans cette étape on va choisir une pompe idéale pour notre système parmi les pompes proposées. Pour notre système on a choisi une pompe centrifuge de multi-étage.

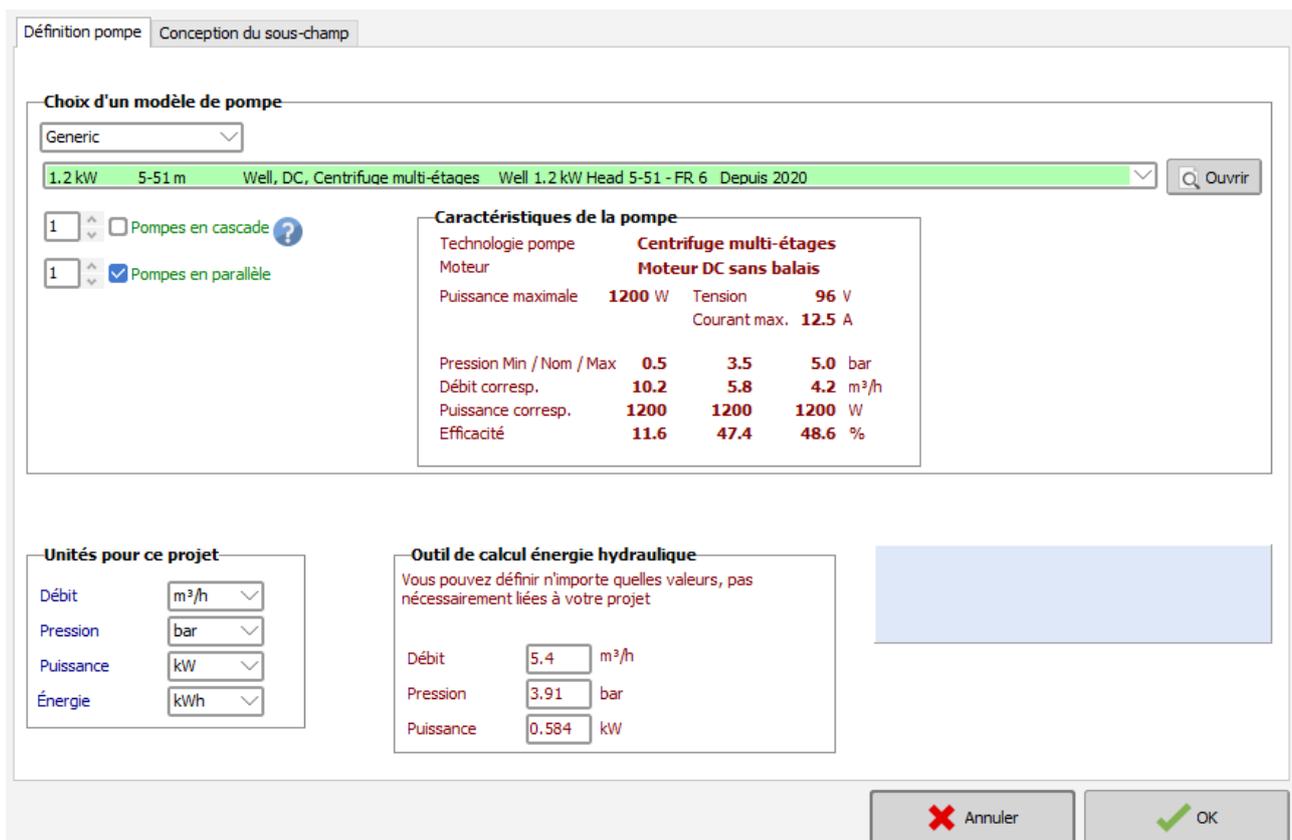


Figure III.12: Définition de la pompe.

• Caractéristique de la pompe

- Modèle: well 1.2 kw Head 5-51-FR 6 depuis 2020.
- Technologie pompe : DC, centrifuge multi-étages.
- Type de pompe : immergé.
- Puissance maximale : 1.2 kW.
- Tension : 96V.
- Courant maximale : 12.5 A.
- Hauteur maximale : 5-51m.

III.7.2. Conception du sous-champ

Dans cette fenêtre, on sélectionne un panneau parmi les propositions de logiciel et ce dernier il nous donne le nombre de module ainsi que leurs montages avec le convertisseur nécessaire.

Définition pompe
Conception du sous-champ

Information système

Pompe choisie	Well 1.2 kW Head 5-51 - FR 6 m3_h		
Technologie	Centrifuge multi-étages	Pression	0.49 - 5.00 bar
Puissance max.	1200 W	Débit	10.21 - 4.20 m³/h

Aide au dimensionnement

Pas de prédim. Entrez Pnom désirée kWc

... ou surface disponible m²

Sélection du module PV

Disponibles

Longi Solar 530 Wp 35V Si-mono LR5-72 HPH 530 M Depuis 2020 Manufacturer 2020

Modules nécessaires approx. **3** Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) **35.6 V**
Vco (-10°C) **54.0 V**

Choisissez le mode de régulation et le régulateur

Régulateur universel mode de régulation Convertisseur MPPT-DC

Tous les fabricants 1000 W Convertisseur MPPT-DC Universal MPPT - DC Converter Generic device Adaptabl

Les paramètres de fonctionnement du régulateur universel seront automatiquement ajustés selon les propriétés du système.

Conception champ PV

Nombre de modules et chaînes

Mod. en série seule possibilité 2

entre 1 et 2

Perte surpuissance **N/A**

Rapport Pnom **N/A**

nbre modules 4 Surface 10 m²

Cond. de fonctionnement

Vmpp (60°C) 71 V

Vmpp (20°C) 83 V

Vco (-10°C) 108 V

Irradiance plan **1000 kWh/m²**

Imp 26.2 A

Isc 27.4 A

Isc (aux STC) 27.4 A

Puiss. max. en fonctionnement 1.9 kW
(à 1000 W/m² et 50°C)

Puiss. nom. champ (STC) 2.1 kWc

Figure III.13: Conception de sous-champ.

• Caractéristique du l'onduleur

- Tension MPP minimale : 64 V.
- Tension MPP maximale : 108 V
- Courant d'entrée maximum : 15 A.
- Puissance : 1,2 KW.
- Rendement : 96 %.

•Caractéristique du panneau

- Modèle : Si-mono Longi_LR5_72_HPH_530_M.PAN
- Fabricant : Longi Solar
- Nombre de cellule : 72
- Puissance crête : 530 WC
- Icc : 13,71 A
- Impp : 13 ,04 A
- Vco : 49,2 V
- Vmpp : 41,35 V
- Rendement : 20,78 %

III.8. Résultats de la simulation**III.8.1. Rapport détaillée sur le système étudié**

Ce rapport contient les différents détails sur les informations qu'on a donné au logiciel, ainsi que les résultats qui sont donnés par le logiciel (puissance hydraulique, puissance de la pompe, nombre de module PV pour le système, leur montage...etc).

Il nous donne aussi un bilan de puissance bien détaillé de tout les composants de notre système (la puissance consommé par la pompe, les défièrent pertes, la puissance utile...etc).



Project: pompage solaire 2

Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.2.12

VC0, Simulation date:
27/03/22 12:19
with v7.2.12

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Bouïra	Latitude 36.37 °N	Albedo 0.20
Algérie	Longitude 3.88 °E	
	Altitude 543 m	
	Time zone UTC+1	
Meteo data		
Bouïra		
Meteonorm 8.0 (1996-2010), Sat=100 % - Synthétique		

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 30 / 0 °	
System information	
PV Array	
Nb. of modules	4 units
Pnom total	2120 Wp

Results summary

Water	Energy	Efficiencies
Water Pumped 5676 m ³	Energy At Pump 1253 kWh	System efficiency 35.4 %
Specific 744 m ³ /kWp/bar	Specific 0.22 kWh/m ³	Pump efficiency 46.4 %
Water needs 7300 m ³	Unused (tank full)	
Missing Water 22.3 %	Unused PV energy 30 kWh	
	Unused Fraction 0.9 %	

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

Figure III.14 : Résumé du projet

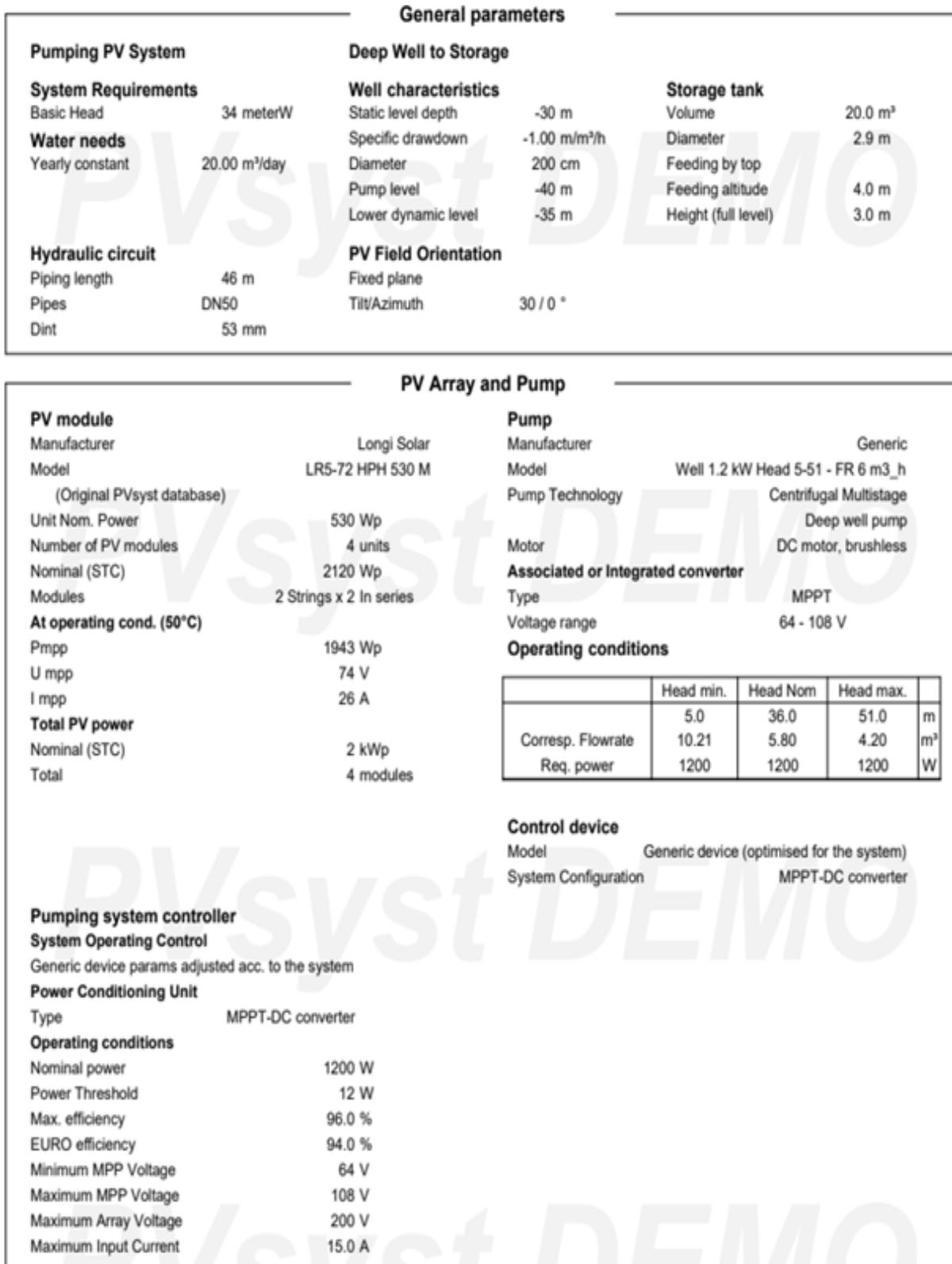


Figure III.15 : Paramètre général

III.8.2. Résultats détaillés

III.8.2.1. Evaluation de la production normalisée

Les pertes (L_c) correspondantes au champ PV ; (L_s) sont les pertes de système; (L_u) énergie inutilisée et (Y_f) l'énergie effective de la pompe.

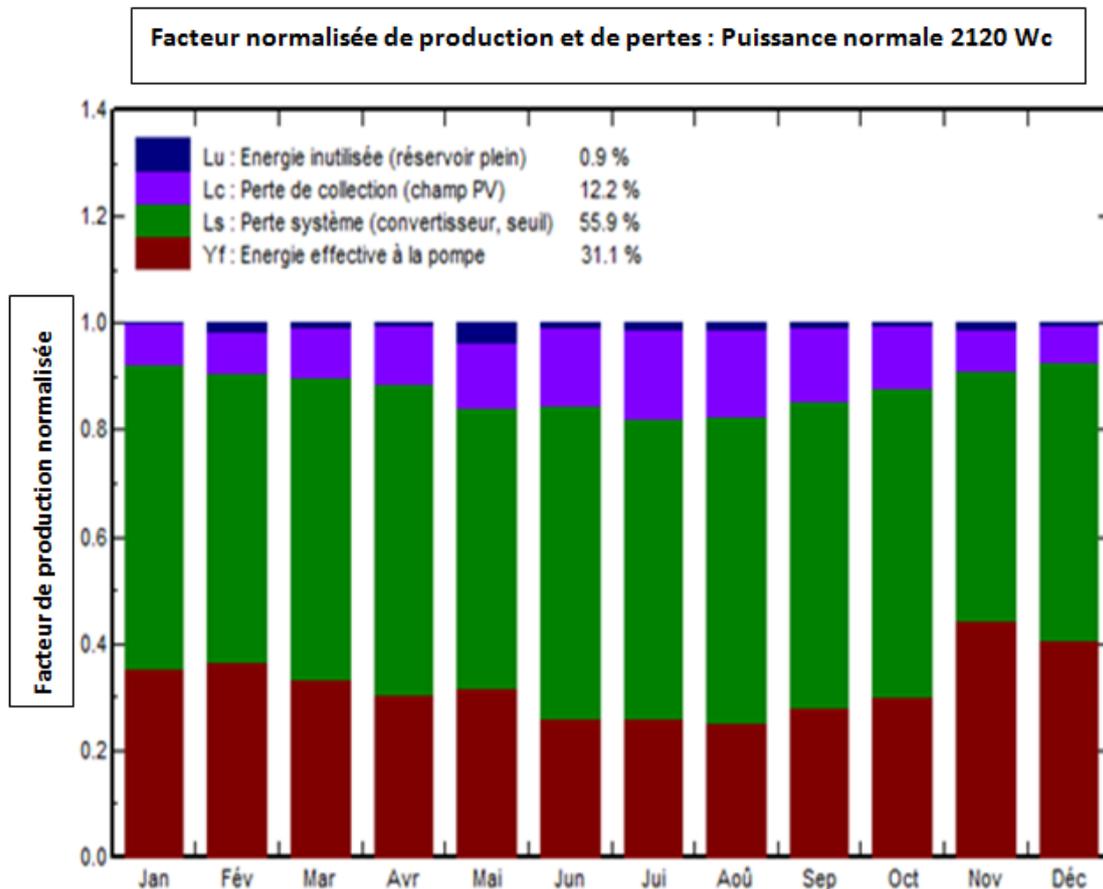


Figure III.16 : production normalisée

• Interprétation des résultats

- La quantité d'énergie inutilisée à atteint sa valeur maximale au mois de mai.
- Les pertes de collection d'irradiation solaire et les pertes système sont faibles au mois de novembre, par contre on a une énergie effective plus grande contrairement à d'autre mois, on a les pertes (L_s, L_c) plus importantes avec une faible énergie effective de la pompe.
- On a enregistré les pertes (collection, système) avec des grandes valeurs, en période d'été, cela est dû à la hausse des températures en cette saison.

III.8.2.2. Diagramme journalier Entrée/Sortie

Le graphe suivante reposit diagramme journalier d'entre/sortie.

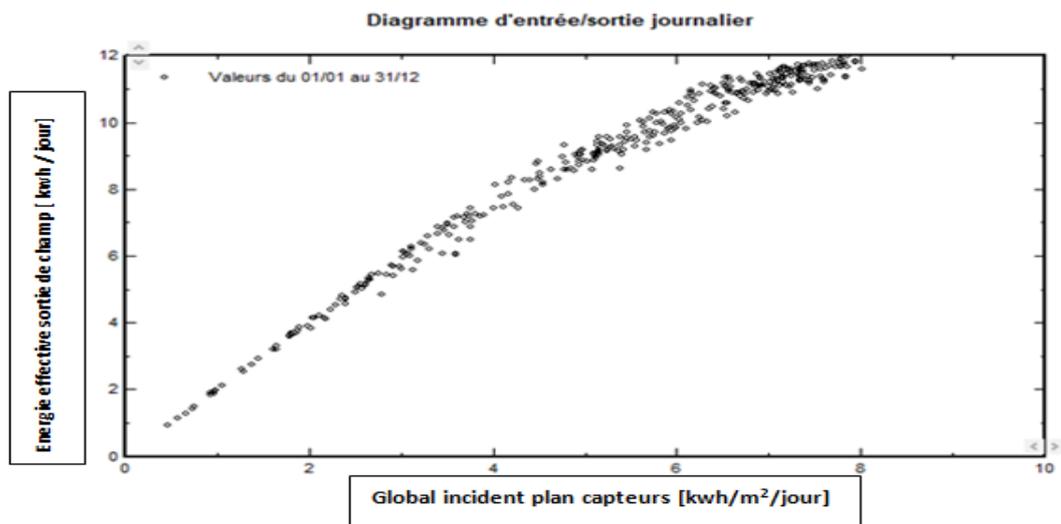


Figure III.17: Diagramme journalier Entrée/Sortie

• Interprétation des résultats de diagramme

- L'énergie effective a atteint ses valeurs maximales avec des irradiances comprises entre (4 à 8 kwh/m²/j).
- On note que l'énergie effective en sortie, est proportionnelle à l'irradiation journalière globale incidente.

III.8.2.3. Energie de référence dans le plan de capteur

Cette figure représente énergie de référence en (kwh/m²/jour).

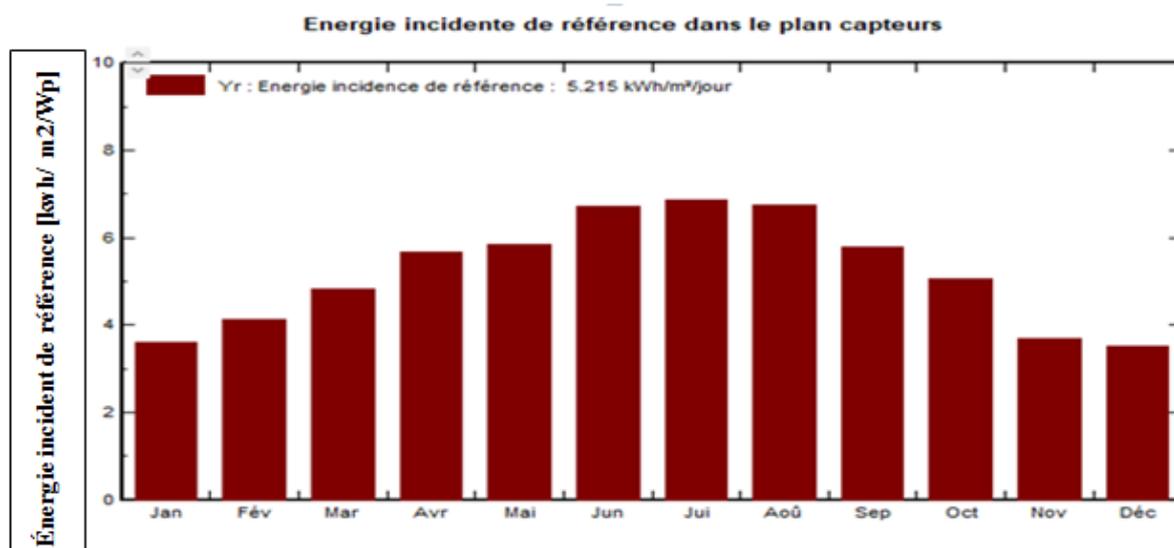


Figure III.18 : Énergie incidente de référence dans le plan de capteur

• Interprétation des résultats

- Cette énergie a atteint ses valeurs maximales dans la période d'été. Cela est dû à une forte irradiation dans cette période.

III.8.2.4. Diagramme de température du champ en fonction d'irradiance effective

Cette figure représente le diagramme de température du champ en fonction d'irradiance effective

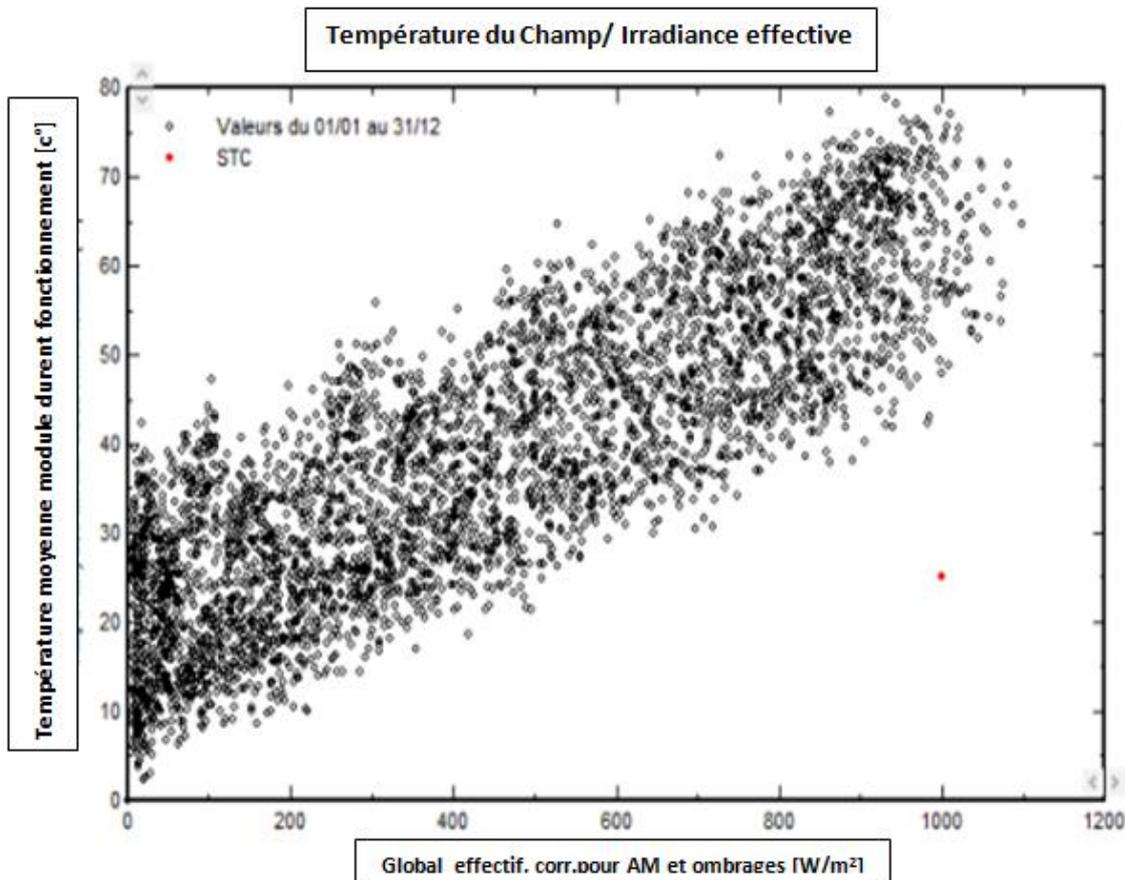


Figure III.19 : température du champ en fonction d'irradiance effective

• Interprétation des résultats

- A chaque fois que la température augmente, les rayonnements (irradiance effective) augmentent avec elle.
- Irradiance effective est relative à la température.

III.8.2.5. Graphe de distribution d'irradiation incidente

La distribution du rayonnement incident en sortie, nous a donnée ce graphe suivant :

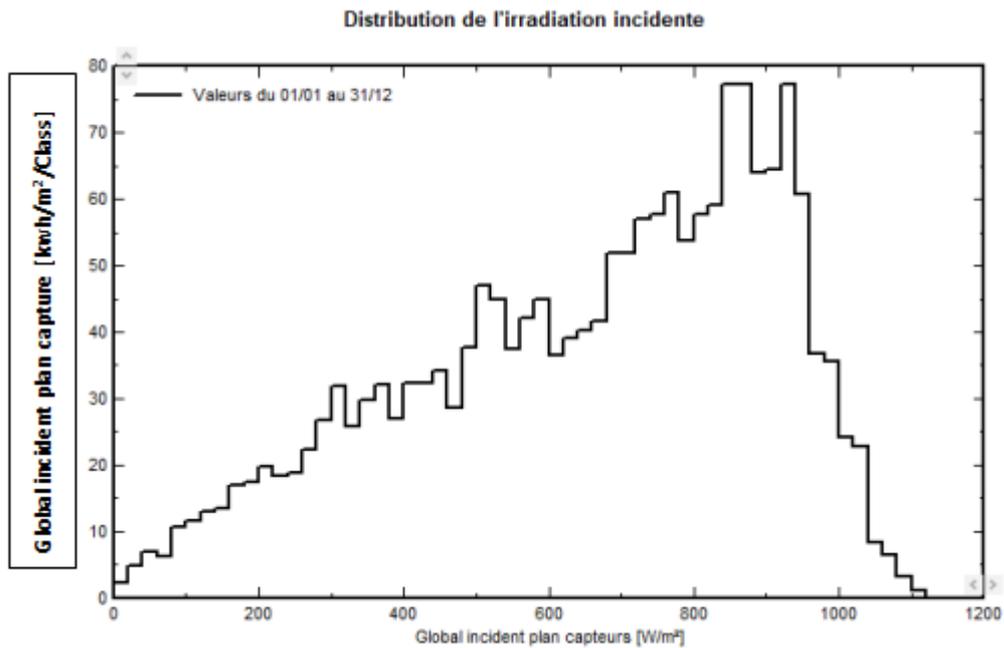


Figure III.20 : distribution d'irradiation incidente

• Interprétation des résultats

- la puissance en sortie, au cours des heures de la journée (kwh/m²/class) augmente avec la distribution de l'irradiation incident (w/m²).

III.8.2.6. Le débit en fonction de l'irradiation

Cette figure représente le débit en fonction de l'irradiance

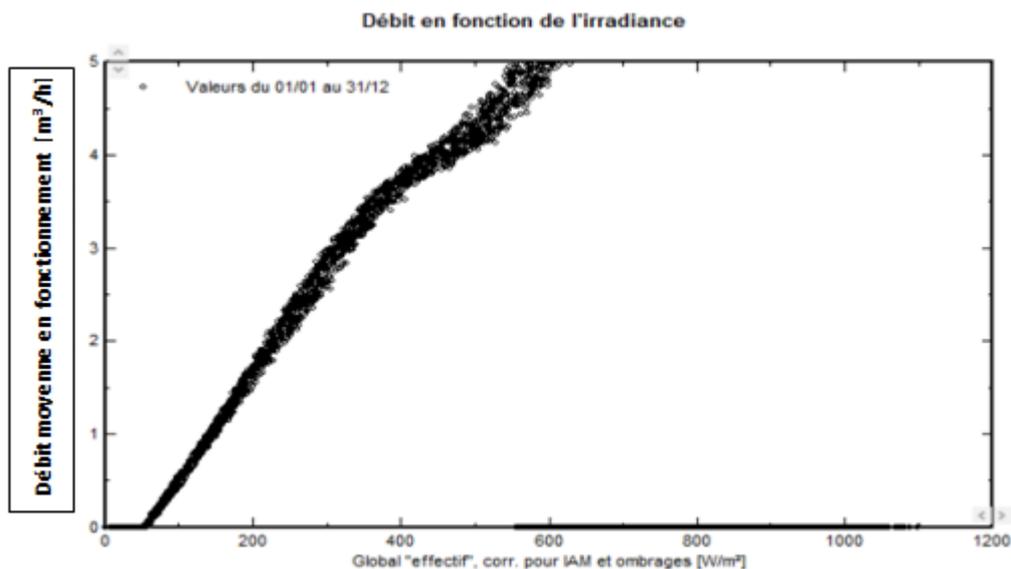


Figure III.21 : débit en fonction de l'irradiation

• Interprétation des résultats

- la pompe peut fonctionner avec des faibles irradiances <200 w/m² mais avec un faible débit <1 m³/h.
- la pompe arrive a son débit maximal avec des irradiances > 500 w/m².

III.9. Diagramme des pertes

Le diagramme des pertes donne par le logiciel PVsyst

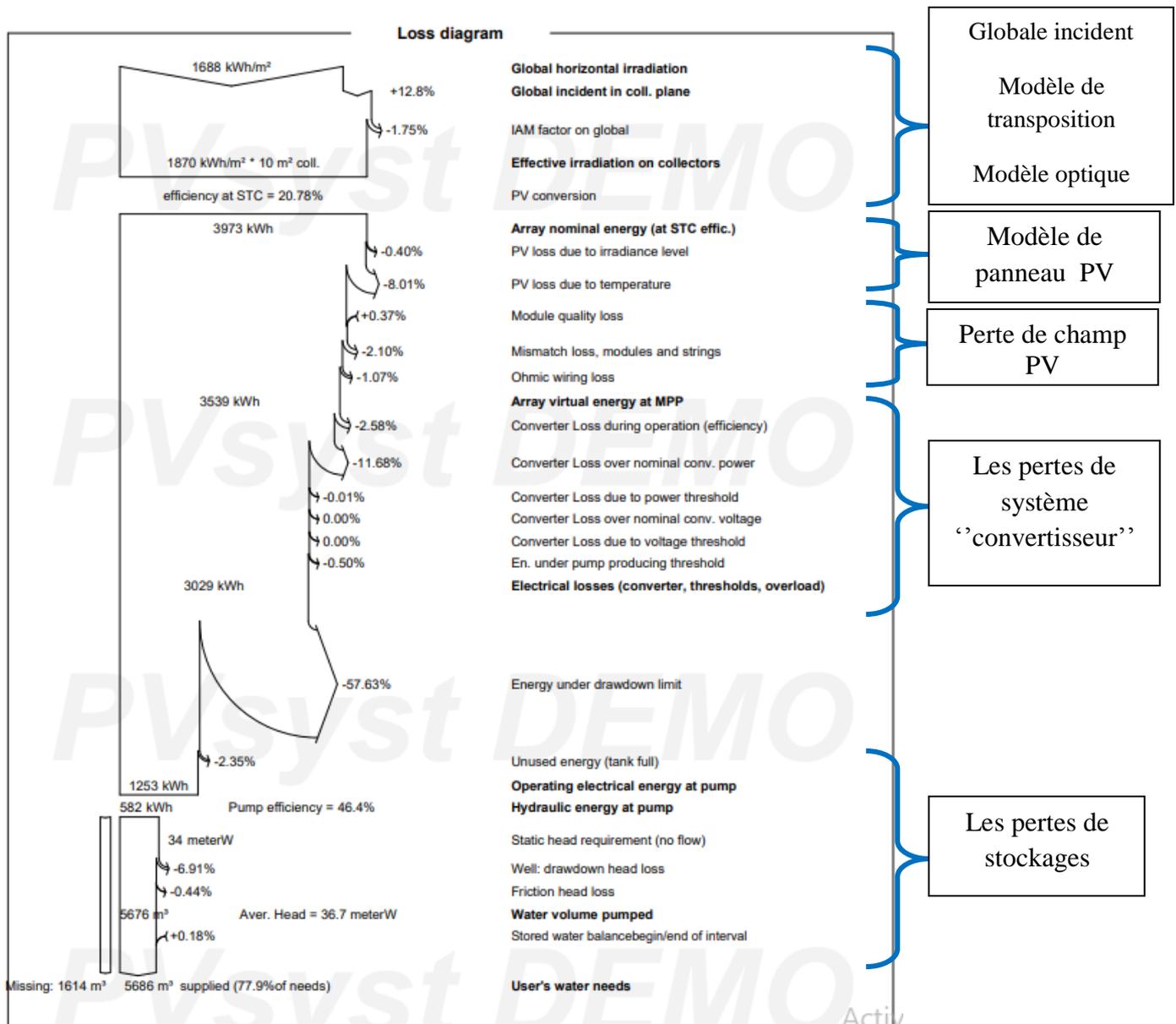


Figure III.22 : Diagramme des pertes

• Interprétations des résultats

Ce diagramme est un bilan détaillé qui nous donne toutes les informations sur les différentes pertes qui sont :

- Les pertes de module PV: les pertes d'irradiation, pertes dues à la qualité de module PV, pertes de connexions entre les modules...etc.
- Pertes du champ PV : pertes ohmique de câblage dues à la température du champ....etc.
- Pertes du système (convertisseur) : les pertes de puissance, sur tension, seuil de tension, seuil de puissance...etc
- Les pertes de stockages : pertes de charge friction, pertes de pression...etc

III.10. Présentation de logiciel Schémaplic

Schémaplic est un logiciel de conception et de simulation des schémas en électrotechnique et énergétique destiné aux bureaux d'études et à l'enseignement. Il nous permet de concevoir et de simuler les schémas correspondants à l'écran. Et cela pour la sécurité des biens et des personnes.

Le logiciel Schemaplic permet d'exploiter 3 niveaux d'utilisation :

- **Conception** : pour créer, sauvegarder et imprimer tous types de schémas,
- **Simulation** : pour vérifier le fonctionnement du montage par un simple clic sur les organes de commande,
- **Exercices** : pour appliquer les connaissances à l'aide de nombreux exercices de niveaux différents.

III.11. Les étapes de conception de projet

Pour créer un projet on va cliquer sur « nouveau » ce qui va nous donner une fenêtre qui contient tous les composants des systèmes suivants :

- Electrique
- Frigorifique
- Hydraulique
- Pneumatique
- Thermique

On sélectionne le système « Electrique », celui-ci va nous donner tous les composants nécessaires (interrupteurs, contacteurs, capteurs, relais...etc) pour simuler les deux schémas (puissance et commande) de notre système. La figure suivante nous explique ces étapes.

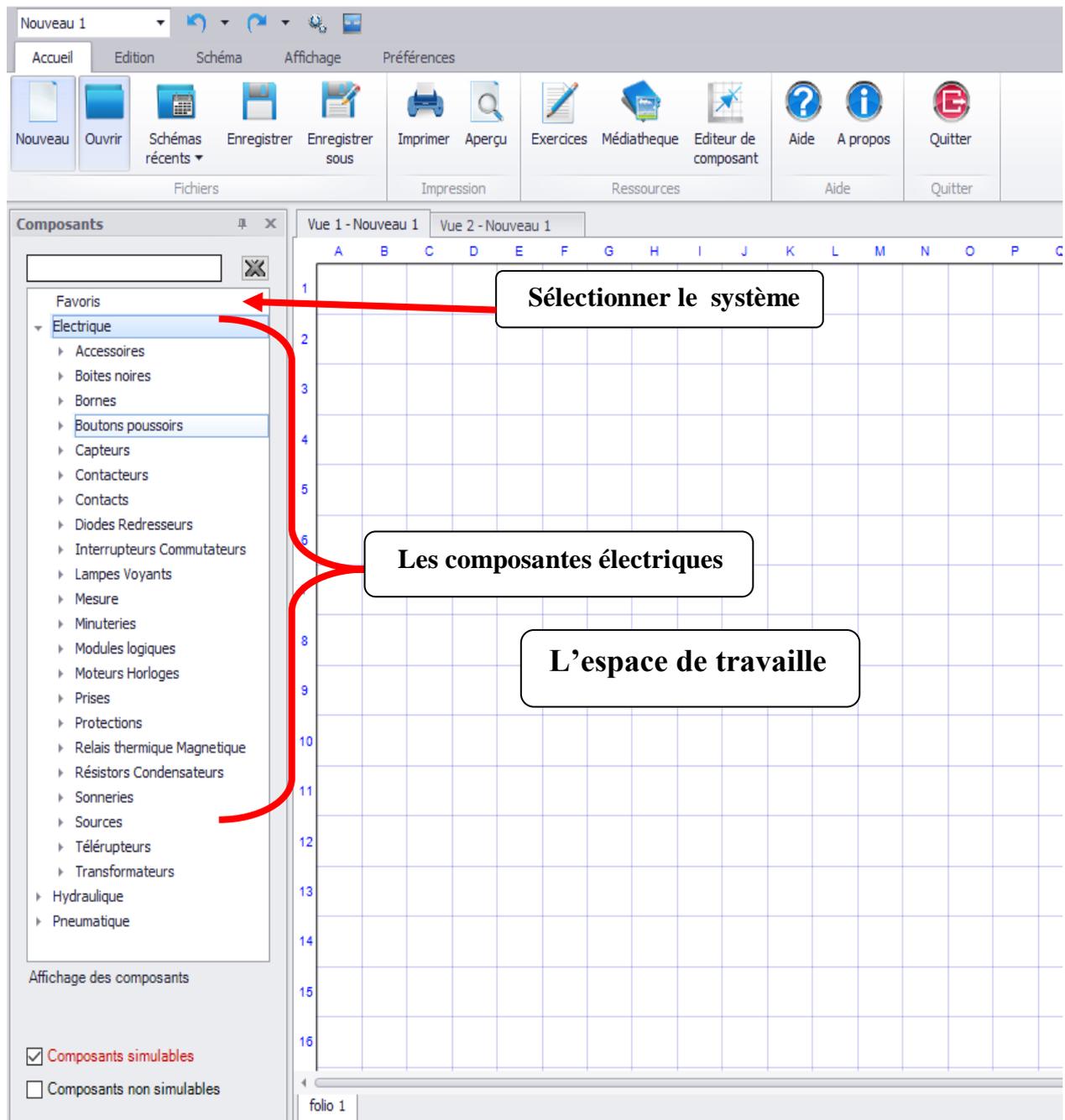


Figure III.23: Les étapes de conception de projet

III.12. Schéma de commande et de puissance a deux modes « manuel et automatique»

Ce schéma contient tout les éléments nécessaires afin d'assurer un bon fonctionnement de notre système (pompage solaire), avec deux modes différents et de manière sécurisé pour protégé notre installation contre les défauts de surcharges et courts circuits.

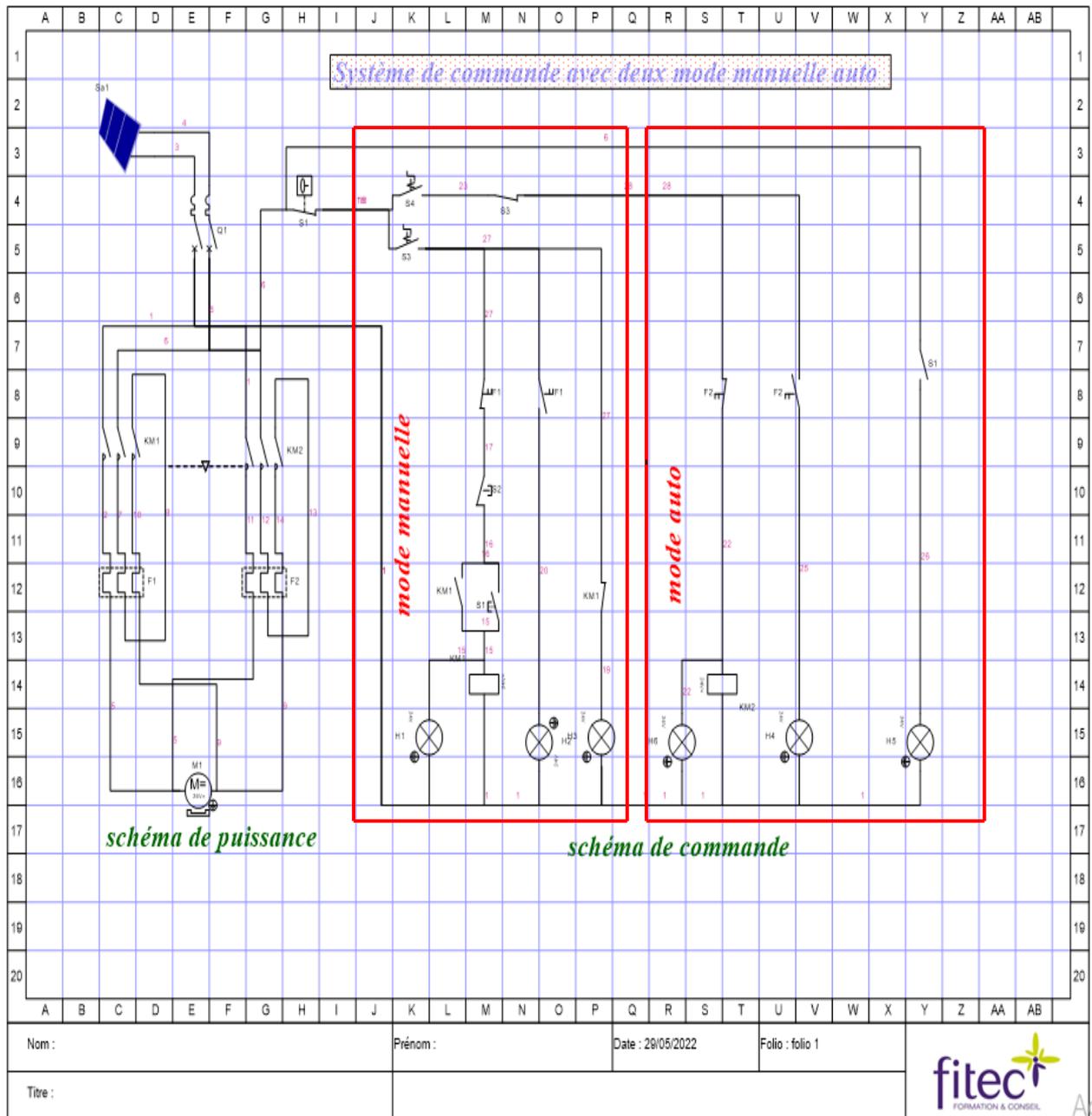


Figure III.24: schéma de commande et de puissance avec deux modes

III.13. Schéma de commande et de puissance « mode manuel »

III.13.1. La mise en marche du système

Pour la mise en marche du système, on ferme le contact du disjoncteur et mettre le commutateur vers le mode manuel. Puis on clique sur le bouton poussoir (bouton vert) qui va exciter la bobine Km1. Cette bobine sera alimentée, après, les interrupteurs du contacteur se ferment et le moteur sera alimenté.

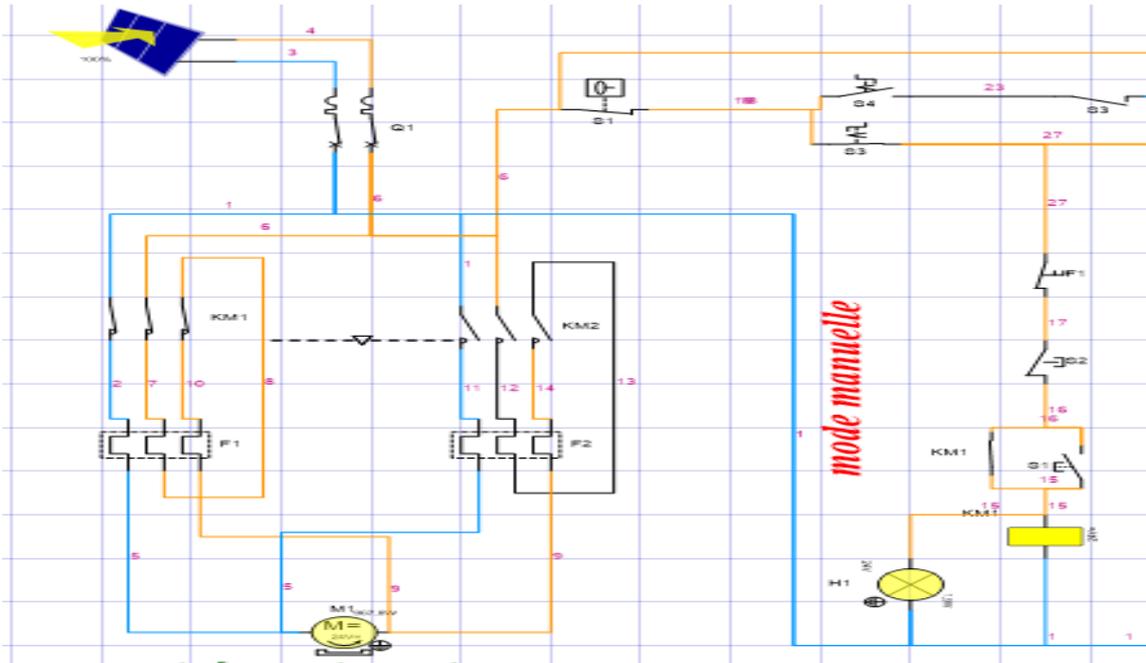


Figure III.25: Le système est mis en marche

III.13.2. Mise en arrêt du système

Pour arrêter le système on doit juste cliquer sur le bouton poussoir «rouge» ou bien notre système s'arrête a l'aide du capteur de niveau si le réservoir est plein.

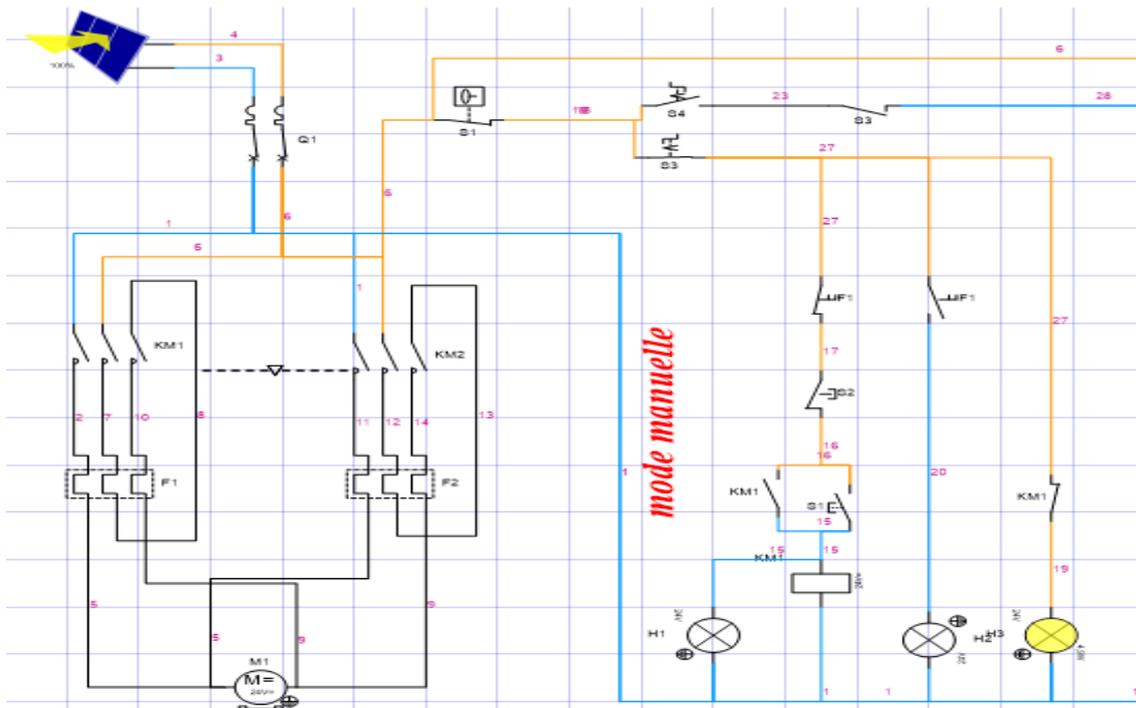


Figure III.26: Le système est mis en arrêt.

III.14. Schéma mode automatique

III.14.1. Mise en marche

Dans ce mode on met le commutateur à sa deuxième position (auto), la bobine km2 va être excitée directement ce qui va fermer les interrupteurs de contacteur km2.

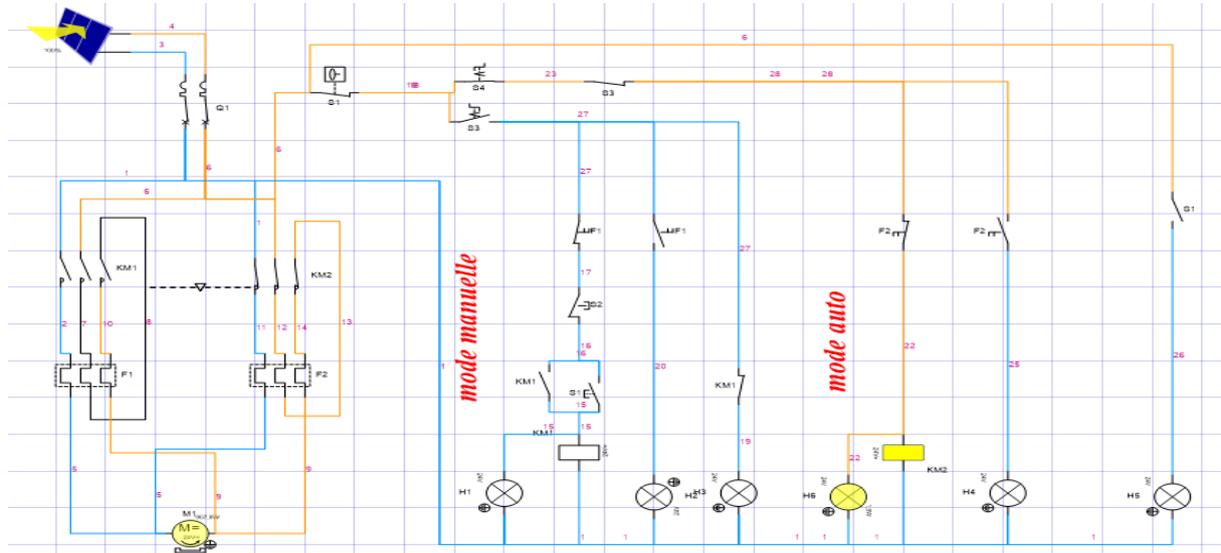


Figure III.27 : Schéma de mise en marche «mode auto».

III.14.2. Schéma de mise en arrêt

Pour mettre en arrêt le système il suffit que le capteur indique le réservoir est plein, il coupe directement le courant, et ce dernier va mettre le moteur hors tension.

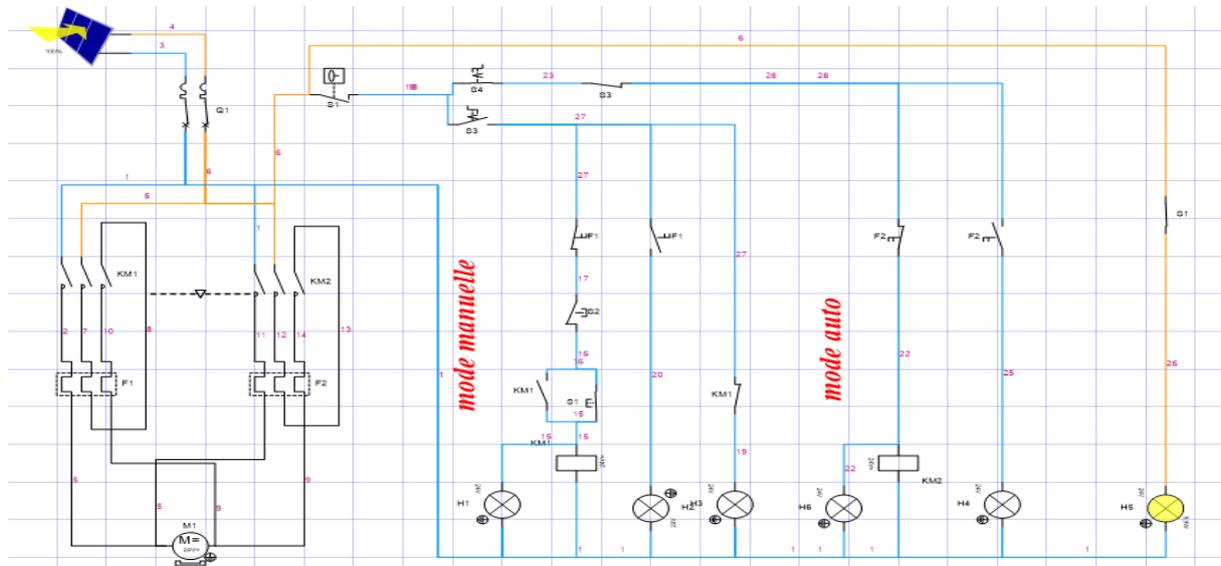


Figure III.28: Schéma de mise en arrêt «mode auto»

III.15. Schéma de défaut des deux modes

- Pour le mode manuel : lorsqu'il y a une surcharge sur le moteur, le relais thermique F1 va couper le courant avec une signalisation d'un voyant sur notre armoire électrique.
- le mode automatique : s'arrête lorsque le deuxième relais thermique F2 indique une surcharge (soit tension ou courant) sur le moteur ainsi qu'une indication sur notre armoire par un voyant.

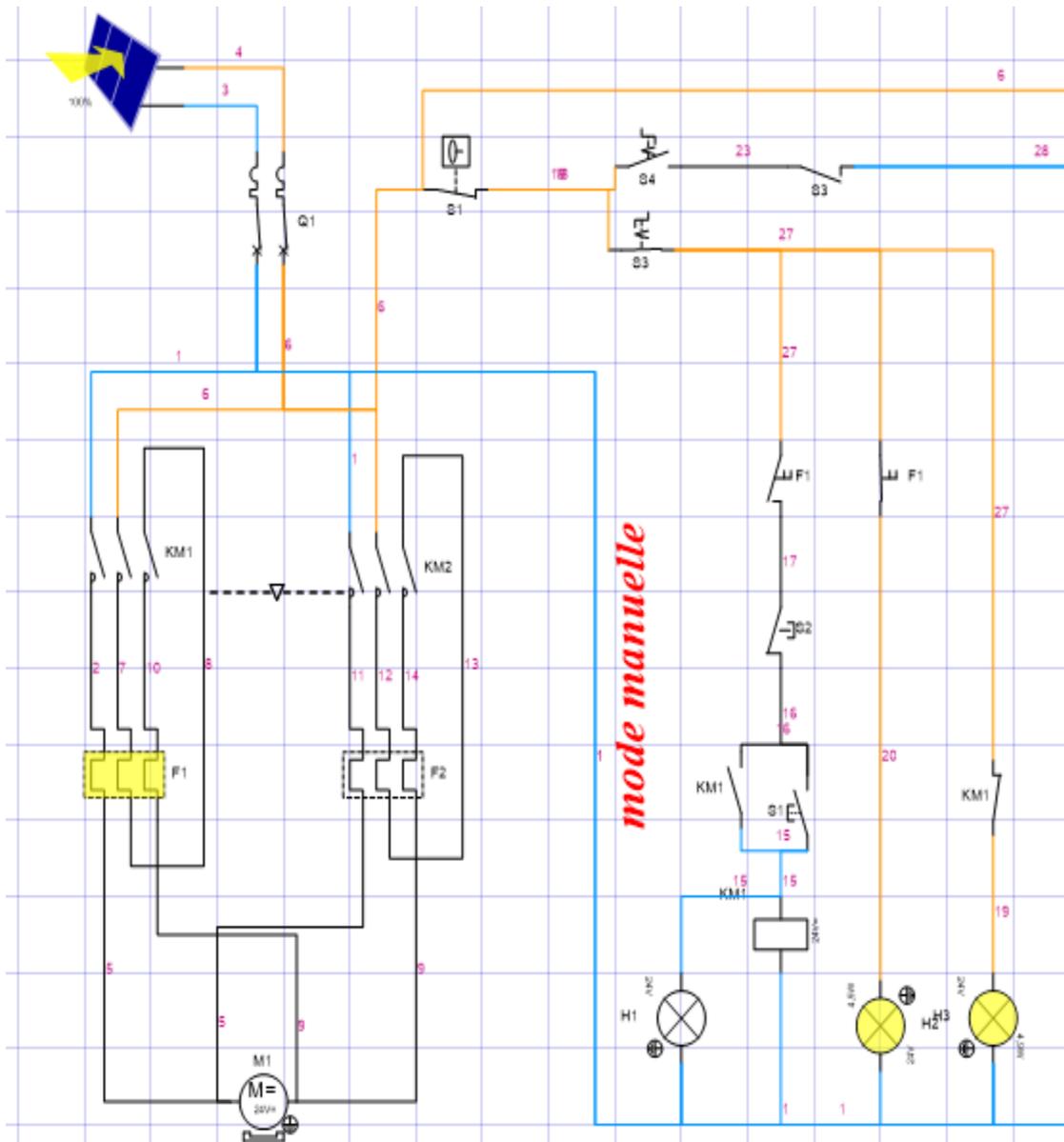


Figure III.29: Schéma d'indication de défaut pour le mode manuel

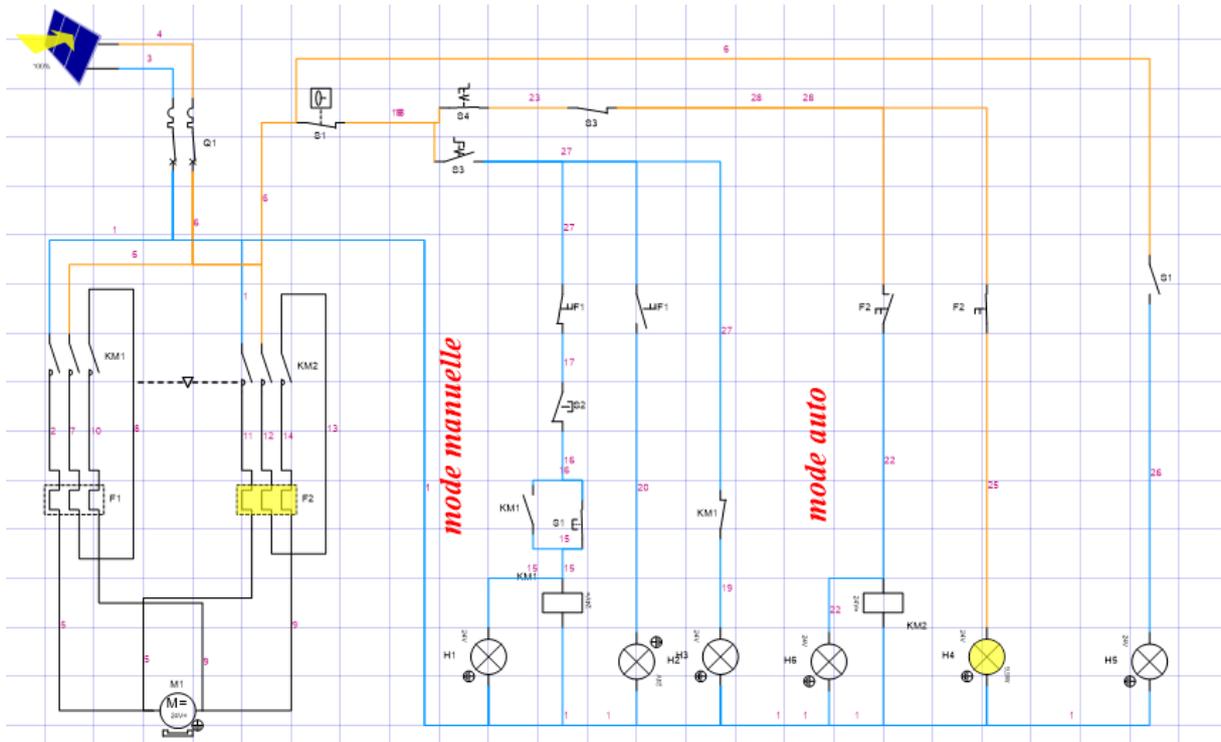
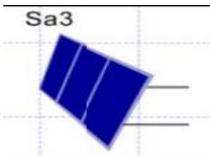
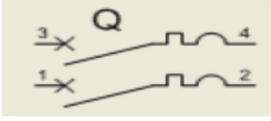
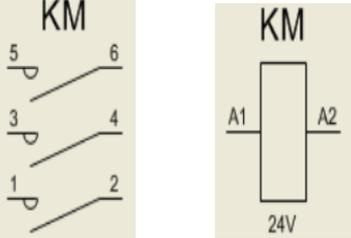
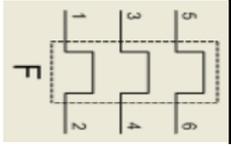
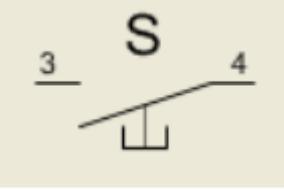
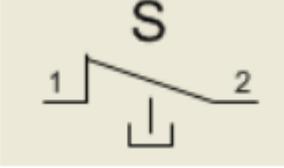
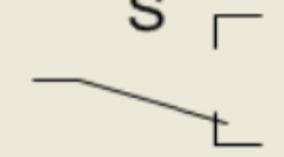
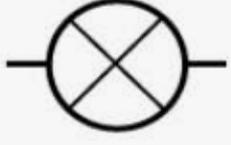
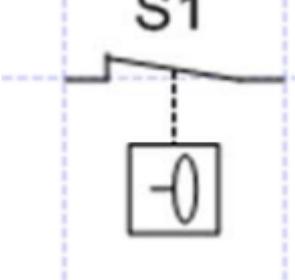
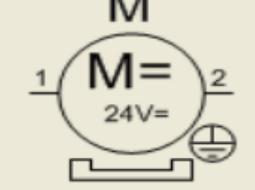


Figure III.30: Schéma d'indication de défaut pour le mode automatique

III.16. Le matériel de protection utilisé pour notre système

Tableau II : Le matériel de protection utilisés pour notre système

Le matériel utilise	Symbole	Fonction ou rôle
	//	Panneau solaire : Source d'alimentation
		Fonction protection disjoncteur : Protection contre les surintensités (surcharge et/ou court-circuit).
		Contacteur triphasé : son rôle est d'établir ou d'interrompre le circuit entre le réseau d'alimentation et le récepteur.

		<p>Relais thermique triphasé : ils protègent contre les surcharges faibles et prolongées.</p>
		<p>Bouton poussoir « NO » : fermer le circuit lorsqu'il est actionné.</p>
		<p>Bouton poussoir NC ou NF : interrompt le circuit lorsqu'il est actionné.</p>
		<p>commutateur : permettant une sélection de l'un de ces deux modes (manuel, automatique)</p>
		<p>Voyant : Définition l'état de notre système avec un signal lumineux.</p>
		<p>Capteur de niveau : interrompt le circuit lorsque le réservoir est plein, ou bien mise en marche le système lorsque le réservoir est incomplet.</p>
		<p>Moteur a courant continu à aimant permanent</p>
		<p>Mise à la terre consiste à évacuer le courant de fuite en cas de défaut d'isolement sur un appareil vers la terre</p>

III.17. Schéma d'installation électrique (manuel automatique)

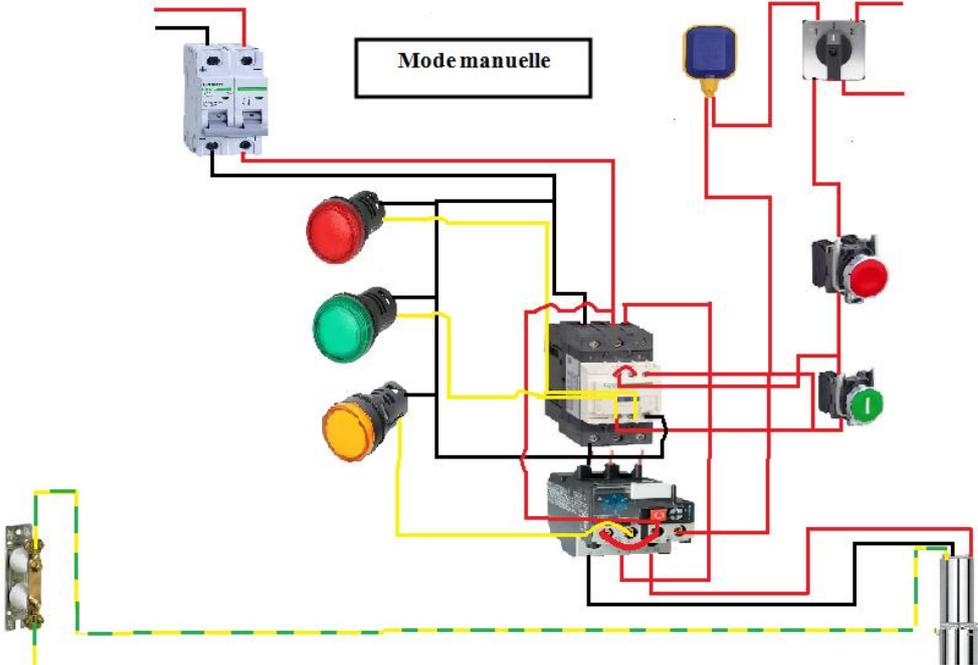


Figure III.31: Installation électrique (mode manuel)

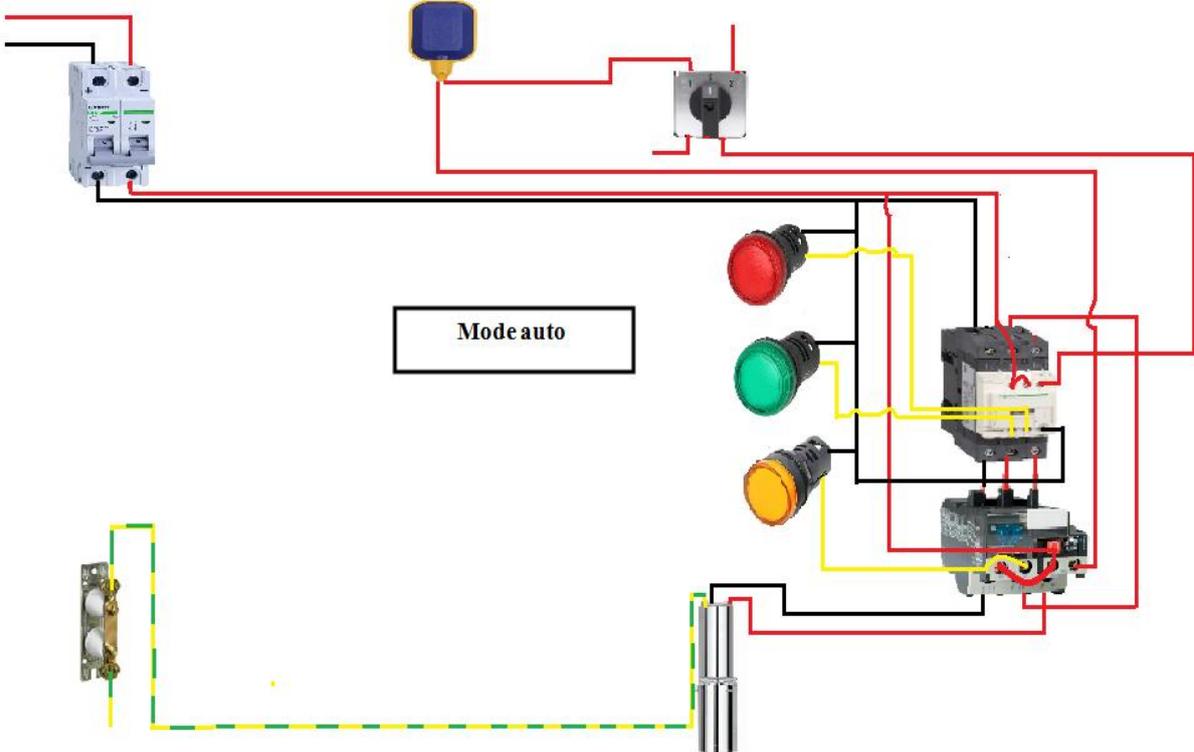


Figure III.32: Installation électrique (mode automatique)

III.18. Conclusion

Pour la première partie de ce chapitre, on a utilisé le logiciel PVsyst pour confirmer les résultats qu'on a trouvé dans le chapitre précédent, à propos du dimensionnement du système de pompage solaire sans batterie.

Ce logiciel nous permet de simuler notre système dans un site choisi avec prise en considération de toutes les pertes liées au système. Ceci a permis de faire une meilleure estimation sur le rendement global avec un faible cout et une garantie d'efficacité du système.

Dans la deuxième partie, on a utilise le logiciel schemaplic pour commander notre système avec deux modes différents.

Conclusion générale

Conclusion générale

Durant ce travail, nous avons étudié le système de pompage solaire couplé directement au générateur photovoltaïque (au fil du soleil). En exécutant les différentes étapes de dimensionnement du système en fonction du site étudié.

Dans un premier temps, cette étude nous a permis de déterminer les différents composants de notre système. Tel que le choix de la pompe, le nombre et le type de panneaux utilisés pour le remplissage du réservoir de 20m³.

En second lieu, tous les calculs de dimensionnement qu'on a effectués sont validés grâce au logiciel PVsyst qui nous a donné des informations détaillées sur notre site (son altitude, l'irradiation journalière, son potentiel énergétique...etc). Ainsi qu'un rapport bien détaillé sur notre système (circuit hydraulique de pompage, caractéristique de notre pompe, caractéristique de panneaux, le convertisseur utilisé...etc).

Au fil de notre étude on constate que :

- Les pertes de collection de l'irradiation solaire et les pertes du système sont faibles au mois de novembre, mais par contre on a une énergie effective plus grande.
- L'énergie effective en sortie des modules, est proportionnelle à l'irradiation journalière globale incidente.
- L'irradiation effective est relative à la température.

Pour le fonctionnement de ce système on a proposé un schéma de puissance et de commande pour deux modes (manuelle, automatique). Le logiciel schemaplic nous a permis de simuler le système, en perspective nous envisageons la réalisation de ce travail de simulation.

Référence

[1]Daoud Amine. « Contrôle de la Puissance d'un Générateur Photovoltaïque pour le Pompage Solaire ». Thèse de doctorat es-sciences, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Oran, 2013,140p.

[2]Helali Kamelia. « Modélisation d'une cellule photovoltaïque. Etude comparative ». Mémoire de magister en électrotechnique, Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2012,106p.

[3]Sylvain, Brigand. « Installations solaires photovoltaïques ». Paris, le moniteur, 2011,280p.

[4]Mekideche Yacine, Akkal Mahmoud. « Etude expérimentale de l'effet d'ombrage sur un générateur photovoltaïque ». Mémoire de master, Electromécanique, Bouira, Université Akli Mohand Oulhadj –Bouira, 2018,60p.

[5]Soula youcef. « Optimisation et dimensionnement d'un système solaire de pompage d'eau ». Mémoire de Master, Génie Électrique, Université Larbi Ben M'Hidi - Oum El Bouaghi, 2016,62p.

[6]Hubert Bonneviot, Michel Courillon, Yves Maigne. « Technologies européennes du pompage solaire photovoltaïque ». Paris-France, décembre 2004,27p.

[7]Mounir Majdoub. « Pompage de l'eau par le solaire photovoltaïque ». Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH dans le cadre du projet «Solaire Citoyen» Tunis, 2017,12P.

[8]Tazia Mohammed, Mansouri Othman. « Amélioration des performances d'un système de pompage photovoltaïque Par une commande robuste ».Mémoire de Master en électrotechnique, Université Ahmed Draia, Adrar, 2020, 116p.

[9]Dich Bochra, Cherigui Nesrine. « Modélisation et simulation de la commande d'un moteur à courant continu ». Mémoire de Master en électrotechnique. Energie et environnement, école supérieur en sciences appliquées, Tlemcen, 2020,71p.

[10]Serik Mouloud, Silemi Ali. « Dimensionnement d'un Système Photovoltaïque Pompage Solaire ». Mémoire de Master en electronique, instrumentation, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2018,76p

[11]Riguet Abd Elwahab. « Diagnostic de défauts de la machine asynchrone par analyse spectrale des courants (id, iq) de Park ». Mémoire de fin d'étude Université Mohamed Khider Biskra, 2018.

[12]D. U. Sauer. « Electrochemical Storage for Photovoltaics». Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, Germany, 2004.

Référence

[13] Denis Zoungrana. « Cours d'approvisionnement en eau potable ». Département Infrastructures, Energie et Génie Sanitaire, Ecole Inter - Etats Ingénieurs de l'Équipement Rural, Burkina Faso, novembre 2003, 143p.

[14] J. Royer, T. Djako. « Le pompage photovoltaïque », Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, Université d'Ottawa, 2002.

[15] Benaboud Abderrezak. « Dimensionnement d'un système de pompage solaire ». Mémoire de Master, hydraulique urbaine, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, 2012, 89p.

[16] Bouajila Sofiane. « Transmission des puissances hydraulique et pneumatique ». Département de maintenance industrielle, Institut Supérieur des Études Technologiques de Nabeul, 95p.

[17] Ait Atmane Mohamed El Hadj, Farhi Kheireddine « Étude et dimensionnement des systèmes de pompage solaire ». Mémoire de Master en génie mécanique, mécanique appliquée, université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, 2011, 128p.

[18] Bessoltane Ismail, Hamit Issaka Doudoua. « Étude technico-économique de système de pompage photovoltaïque, en comparaison aux autres productions d'eau, cas de la région de Mostaganem ». Mémoire de Master en génie électrique, Electrotechnique Industrielle, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2019, 84p.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إجراء دراسة على نظام ضخ بالطاقة الشمسية بدون بطارية، استخدمنا طريقة نظرية وطريقة بواسطة برنامج PVSyst. وهو ما أكد الحسابات التي تم العثور عليها من خلال التقرير المفصل الذي سمح لنا بتحديد حجم تركيب الضخ الكهروضوئي لتلبية الاحتياجات المائية من الاستهلاك المحدد جيدًا في الموقع الذي اخترناه في البويرة (قطب جامعة أكلي محند أولحاج). بالإضافة إلى اقتراح لتركيب كهربائي مع وضعين (يدوي وآلي) باستخدام برنامج Schemaplic. من النتائج التي حصلنا عليها مع هذا البرنامج، يمكننا القول أن نظام الضخ الشمسي في هذه المنطقة سيعمل بكفاءة على مدار العام.

الكلمات المفتاحية: نظام الضخ الكهروضوئي ، الأبعاد ، الاحتياجات المائية ، التركيبات الكهربائية

Abstract

The main objective of this work is to make a study on a solar pumping system without battery; we used a theoretical method and a method by PVSyst software. This confirmed the calculations found with a detailed report us to size a photovoltaic pumping installation to meet the water needs of a well-defined consumption in the site that we chose in Bouira (Akli Mohand Oulhadj university pole). As well as a proposal for an electrical installation with two modes (manual and automatic) using Schemaplic software.

From the results we have with this software, we can say that the solar pumping system in this region will operate efficiently throughout the year.

Keywords: photovoltaic pumping system, dimensioned, water needs, electrical installation

Résumé

L'objectif principal visé de ce travail est de faire une étude sur un système de pompage solaire sans batterie, on a utilisé une méthode théorique et une méthode par le logiciel PVSyst, qui nous a confirmé les calculs trouvés avec le rapport détaillé permettent de dimensionner une installation de pompage photovoltaïque pour satisfaire les besoins d'eau d'une consommation bien déterminée dans le site qu'on a choisi à Bouira (pôle universitaire Akli Mohand Oulhadj). Ainsi qu'une proposition d'une installation électrique avec deux modes (manuel et automatique) à l'aide du logiciel Schémaplic.

D'après les résultats qu'on a eus avec ce logiciel, on peut dire que le système de pompage solaire dans cette région va fonctionner de manière efficace durant toute l'année.

Mots clé: système pompage photovoltaïque, dimensionné, besoins d'eau, installation électrique
