

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Génie Mécanique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Energétique
Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique
Thème

Modélisation et simulation d'un système de pompage d'eau photovoltaïque

Présenté Par :

- 1) Mr. BENMOKHTAR ANESS
- 2) Mr. BEN KEMCHI ZAKARYA

Devant le jury composé de :

Dr. Amirat Mohamed	Pr UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. Nehari Driss	Pr UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
Dr. Remlaoui Ahmed	M A B UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

Année Universitaire 2021/2022

REMERCIEMENT

AVANT DE PRÉSENTER CE TRAVAIL, NOUS TENONS À REMERCIER ALLAH TOUT PUISSANT, DE NOUS AVOIR PERMIS D'ARRIVER À CE NIVEAU D'ÉTUDE, ET AUSSI POUR NOUS AVOIR DONNÉ BEAUCOUP DE PATIENCE ET DE COURAGE SANS OUBLIER NOS PARENTS QUI N'ONT LÉSINÉ SUR AUCUN PROBLÈME POUR NOUS APPORTER TOUTE L'AIDE NÉCESSAIRE POUR ATTEINDRE CE NIVEAU QUI NOUS PERMETTRA D'ASSURER NOTRE AVENIR.

A TRAVERS CETTE MODESTE THÈSE NOUS TENONS À PRÉSENTER NOS REMERCIEMENTS ET NOTRE À NOTRE ENCADREUR RAMLAOUI.

NOUS EXPRIMONS NOS RECONNAISSANCES À TOUTS LES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE. MERCI POUR LA BONNE FORMATION DE BASE QUE NOUS AVONS BÉNÉFICIÉS AUPRÈS DE VOUS, NOS AMIS ET TOUS CEUX QUI NOUS ONT PRÊTÉ MAINS FORTES POUR LA RÉALISATION DU PROJET. MERCI À TOUS CEUX ET CELLES QUI ONT CONTRIBUÉS DE PRÈS OU DE LOIN DANS L'ACCOMPLISSEMENT DE CE TRAVAIL

DÉDICACE

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné

Le courage et la patience pour réaliser ce travail que je dédie :

Je suis heureuse de consacrer mon travail de cette humble à ma chère

Maman, sources de tendresse et d'amour de soutien tout le

**Long de ma vie scolaire, qui est la raison de mon existence dans cette
vie**

et mon père, qui m'a toujours soutenu et qui a fait tout son

Possible pour m'aider

A mes chers frères et sœurs

A mes meilleurs amis

A mon binôme

A La famille BENMOKHTARE ET BENKEMCHI

A mes meilleurs amis chacun à son nom.

A tous mes amis de master promotion 2022

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la

Réalisation de ce travail.

Chapitre I

Figure (I.1)	Les deux types d'énergie solaire.[1].....	5
Figure (I.2)	Schéma d'un système autonome (hors-réseau) [2].....	7
Figure (I.3)	Schéma système photovoltaïque on grid (connecté au réseau)[3].....	7
Figure (I.4)	Schéma d'un système PV Hybride [4]..	8
Figure (I.5)	schéma synoptique simplifié de pompage PV [5].....	9
Figure (I.6)	groupement de N_s module en série et N_p module en parallèle[7].....	10
Figure (I.7)	diagramme du pompage PV par motopompe à cc [10].....	13
Figure (I.8)	diagramme du pompage PV par motopompe à AC.....	14

Chapitre II

Figure (II.1)	carte de emplacement de beni saf [12].....	16
Figure (II.2)	Les différentes températures durant la journée de 21 juin [14].....	17
Figure (II.3)	Pompe Calpeda MPSM503 (550w)[13].....	21
Figure (II.4)	Irradiation journalière reçue sur plan horizontal [14].....	23
Figure (II.5)	heures d'ensoleillement par jour en beni saf [14].....	23
Figure (II.6)	Panneau solaire Monocristallin VICTRON 175W (175Wc - 12V) [13]...	25
Figure (II.7)	Caractéristique typique d'une cellule photovoltaïque [15].....	25
Figure (II.8)	L'éclairement et la température influent sur l'effet photovoltaïque [15].....	26
Figure (II.9)	Point de fonctionnement d'un champ-photovoltaïque qui produit le plus de puissance, aussi appelé le Maximum Power Point Tracker[15].....	27
Figure (II.10)	Batterie VICTRON étanche AGM 12V / 220Ah [13].....	30
Figure (II.11)	Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 100/30 (100V)[13].....	31
Figure (II.12)	Onduleur VICTRON Phoenix Smart 12/1600 [13].....	32

Chapitre III

Figure (III.1)	TRNSYS software programs: Simulation Studio, TRNExe, TRNBuild et TRNEdit [17].....	34
Figure (III.2)	le débit d'eau journalier en fonction de temps.....	39

Chapitre IV

Figure (IV.1)	Les variation du température, vitesse de vent, radiation solaire au courant du jour (01 juin -1 aout) [3624-5088 h].....	40
Figure (IV.2)	Les variation du température, vitesse de vent, radiation solaire au courant du jour 21 juin..	41
Figure (IV.3)	Variation du courant électrique en fonction du temps.....	42
Figure (IV.4)	Variation de tension et le courant électrique durant le jour de 21 juin.	43
Figure (IV.5)	Variation de puissance de réseau et l'efficacité de réseau au courant les	

LISTE DE FIGURES

	mois de juin et aout	44
Figure (IV.6)	variation de puissance de réseau et efficacité de réseaux durant le 21 juin.....	44
Figure (IV.7)	les variations de différentes températures de la pompe au courant de (1 juin –1 aout).....	45
Figure (IV.8)	Les variation de puissance de PV et la puissance de l'onduleur durant le 21 juin.....	46
Figure (IV.9)	La variation de l'état de charge de la batterie durant le 21 juin.	46

LISTES DES TABLEAUX**CHAPITRE II:**

Table (II.1)	Les caractéristiques électriques de la pompe (550w) [13].....	21
Table (II.2)	Caractéristiques du panneau solaire [13].....	25
Table (II.3)	Caractéristiques de la batterie (Batterie VICTRON étanche AGM 12V / 220Ah) [13].....	30
Table (III.4)	Caractéristiques de regulateur [13].....	31
Table (III.5)	les Caractéristiques de l'onduleur [13].....	32

CHAPITRE III:

Table (III.1)	les paramètres et les valeurs d'entrée et sortie du panneau solaire (Type 103).....	36
Table (III.2)	Les entrés et les sorties de panneau solaire (Type103).....	36
Table (III.3)	Les entrés et les sorties d'onduleur (Type 48b).....	37
Table (III.4)	Les paramètres et les valeurs d'onduleur (Type 48).....	37
Table (III.5)	Les entrés de batterie (Type 47a).....	37
Table (III.6)	Les paramètres et les valeurs du batterie (Type 47a).....	37
Table (III.7)	Les entrés et les sorties du pompe (Type 114).....	38
Table (III.8)	Les paramètres et les valeurs de la pompe (Type 114).....	38

sommaire

Resumé	4
Remerciement	5
Dedicase	6
sommaire	7
listes des figure	8
listes des tableaux	9
Introduction general	10

CHAPITRE I: L'état de l'art

Introduction.....	4
I.1 L'énergie solaire.....	5
I.2 Le système photovoltaïque.....	6
I.2.1 Système photovoltaïque autonome.....	6
I.2.2 Systèmes photovoltaïque à injection aux réseaux.....	7
I.2.3 Système photovoltaïque hybride.....	7
I.3 Méthodes du pompage.....	8
I.3.1Pompage avec batteries.....	8
I.3.2 Le pompage au fil du soleil.....	9
I.4 Constitutions d'un système de pompage PV.....	10
I.4.1 Le générateur photovoltaïque.....	10
I.4.2 Le groupe électropompe.....	11
I.4.3 Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques.....	12
I.4.4 L'électronique de commande et de contrôle.....	14
I.4.5La partie stockage.....	14
Conclusion	15

CHAPITRE II: Dimensionnement de pompage phorovoltaïque

Introduction.....	16
II.1 Situation géographique site de Béni Saf.....	16
II.1.1 Clilmatologie.....	17
II.2 pompage d'eau.....	18
II.2.1 Méthodes du pompage.....	18
II.2.2 Données de base d'une pompe.....	19
II.3 Le Système de pompage PV	20
II.3.1 Estimation des besoins en eau.....	20
II.3.2 Hauteur manométrique total.....	20
II.4 Dimensionnement de la station de pompage.....	20
Conclusion.....	32

CHAPITRE III: Simulation d'installation de pompage photovoltaïque sur TRNSYS

Introduction.....	33
III.1 Description du programme de simulation : TRNSYS	33
III.2 Utilisation du TRNSYS système	34
III.3 Avantages et Inconvénients du TRNSYS	35
III.4 présentation TRNSYS du système pompage photovoltaïque	35
III.5 Les composants principaux pour la simulation Trnsys	36
III.5.1 BASIC MODEL – WITH MPPT (Type 103).....	36
III.5.2 ONDULEUR / REGULATEUR (Type 48b).....	36
III.5.3 Batterie (Type 47 a)	37
III.5.4 Pompe (Type 114)	38
III.6 Les Composant auxiliaire.....	38
III.6.1 Le Traceur Type 65 c (Online plotter with file).....	38
III.6.2 Fonction de forçage basée sur le temps (Time Dépendent Forcing Fonction type 57)	39
III.6.3 Convertisseur des unités (Unit Conversion Routine).....	39
Conclusion	39

CHAPITRE IV: Résultats de simulation et interprétation

Introduction	40
IV.1 Données météorologiques.....	40
IV.3 Résultats de simulation de panneaux PV 1.....	41
IV.3.1 L'effet photovoltaïque.....	41
IV.3.2 Variation de tension et le courant électrique.....	42
IV.3.3 Variation de puissance et l'efficacité de réseaux PV.....	43
IV. 4 Résultats de la simulation de la pompe.....	44
IV.5 Résultats de simulation du modèle régulateur/onduleur.....	45
IV.6 Résultats de simulation du modèle de batterie.....	46
Conclusion	47
Conclusion général	49
Bigraphie	51



Introduction Général



Introduction Générale

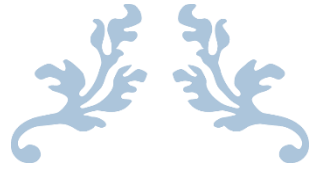
La récupération de l'énergie solaire est devenue l'un des applications les plus prometteuses, dans les pays développés ou l'utilisation de système photovoltaïque est l'instant le plus courant, il sert habituellement de complément d'énergie électrique à usage domestique en milieu urbain, et les panneaux solaires sont placés sur les toits d'habitation, profitant des conventions écologiques qui préconisent la consommation d'énergie propre ou renouvelables. L'un des principaux avantages de l'énergie solaire reste qu'il s'agit là d'une énergie renouvelable et donc inépuisable. Le soleil ne risquant pas de s'éteindre avant cinq milliards d'années, vous avez largement le temps de profiter de ses rayons pour produire de l'électricité et de la chaleur pour votre habitation.

D'autant plus intéressant que, contrairement aux énergies fossiles, le solaire ne rejette pas de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère, n'émet pas de gaz à effet de serre et ne contribue pas au réchauffement climatique. Une énergie propre, à l'impact environnemental minimal. De plus, les panneaux photovoltaïques sont majoritairement composés de matériaux recyclables, son utilisation se généralise, et il est très fréquent de voir des compagnies d'électricité réaliser des installations d'appoint connectées au réseau. De plus en réduisant le coût d'installation qui peut s'avérer conséquent, l'énergie solaire reste très compétitive par rapport aux autres formes d'énergie, et cela malgré le faible taux d'ensoleillement de ces pays développés qui ont majoritairement un climat tempéré [1]. L'énergie solaire photovoltaïque est de plus en plus utilisée pour opérer diverses applications terrestres comme l'éclairage, les télécommunications, la réfrigération et le pompage [2]. La demande croissante d'eau dans les zones rurales et sites isolés a fait qu'un intérêt grandissant est porté sur l'utilisation des générateurs photovoltaïques comme source d'énergie aux groupes moto-pompes. Les prélèvements d'eau souterraine dans les zones rurales sont souvent limités par la disponibilité d'énergie. En effet, l'électrification rurale est souvent absente ou peu fiable, et les pompes à moteur diesel sont bruyantes, polluantes et coûteuses. Bien que les pompes solaires existent depuis de nombreuses années, elles suscitent de plus en plus d'intérêt du fait de la diminution des coûts associés. De plus, une source d'énergie renouvelable hors réseau peut être une solution efficace et souhaitable dans de nombreux contextes. Cependant, comme pour tous les matériels et technologies, les compétences, le contrôle de la qualité et les coûts du cycle de vie posent des défis. Il faut également veiller à ce que l'absence de contrainte énergétique n'entraîne pas un pompage non durable et une baisse du niveau des eaux souterraines. En effet, la réalisation des systèmes de pompage autonomes constitue une solution pratique et économique aux problèmes de manque d'eau dans les régions isolées. Parmi les avantages importants de la conversion photovoltaïque, nous pouvons citer, la décentralisation de la production d'énergie pour de petites communautés très dispersées comme le prouve déjà, les pompes solaires dont le fonctionnement s'est révélé très acceptable et l'autonomie du système photovoltaïque, autonomie de lieu mais tout aussi importante est l'autonomie de fonctionnement.

Le présent mémoire traite plus particulièrement les aspects d'une solution de pompage d'eau en utilisant une source d'énergie solaire photovoltaïque. Le contenu de ce mémoire est organisé en quatre chapitres

C'est dans ce contexte qu'on a mené notre étude, qui s'étale sur les chapitres faisant suite à cette introduction :

- ✓ Dans le premier chapitre nous avons donné une description générale des systèmes photovoltaïques et les éléments constituant le système de pompage photovoltaïque, méthode de pompage, on a défini tous ce qui est relié avec le pompage par le PV.
- ✓ Le second chapitre, présente e le dimensionnement du système de pompage photovoltaïque, tous ce qui concerne les calculs est dans ce chapitre, nous avons aussi présenté les composants nécessaires du système PV.
- ✓ Le troisième chapitre présente la modélisation de notre système PV avec description d'outil numérique utilisé dans la simulation par le logiciel TRANSYS.
- ✓ Le quatrième chapitre présente les résultats de notre programme TRNSYS avec l'interprétation et l'analyse de ces résultats.
- ✓ Finalement, on a achevé ce travail par une conclusion générale.



CHAPTER I: l'état de l'art



Introduction

L'eau est la source de vie, et comme il est un élément important pour répondre aux besoins de l'homme, il est connu que la ressource-eau dans les régions arides existe dans les sous-sols. À l'échelle planétaire, 99 % de l'eau douce, sous sa forme liquide, est en effet souterraine. Cette eau participant au développement agricole et à la consommation domestique, nécessite des technologies d'exhaure, il existe plusieurs technologies permettent de disposer d'une énergie suffisante pour les besoins humains, Ce problème est encore plus sensible dans les sites isolés où l'utilisation des ressources d'énergie classiques s'avère souvent très coûteuse. En effet, plusieurs contraintes, comme le transport du combustible et les entretiens périodiques des moteurs diesels, en plus, la consommation de ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. A partir de ci, il été nécessaire de chercher d'autres ressources d'énergie de remplacement. Les énergies renouvelables, comme l'énergie photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, représentent une solution de remplacement. Ce type d'énergie n'est pas seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement. D'ailleurs, on parle souvent d'une énergie « verte », puisqu'elle permet d'éviter totalement la pollution produite par les sources traditionnelles. Le territoire national dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. Donc l'énergie solaire photovoltaïque est un solution particulièrement intéressante pour notre site. L'une des applications les plus importantes de l'énergie solaire photovoltaïque (PV) est le pompage de l'eau, en particulier dans les zones rurales qui n'ont pas accès aux réseaux électrique.

Le pompage de l'eau, pour irrigation, usage domestique ou animal, constitue un besoin vital pour les populations rurales et les agriculteurs. Généralement, le pompage de l'eau se fait par le moyen de motopompes électriques ou mécaniques. Dans les sites non connectés au réseau électrique, les agriculteurs n'ont souvent d'autre choix que les moteurs à diesel ou à défaut, les méthodes traditionnelles : manuellement ou par traction animale. Désormais, le solaire photovoltaïque fournit l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement d'une motopompe permettant de puiser l'eau à des profondeurs pouvant aller jusqu'à 350 mètres. Il existe deux options de pompage photovoltaïque : avec batterie, pour stocker l'énergie électrique produite, ce qui permet d'avoir une disponibilité de l'eau en dehors des heures d'ensoleillement sans batterie, la disponibilité de l'eau pendant la nuit ou pendant les journées à faible ensoleillement est assurée par un réservoir de stockage d'eau.

I.1 L'énergie solaire :

L'énergie solaire est une source d'énergie qui est dépendante du soleil. Cela signifie que la matière première est le soleil.

Elle se place dans la catégorie des énergies renouvelables puisqu'on la considère comme inépuisable, on dit aussi que c'est une énergie 100% verte car sa production n'émet pas directement de CO₂.

Grâce à cette énergie, il est possible de produire de l'électricité. Elle sera captée par des panneaux solaires ou des centrales thermiques. L'énergie solaire photovoltaïque convertit directement le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en électricité. Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules solaires ou de photopiles qui réalisent cette transformation d'énergie. Elle est radicalement différente de l'énergie solaire thermique qui, quant à elle, produit de la chaleur à partir du rayonnement solaire infrarouge afin de chauffer de l'eau ou de l'air. On utilise dans ce cas des capteurs thermiques qui relèvent d'une toute autre technologie. Dans le langage courant, ce sont des « chauffe-eau solaires » ou des « capteurs à air chaud ». Il y a aussi ce qu'on appelle l'énergie solaire thermodynamique, qui fonctionne sur un principe de concentration des rayons solaires au moyen de miroirs galbés, en un foyer placé sur une tour qui emmagasine les calories pour les restituer ensuite sous forme mécanique à l'aide d'une turbine à vapeur par exemple [1].

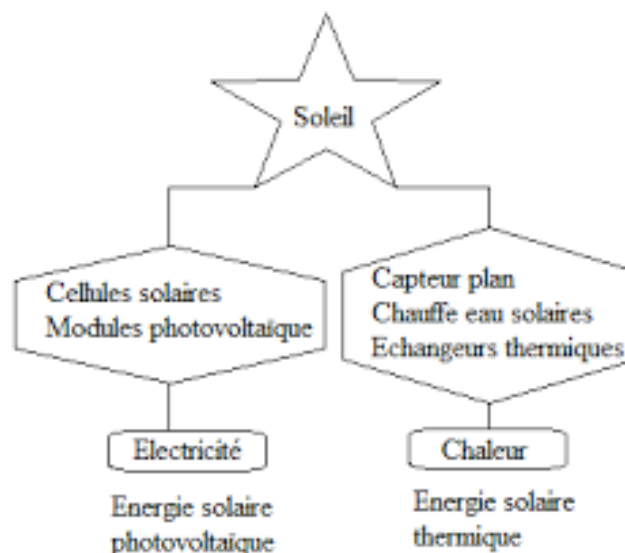


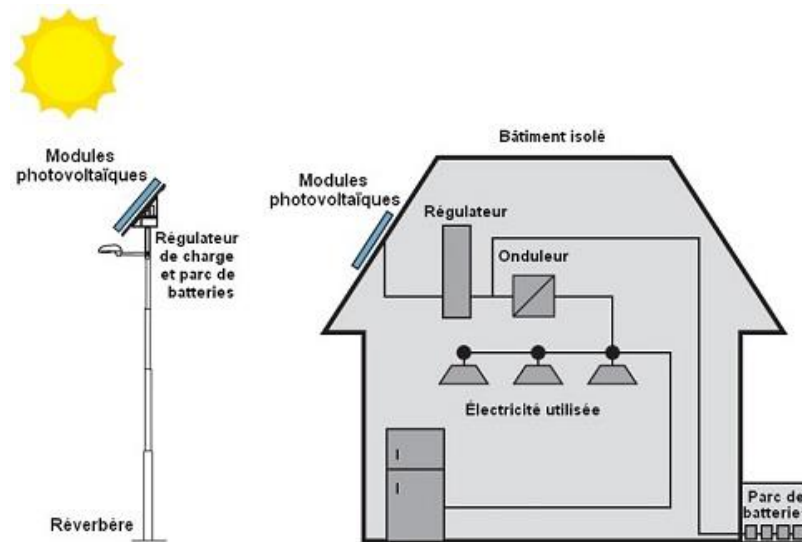
Figure (I.1) : Les deux types d'énergie solaire.[1]

I.2 Le système photovoltaïque :

Une installation photovoltaïque se compose de modules solaires, eux mêmes constitués de cellules photovoltaïques, à base de silicium le plus souvent. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en électricité (courant continu). La puissance est exprimée en Watt-crête (WC), unité qui définit la puissance électrique disponible aux bornes du générateur dans des conditions d'ensoleillement optimales. Un ou plusieurs onduleurs convertissent le courant continu produit en courant alternatif à 50 Hz et 220 V. Selon le choix retenu, tout ou partie de la production est injecté sur le réseau public, et le reste est consommé par le producteur. Lorsque la production photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'électricité nécessaire. Dans des cas particuliers (principalement dans les DOM) il peut être avantageux d'adjoindre au générateur photovoltaïque un parc d'accumulateurs pour le stockage d'énergie. On parlera alors d'un système sécurisé, permettant de produire de l'électricité, même en cas de rupture de la fourniture d'énergie par le réseau public (intempéries, dévastations cycloniques, etc.[2]).

I.2.1 Système photovoltaïque autonome :

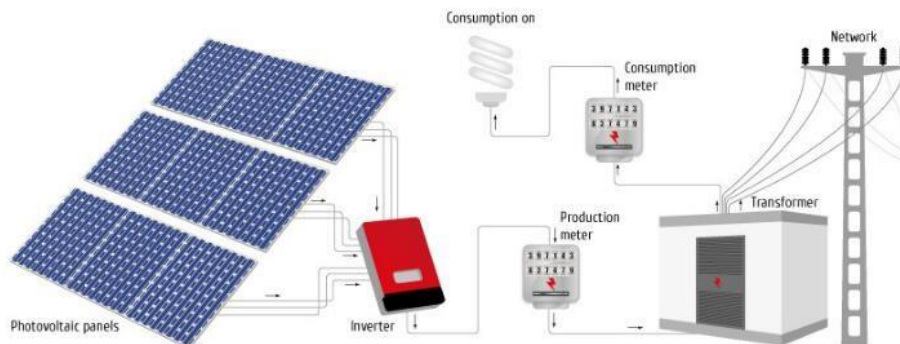
On dit qu'un système PV est autonome si la charge est passive (exemple : lampes, les moteurs, etc.). Le système PV autonome est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autres sources d'énergie et qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique (Figure(I.2)). Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries ou autres moyens de stockage pour une utilisation durant les périodes de la non disponibilité de l'énergie solaire (par exemple les périodes nocturnes, les périodes non ensoleillées). Les systèmes PV autonomes servent habituellement à alimenter les maisons en site isolé, en îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau (dans certains cas). En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique. À l'heure actuelle, c'est dans les endroits isolés, loin d'un réseau électrique et où les besoins en énergie sont relativement faibles (généralement moins de 10 kWc) que l'énergie photovoltaïque est la plus concurrentielle [2].



Figure(I.2) : Schéma d'un système autonome (hors-réseau) [2].

I.2.2 Systèmes photovoltaïque à injection aux réseaux :

Un système PV raccordé au réseau est un système dont la charge est partiellement ou totalement est le réseau électrique. C'est à dire le générateur PV injecte sa puissance à travers un onduleur dans le réseau électrique [3].



Figure(I.3) : Schéma système photovoltaïque on grid (connecté au réseau) [3].

I.2.3 Système photovoltaïque hybride :

Les systèmes photovoltaïques hybrides intègrent un générateur photovoltaïque et un autre générateur : éolienne, groupe électrogène, système hydroélectrique... et même parfois le réseau public d'électricité.

En général un système de batteries stocke l'énergie et permet ainsi de ne pas perdre l'énergie des sources aléatoires telles que le solaire ou l'éolien.

La difficulté de ce type de système est d'équilibrer les différentes sources d'énergie de façon à toutes les optimiser, étant entendu que les sources thermiques (gasoil, gaz...) et le réseau public, sont toujours les appoints de dernier recours.

Aujourd'hui des systèmes à grande échelle intègrent une gestion fine des systèmes photovoltaïques, on parle souvent de "smart-grid" c'est à dire des réseaux au sein desquels une régulation intelligente et coordonnée assure l'optimisation des différences sources d'énergie [4].

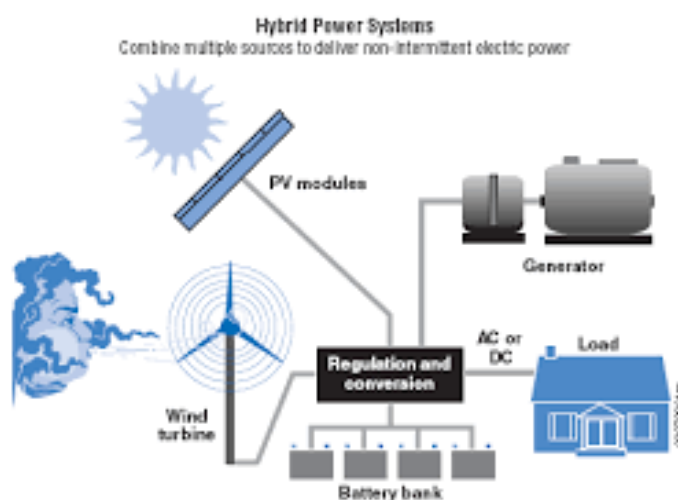


Figure (I.4): Schéma d'un système PV Hybride [4].

I.3 Méthodes du pompage :

Une pompe photovoltaïque se présente fondamentalement de deux façons selon qu'elle fonctionne avec ou sans batterie. Alors que cette première utilise une batterie pour stocker l'électricité produite par les modules, la pompe sans batterie, plus communément appelée « pompe au fil du soleil », utilise un réservoir pour stocker l'eau jusqu'au moment de son utilisation.

I.3.1 Pompage avec batteries:

Est une méthode attirée par l'utilisation de l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements. Le pompage est régulier

durant toute la journée, Le débit de pompage peut se faire à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin. Dans ce cas, l'utilisation d'un réservoir de stockage pour l'eau sera nécessaire afin de pouvoir fournir à la demande d'eau.

Toutefois, l'utilisation de batteries comporte davantage de composants qui influent sur la fiabilité et le coût global du système. Les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés. Elles nécessitent en outre un entretien constant et un contrôle rigoureux de leur charge et décharge. Les contrôleurs utilisés pour régulariser la charge et la décharge des batteries vieillissent rapidement et peuvent s'avérer non fiables. Les batteries introduisent également un certain degré de perte de rendement d'environ 20% à 30 % de la production d'énergie.

I.3.2 Le pompage au fil du soleil :

Il s'agit de stocker de 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) [5]. Il est plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système avec batterie. Le réservoir peut souvent être construit localement et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours. Ce réservoir ne requiert pas un entretien complexe et est facile à réparer localement. La capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours selon les modèles.

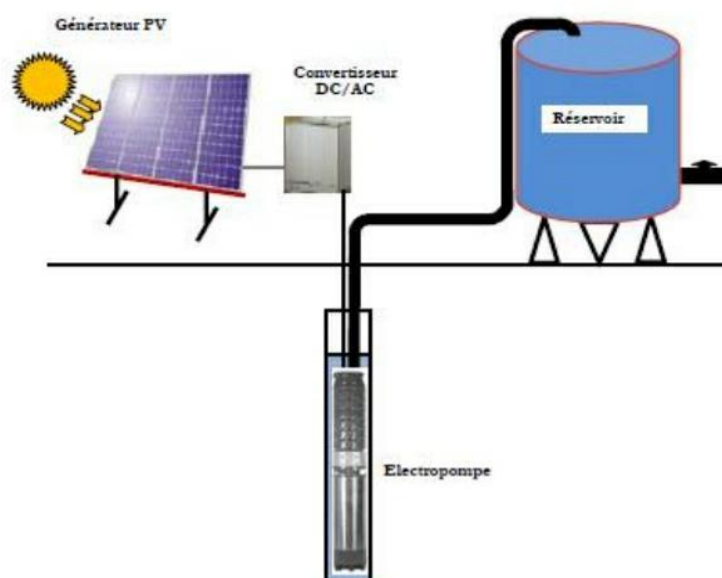


Figure (I.5) : schéma synoptique simplifié de pompage PV [5]

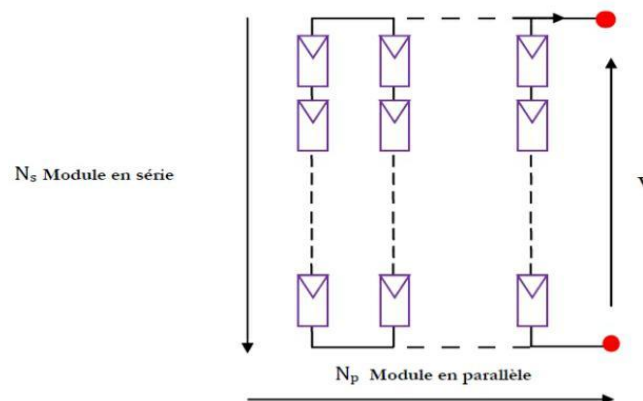
I.4 Constitutions d'un système de pompage PV :

Un système de pompage solaire est généralement constitué de [6] :

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

I.4.1 Le générateur photovoltaïque :

Composé à son tour, de modules interconnectés électriquement jusqu'à constituer une unité de production DC, et une structure de support mécanique, les modules photovoltaïques reliés en série et en parallèle selon la puissance requise (en série pour augmenter leur tension d'utilisation et en parallèle pour augmenter leur courant). En utilisant l'équation ci-dessous, pour un groupement mixte formé à partir d'un nombre N_S module en série et N_P module en parallèle [7]:



Figure(I.6) : groupement de N_S module en série et N_P module en parallèle [7]

I.4.2 Le groupe électropompe :

Composé de deux parties :

- Les pompes :

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

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

Il existe deux grands types de pompes : les pompes centrifuges et les pompes volumétriques. Ces dernières conviennent pour élever des faibles débits d'eau à des pressions élevées [8].

- **La pompe volumétrique :**

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

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) et est 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.[9].

- **La 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, conçue pour une hauteur manométrique totale (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 fonction du carré de la vitesse du moteur. La vitesse de rotation du moteur devra donc être très rapide pour assurer un bon débit. La puissance consommée, proportionnelle à Q.

HMT, variera donc dans le rapport du cube de la vitesse. On utilisera habituellement les pompes centrifuges pour les gros débits et les profondeurs moyennes ou faibles (10 à 100 mètres), [9].

I.4.3 Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques:

Pour de petites HMT et de faibles débits journaliers ($HMT \cdot Q < 25 \text{ m}^4$), les pompes à main peuvent s'avérer plus intéressantes. On utilisera alors un seau pour pomper l'eau. L'utilisation de pompes mécaniques sur cette plage d'utilisation se limitera principalement aux pompes volumétriques de faible puissance.

Pour les hauteurs de moins de 7 mètres, l'emploi de pompes à aspiration sera préféré. Cette pompe est généralement de type centrifuge à ailettes.

Pour de faibles débits et une puissance disponible variable (par exemple, couplage éolien), l'emploi d'une pompe à cavité (volumétrique) permet un débit plus constant.

Pour une HMT moyenne, comprise entre 10 et 50 mètres, la pompe immergée centrifuge est généralement la plus efficace. Mais son rendement est très étroitement lié à la HMT et son dimensionnement est critique.

Pour les HMT supérieures à 35 mètres et de faibles débits journaliers ($< 20 \text{ m}^3$), la pompe volumétrique sera la plus utilisée, surtout si une forte variation du rabattement de la nappe (donc de la HMT) est constatée.

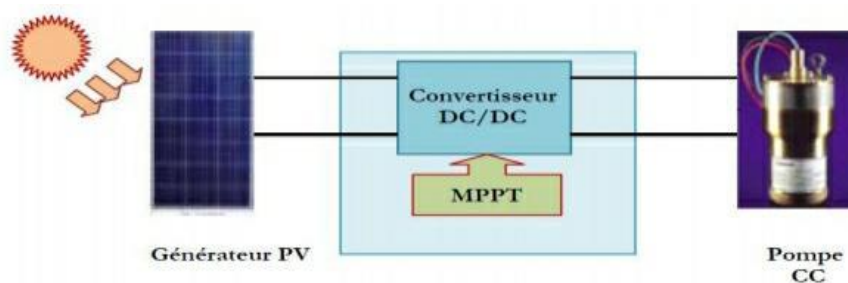
Pour des débits plus élevés, l'emploi d'une pompe centrifuge est souvent le seul choix possible.[9]

- **Les moteurs électriques :**

Le moteur d'un groupe motopompe convertit l'énergie électrique en énergie mécanique. La plupart des machines électriques fonctionnent grâce au magnétisme, Il peut être à courant continu ou alternatif [10].

- **Moteur à courant continu :**

Moteur à courant continu avec balais: les moteurs à courant continu utilisés pour des applications de pompage solaire sont les moteurs série, avoir un couple de démarrage suffisant pour vaincre la résistance de démarrage d'une pompe et bien répondre à un courant variable. Le couplage est direct ou avec optimisation du générateur par un hacheur adaptateur de puissance commandé par son rapport cyclique (figure I.7). L'installation ainsi définie nécessite une électronique relativement simple mais présente l'inconvénient du moteur courant continu qui demande un entretien régulier. Les balais doivent être changés périodiquement. Ceci est particulièrement problématique dans le cas des pompes à moteur immergé où la pompe doit être retirée du forage pour changer les balais. , il est utilisé particulièrement pour le pompage dans les puits ouverts. [10]



Figure(I.7) : diagramme du pompage PV par motopompe à cc [10].

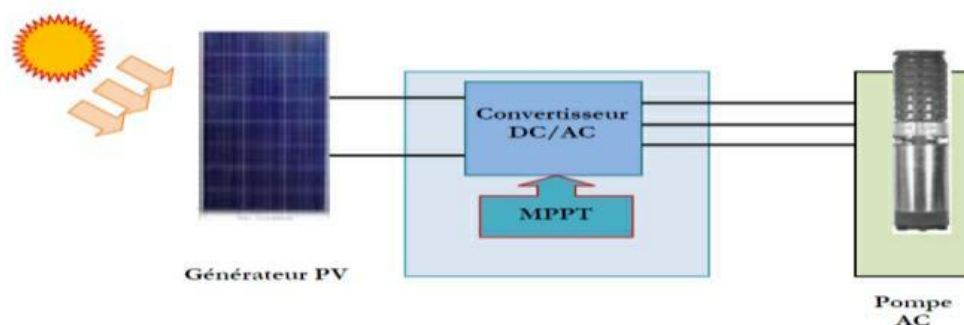
- **Moteur à courant continu, sans balais (Brushless) :**

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

Moteur à courant alternatif : Les moteurs alternatifs asynchrones (rotor à cage) sont les plus couramment employés pour une gamme variée d'applications industrielles. Par exemple ,les pompes sur réseau utilisent depuis longtemps ce type de moteur. Il est utilisé particulièrement pour le pompage immergé dans les forages et les puits ouverts. L'arrivée d'onduleurs efficaces a permis l'utilisation de ce type de moteurs dans les applications de pompage solaire.

L'utilisation d'un moteur asynchrone (à courant alternatif triphasé) plus robuste et moins cher (aussi faible besoin de maintenance) devient une solution plus économique et plus pratique même au prix d'un circuit électronique de commande plus complexe. L'utilisation d'un moteur asynchrone augmente ainsi l'autonomie et la fiabilité de l'installation[10]. Le moteur est

alimenté par un onduleur (convertisseur DC/AC) qui assure l'optimisation du générateur PV voir figure(I.8) .



Figure(I.8) : diagramme du pompage PV par motopompe à AC

I.4.4 L'électronique de commande et de contrôle :

L'électronique prend une part très importante dans la commande et le contrôle des machines électriques, en particulier des machines à courant continu.[11]

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

Pour les pompes avec moteur à courant continu en utilisant un étage d'adaptation entre le générateur PV et la charge (pompe alimentée par moteur à courant continu), Cet étage joue le rôle d'interface entre les deux éléments en assurant à travers une action de contrôle commandé par son rapport cyclique, le transfert du maximum de puissance fournie par le générateur pour qu'elle soit la plus proche possible de la puissance maximale disponible.[11]

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

Pour les pompes à courant alternatif monophasé ou triphasé le convertisseur électronique permet de convertir le courant continu produit par les panneaux solaires en un courant alternatif dont la fréquence et l'amplitude sont contrôlées et ajustées en fonction de l'ensoleillement pour avoir le maximum de débit sur la pompe.on utilise un onduleur pour alimenter le groupe motopompe à partir des panneaux photovoltaïques. D'une façon générale l'onduleur joue le rôle d'interface entre source d'énergie électrique et le moteur.[11]

I.4.5 La partie stockage :

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

le système de stockage avec batterie génère un coût additionnel, des problèmes de maintenance de la batterie et de l'obligation de la remplacer après 3 à 5 ans d'usage. De plus, le rendement énergétique est meilleur quand il n'y a pas d'accumulateurs. Le réservoir peut souvent être construit localement et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours. Ce réservoir ne requiert pas un entretien complexe et est facile à réparer localement.[11]

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné de la généralité sur le pompage d'eau par le système photovoltaïque on a commencé d'abord par définir l'énergie solaire ensuite on a présenté trois systèmes photovoltaïques. Après on a introduit les méthodes de pompes. A la fin on donne les composants d'un système PV.



CHAPTER II: dimensionnement de pompage photovoltaïque



Introduction :

L'une des applications les plus importantes de l'énergie solaire photovoltaïque(PV) est le pompage de l'eau, en particulier dans les régions éloignées, désertiques ou montagneuses qui ont une quantité considérable de rayonnement solaire, donc Il constitue une solution parfaitement adéquate pour subvenir aux besoins de l'irrigation ou d'alimentation en eau potable. L'installation de pompage solaire PV définie est soumise aux impératifs suivants:

- un bon rendement,
- une excellente fiabilité,
- et une autonomie de fonctionnement.

Dans ce chapitre nous avons détaillé le dimensionnement d'un système de pompage PV . pour irriguer une terres agricole. nous avons choisi la zone de Béni saf elle est située a l'ouest Algérien et elle est caractérisée par un climat méditerranéen et une énergie d'ensoleillement moyen.

II.1 Situation géographique site de Béni Saf:

Le territoire de la commune de Béni Saf se situe à l'ouest de la wilaya d'Aïn Témouchent, à environ 30 km à l'ouest d'Aïn Témouchent et 90 km au sud-ouest d'Oran [12].

Wilaya : Aïn Témouchent

Superficie : 61,3 km²

Densité : 690 hab./km²



Figure (II.1): carte de emplacement de beni saf [12].

II.1.1 Climatologie :

Le climat semi aride caractérisée par un hiver humide et un été modéré les quantités de précipitation sont médiocres[14].

➤ Température :

L'examen moyen de la température de la décennie 85-95 montre qu'il ya deux saisons - Saison tempérée -Saison chaude La saison tempérée : une température minimale enregistrée en hiver pour le mois de Janvier 12,60 c° et février 13,50 c°. La saison chaude : une température maximale enregistrée pour le mois de juillet 24,71 c° et le mois d'out 26,05 c°.

Le moment le plus froid de la journée de 21 juin (notre journée exemplaire) est de 01:15 à 08:00, la température la plus froide étant à 06:15, inférieure à 20 °C trois jours sur quatre et inférieure à 21 °C neuf jours sur dix.

Le moment le plus chaud de la journée est de 11:15 à 19:15, la température la plus chaude étant à 13:45 [14].

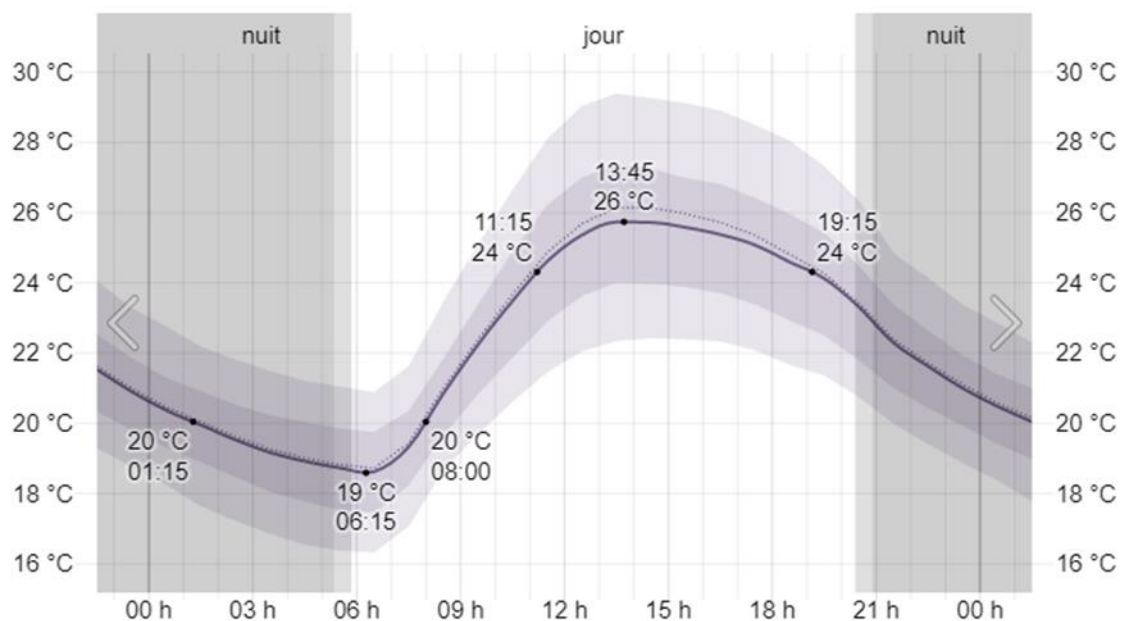


Figure (II.2) : Les différentes températures durant la journée de 21 juin [14].

➤ Précipitation :

cette région reçoit au moyenne 300 à 500 mm/an mais il ya des exceptions ou les précipitations moyennes sont supérieure à 500 mm/an Vent : La région se caractérise par des vents plus au moins moyens à faibles [14].

II.2 pompage d'eau :

L'une des applications les plus importantes de l'énergie solaire photovoltaïque(PV) est le pompage de l'eau, en particulier dans les régions éloignées, désertiques ou montagneuses qui ont une quantité considérable de rayonnement solaire, donc Il constitue une solution parfaitement adéquate pour subvenir aux besoins de l'irrigation ou d'alimentation en eau potable. L'installation de pompage solaire PV définie est soumise aux impératifs suivants [5] :

- un bon rendement
- une excellente fiabilité,
- une autonomie de fonctionnement

II.2.1 Méthodes du pompage :

Une pompe photovoltaïque se présente fondamentalement de deux façons selon qu'elle fonctionne avec ou sans batterie. Alors que cette première utilise une batterie pour stocker l'électricité produite par les modules, la pompe sans batterie, plus communément appelée « pompe au fil du soleil », utilise un réservoir pour stocker l'eau jusqu'au moment de son utilisation [5] .

a) Pompage avec batteries :

Est une méthode attirée par l'utilisation de l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements. Le pompage est régulier durant toute la journée, Le débit de pompage peut se faire à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin. Dans ce cas, l'utilisation d'un réservoir de stockage pour l'eau sera nécessaire afin de pouvoir fournir à la demande d'eau. Toutefois, l'utilisation de batteries comporte davantage de composants qui influent sur la fiabilité et le coût global du système. Les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés. Elles nécessitent en outre un entretien constant et un contrôle rigoureux de leur charge et décharge. Les contrôleurs utilisés pour régulariser la charge et la décharge des batteries vieillissent rapidement et peuvent s'avérer non fiables. Les batteries introduisent également un certain degré de perte de rendement d'environ 20% à 30 % de la production d'énergie [5].

b) Le pompage au fil du soleil :

Il s'agit de stocker de 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. Il est plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système avec batterie. Le réservoir peut souvent être construit localement et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours. Ce réservoir ne requiert pas un entretien complexe et est facile à réparer localement.[5] La capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours selon les modèles.

II.2.2 Données de base d'une pompe :

Les données nécessaires pour dimensionner la pompe solaire sont le débit d'exploitation et la hauteur à laquelle la pompe devra refouler. Celle-ci est majorée par des pertes de charges et de la pression de refoulement dans la conduite.

✓ Le débit Q :

Le débit (Q) est la quantité d'eau fourni par une pompe durant un intervalle de temps donné. En pompage solaire.

✓ La hauteur manométrique totale HMT :

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

$$HMT = H_g + P_c \quad (1)$$

Où : H_g :Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation ,Elle est calculée par la formule suivante :

$$H_g = A+B+C \quad (2)$$

P_c :Pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Elles s'expriment en mètres d'eau et elles sont fonction de la distance des conduites (D), de leur diamètre et du débit de la pompe.

II.3 Le Système de pompage PV :

Le besoin d'eau est bien évidemment très fort. En plus, Beni saf se trouve en plein sud avec une valeur d'ensoleillement assez élevée. Pour ces raisons, nous avons choisi l'étude d'un système de pompage appliqué à l'irrigation de 3 hectares d'agricole dans cette région. Le système est caractérisé par les valeurs suivantes [6] :

- ✓ le volume journalier d'eau à pomper
- ✓ le volume d'énergie à produire
- ✓ La puissance crête du panneau à installer
- ✓ Dimensionnement de la batterie et onduleur

II.3.1 Estimation des besoins en eau :

Les besoins d'eau pour l'irrigation dépendent du type de culture, de la méthode d'irrigation et des facteurs météorologiques (la température, l'humidité, la vitesse du vent,

l'évapotranspiration du sol, et la saison de l'année en question). Pour notre étude les besoins journaliers moyens en eau est de $30 \text{ m}^3 / \text{jour}$.

II.3.2 Hauteur manométrique total :

Pour notre station de pompage, nous avons choisi une hauteur manométrique totale de 20m.

II.4 Dimensionnement de la station de pompage :

Le dimensionnement du système de pompage PV concerne : le calcul de la puissance crête le choix de la pompe, Ce dimensionnement prend en considération les deux conditions suivantes : Choisir les besoins journaliers en eau durant la période de besoin maximal. Choisir le mois où l'ensoleillement le plus faible. Pour notre exemple, le débit journalier maximal requis est de $30 \text{ m}^3 / \text{j}$ pendant le mois de juin et l'énergie d'ensoleillement la plus faible pour le mois de décembre est égale à $4000 \text{ Wh/m}^2 / \text{j}$. Pour dimensionner la station de pompage, nous suivons les étapes suivantes :

a) Choix de la pompe :

Pour notre système on a utilisé cette pompe à eau de marque CALPEDA est idéalement utilisée à l'approvisionnement d'eau propre à partir de puits pour une utilisation domestique et industrielle. Équipée d'une alimentation électrique en monophasé 220V, cette pompe immergée multicellulaire 5 » en inox est idéale pour une utilisation sur puit avec une immersion de 20m maximum **Figure (II.3) [11]** .



Figure (II.3) : Pompe Calpeda MPSM503 (550w) [13].

Tension d'alimentation en (volt)	220
Puissance en (KW)	0.55
Debit en (L/min)	0 a 133
Debit en (m3/heure)	0 a 8
HMT (metre)	32 a 8
Types de liquide	En claire
Pois en Kg	15.5
Intensité (ampere)	4.1

Tableau(II.1) : Les caractéristiques électriques de la pompe (550w) [13].

b) L'énergie consommé par jour :

Nous pouvons connaître la consommation journalière en estimant la valeur de l'énergie totale consommée par tous les récepteurs électriques de l'installation.

$$E(\text{wh},j)=P(w)*t(h)*(3) \quad (3)$$

Dans notre cas on a juste un seul récepteur électrique c'est la pompe, pour notre exemple on prend $t=3$ jours

$$E_c=2200h/j$$

c) Calcul de l'énergie à produire :

On considère que l'énergie à produire dépend de la charge E_c (énergie journalière consommée) et du coefficient de correction k .

d) Le coefficient de correction : est un indicateur synthétique déterminé en fonction de l'inclinaison et de l'orientation de vos panneaux.

$$E_p = \frac{E_c}{K} \quad (4)$$

L'énergie produite E_p est toujours supérieure à l'énergie consommée E_c .

Le coefficient k prend en compte :

- ✓ l'incertitude météorologique
- ✓ l'inclinaison non corrigée des modules suivant la saison
- ✓ le point de fonctionnement des modules (rarement optimal et peut être aggravé par le vieillissement et la poussière sur les modules)
- ✓ le rendement des cycles de charge et de décharge de la batterie
- ✓ le rendement de l'onduleur et du régulateur de charge
- ✓ les pertes dans les câbles et les connexions.

Pour une installation photovoltaïque avec stockage, nous avons **$0,6 < k < 0,8$**

$$K = \eta_{\text{inclination}} * \eta_{\text{onduleur}} * \eta_{\text{regulateur}} * \eta_{\text{batterie}} * \text{Coef}^{\circ\text{c}} * 0.99 \quad (5)$$

$$K = 0.6$$

On calcule le coefficient de température par :

$$\text{Coef}^{\circ\text{c}} = 1 - (25 - t^{\circ\text{max}}) \times -0,04. \quad (6)$$

On prend le rendement de l'onduleur et de le regulateur 98%

On prend le rendement de la batterie 90% puisque la batterie qui nous avons utiliser c'est une batterie Gel.

Après les calculs on trouve que l'énergie produite dans notre systémé est :

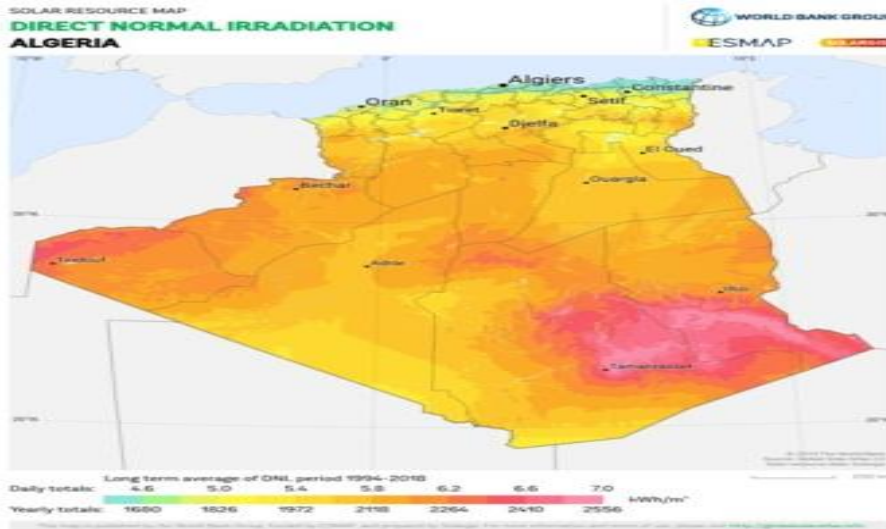
$$E_p = 3666.66 \text{Wh/jour}$$

e) Calcule de la puissance crete d'installation :

La puissance crete a installer depend de l'énergie E_p et de nombre d'heure d'ensoleilleiment N_e .

$$P_c = \frac{E_p}{N_e} \tag{7}$$

En se basant sur les cartes réalisées par le Centre de développement des énergies renouvelable [14],(CDER) dans son Atlas des ressources ENR de l'Algérie, le Commissariat a ajouté que sur l'ensemble du territoire national, "l'énergie solaire globale reçue par jour sur une surface horizontale d'un mètre carré varie entre 5,1 KWh (~1860 KWh par an et par m2) au Nord et 6,6 KWh (~2410 KWh par an et par m2) dans le Grand Sud".[14]



Figure(II.3) : Irradiation journalière reçue sur plan horizontal (14)

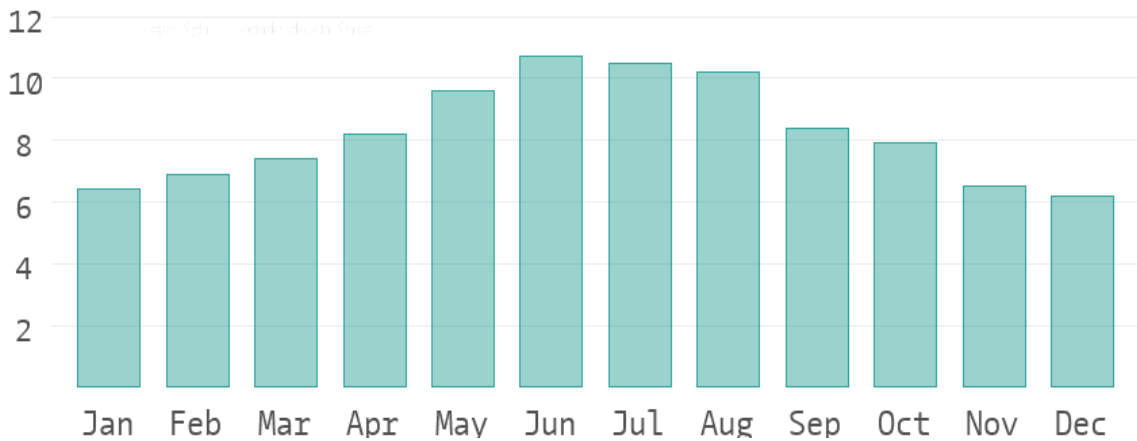


figure (II.4) : heures d'ensoleillement par jour en beni saf [14].

On obtient ainsi :

$$N_e = I_r \div 1000 \tag{8}$$

La formule ca denient :

$$P_c = \frac{E_p}{I_r} 1000. \quad (9)$$

Car l'irradiation solaire I_r (Wh/m²) et l'irradiance (W/m). L'irradiance sera considérée dans les conditions standards (1000W/m²) car les panneaux photovoltaïques sont caractérisés dans ces mêmes conditions (W_c).

$$P_c = 718.95 W_c$$

Pour notre système on a choisi le type monocristallin est composé qui est composé d'un seul cristal de silicium. Le panneau solaire monocristallin a un aspect plus sombre que le panneau polycristallin. De manière générale, il est plus performant mais également plus coûteux

f) **Dimensionnement de panneau solaire :**

Choix des panneaux solaires : Il est obligatoire de connaître la tension de fonctionnement de la pompe avant de définir le type et le nombre de panneaux solaires ainsi que leur couplage.

Panneau solaire Monocristallin VICTRON 175W (175W_c - 12V) :

- ✓ Coefficient tension-température favorable pour une utilisation à des températures élevées.
- ✓ Performances exceptionnelles en faible irradiation et sensibilité élevée à tout le spectre solaire.
- ✓ Boîte de raccordement multifonctionnelle scellée étanche pour un niveau de sécurité élevé.
- ✓ Diodes de dérivation haute-performance pour une meilleure protection contre les effets de point chaud en cas d'occultation partielle.
- ✓ Procédé d'encapsulation avancé EVA (Ethylène-acétate de vinyle) avec face inférieure tri-couche répondant aux exigences les plus sévères de sécurité haute-tension.
- ✓ Cadre robuste en aluminium anodisé pour assemblage facile, compatible avec une grande diversité de structures de montage du marché.
- ✓ Face supérieure en verre trempé à haute transmissibilité pour une rigidité accrue et une excellente résistance aux impacts [13].
- ✓ 1485 x 668 x 30 mm



Figure (II.5) : Panneau solaire Monocristallin VICTRON 175W (175Wc - 12V) [13].

Dimension module	1485*668*30mm
Poids	11 KG
Puissance nominale P _{mpp} *	175 V
Tension à puissance max. V _{mpp} *	19.4 V
Courant à puissance max. I _{mpp} *	9.03 A
Tension en circuit ouvert V _{oc}	23.7 V
Courant de court-circuit I _s	9.89 A
Puissance nominale (tolérance +/- 3%)	175 W
Type de cellules	Monocristallin
Nombre de cellules couplées en série	36
Tension maximale système	1000 V

Tableau (II.2) : Caractéristiques du panneau solaire [13].

❖ L'effet photovoltaïque :

Il s'agit de la capacité de produire de l'électricité au moyen de l'énergie solaire. Ceci est possible grâce à l'utilisation de cellules photovoltaïques -PV. Une cellule est capable de générer une tension comprise entre 0,5 V et 2 V suivant les matériaux utilisés et un courant directement dépendant de la surface (cellule de 5 ou 6 pouces). Ses caractéristiques sont exprimées selon une courbe de courant - tension telle qu'elle est présentée sur le. (Figure(II.6)) [15].

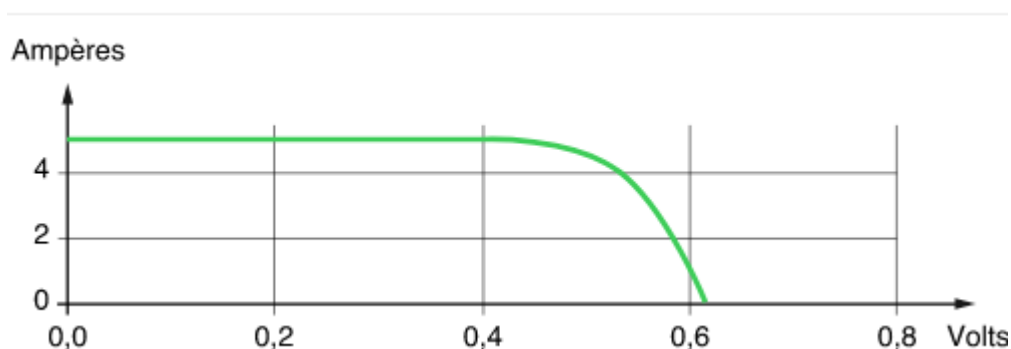
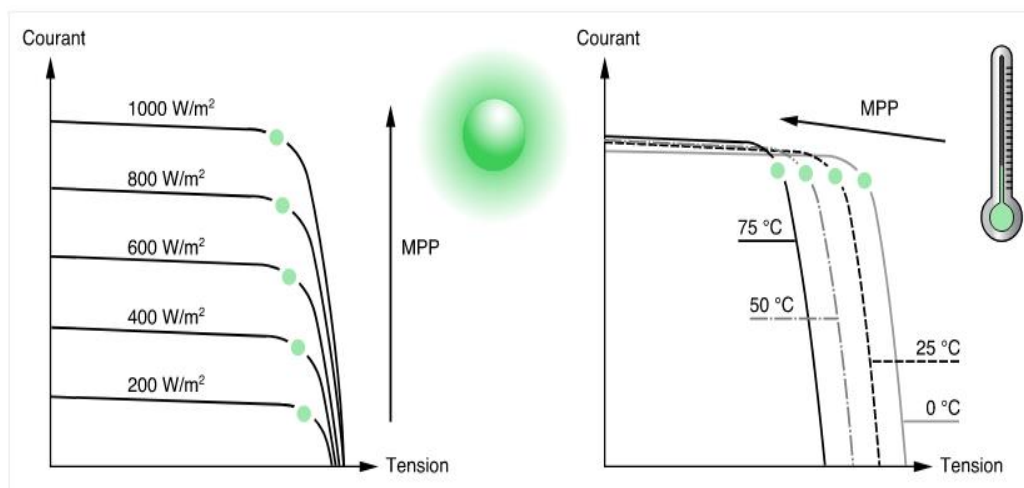


Figure (II.6): Caractéristique typique d'une cellule photovoltaïque [15]

L'effet photovoltaïque est fonction de deux grandeurs physiques (voir Figure (II.7)) : l'éclairement et la température :

- ✓ Lorsque l'éclairement E (W / m^2) augmente, il en va de même pour le courant et la puissance produits par la cellule,
- ✓ lorsque la température T ($^{\circ}C$) de la cellule augmente, la tension de sortie diminue de manière significative, le courant augmente légèrement, de sorte que globalement la puissance de sortie diminue.

Afin de pouvoir comparer la performance des cellules photovoltaïques entre elles, il a été défini des Conditions Standard de Test (STC) correspondant à un éclairement de $1000W/m^2$ et à une température ambiante de $25^{\circ}C$. [15]

**Figure (II.7) :** L'éclairement et la température influent sur l'effet photovoltaïque [15]

❖ Fonction MPPT :

Cette fonction calcule en permanence, pour la surface -ou champ- photovoltaïque, le point de fonctionnement en tension et en courant qui produit le plus de puissance. Elle est aussi appelée "Maximum Power Point Tracker" (Recherche de Point de Puissance Maximum)[15]: voir la (Figure (II.8))

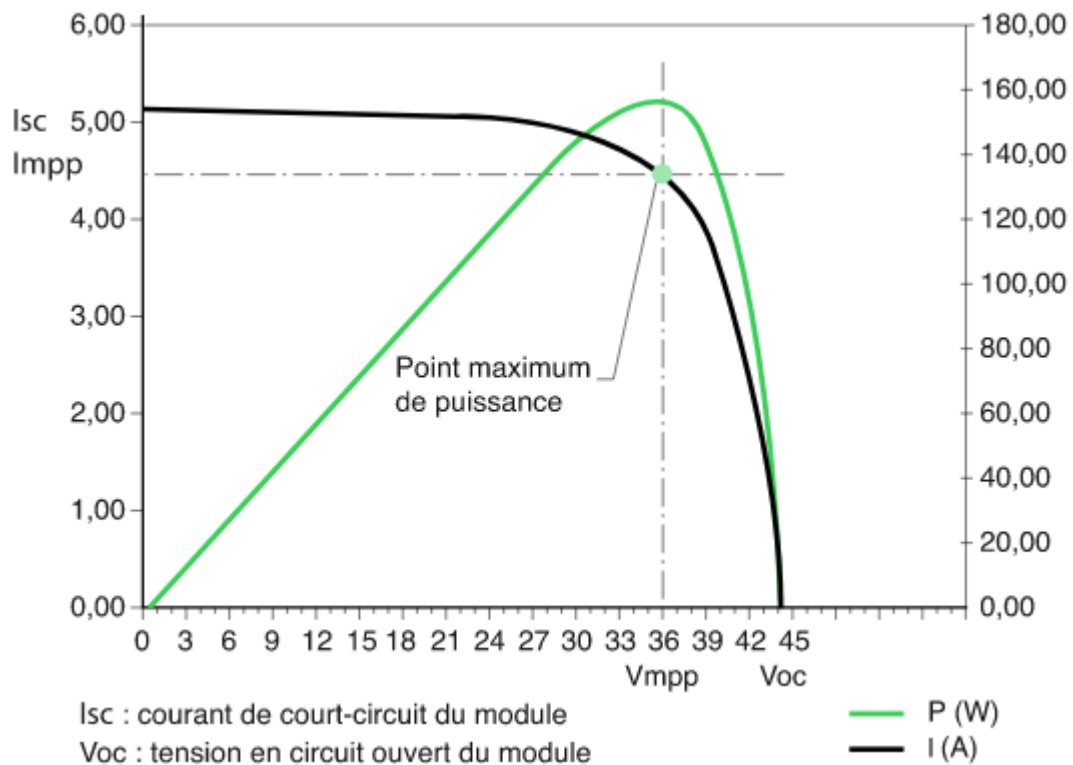


Figure (II.8) : Point de fonctionnement d'un champ-photovoltaïque qui produit le plus de puissance, aussi appelé le Maximum Power Point Tracker [15]

❖ **Nombre de module panneau solaire a installer :**

Ce nombre dépend de la puissance crête à installer P_c en watt-crête et de la puissance crête unitaire $P_{c_{unit}}$ du modèle de panneau choisi en watt-crête.

Ainsi nous aurons:

$$Nbre = \frac{P_c}{P_{c_{unit}}} \quad (10)$$

Nombre de module =5

❖ **Nombre de modules en série :**

Pour trouver la tension convenable à l'alimentation d'une charge donnée par la mise en série de plusieurs modules PV, le nombre de ces modules est calculé par l'expression suivante:

$$N_{ms} = \frac{v_c}{v_m} \quad (11)$$

$N_{ms}=2$

Avec :

Vc: La tension nominale de la charge.

Vm: La tension nominale du module.

Toujours utiliser ensemble des panneaux solaires de même marque, de même puissance. Montage en série des panneaux : On augmente la puissance et la tension, on garde le même courant. Montage en parallèle des panneaux : On augmente la puissance et le courant, on garde la même tension.

❖ Nombre de modules en parallèle :

La mise en parallèle de modules donne l'intensité nécessaire à la charge. Le nombre de branches est calculé par l'équation suivante :

$$Nmp = \frac{Nm}{Nms} \quad (12)$$

$$Nmp = 3$$

g) Dimensionnement de la batterie :

La batterie : Les batteries solaires sont adaptées au cyclage quotidien et à la charge lente par panneaux solaires. Leur durée de vie est considérablement augmentée si la profondeur de décharge quotidienne est inférieure à 50% de la capacité totale pour les batteries plomb et jusqu'à 70% pour les batteries lithium.

La batterie Regulated Lead Acid (VRLA): nous avons utilisé ce genre de batterie car ça coûte pas trop cher, Les batteries VRLA sont utilisées pour de nombreuses applications : habitat isolé, signalisation lumineuse routière, balisage lumineux maritime, terrestre et aérien, télécommunications (relais, caméra, wifi,...), véhicules aménagés, pompage

h) Le calcul de la capacité :

Le calcul de la capacité de la batterie dépend de plusieurs données :

Na, le nombre de jours d'autonomie.

Ec, l'énergie totale consommée en Wh/jour

D, la profondeur de décharge maximale admissible de la batterie

U, la tension en volts sous laquelle est installée le parc de batteries (12v.)

$$C = \frac{Na \times Ec}{D \times U} \quad (13)$$

$$C = 814.81Ah$$

Calculons le nombre de batterie :

Pour calculer le nombre de batterie il faut au préalable avoir fait le choix du type de batterie à utiliser , sa capacité , sa tension , son pourcentage de décharge. Pour notre exemple prenons la batterie 220Ah 12V batterie acid , dans ce cas le fabricant n'a pas donné le pourcentage de décharge nous prendrons 0,8.

$$Nb = \frac{C \times U_s}{U_b \times C_b} \quad (14)$$

Après les calculs on trouve $Nb=4$, alors notre système contient 4 batteries.

Avec U_s : le voltage de système , U_b : Voltage de batterie , C_b : capacité de batterie

Nombre de batteries en série :

$$Nbs = \frac{U_s}{U_b} \quad (15)$$

$Nbs = \frac{12}{12}$ alors on a just une seul batterie en série.

Nombre de batteries en parallèle :

$$Nbp = \frac{Nb}{Nbs} \quad (16)$$

$Nbp = \frac{4}{1}$ alors on a 4 batteries en parallèle

Ce nombre dépend de la capacité C calculée et de la capacité unitaire du type de batterie choisie .

Pour notre système on a choisi le minimum nombre de batterie c'est pour ça on a choisi une batterie avec une grande capacité de 220 Ah et voici les caractéristiques de la batterie qui nous avons choisi 'Batterie VICTRON étanche AGM 12V / 220Ah [13].



Figure (II.9) : Batterie VICTRON étanche AGM 12V / 220Ah [13].

Tensions	12V
Dimensions	522 x 238 x 240 mm
Pois	65 Kg
CCA	1400
Res Cap	440
Capacité	220 Ah

Tableau (II.3) : Caractéristiques de la batterie (Batterie VICTRON étanche AGM 12V / 220Ah) [13].

- ❖ Capacité nominale: C20 à 25 °C
- ❖ Durée de vie en floating: 12 ans à 20 °C
- ❖ Durée de vie en cyclage:
 - 500 cycles à décharge 80%
 - 750 cycles à décharge 50%
 - 1800 cycles à décharge 30%

i) **Regulateur MPPT :**

Permet d'obtenir en permanence le meilleur point de fonctionnement de la pompe (maximum de débit) malgré les variations de l'ensoleillement. Dans la plupart des cas, il permet également de gérer le fonctionnement de la pompe en cas de manque d'eau dans le forage ou le puits, et le remplissage maximum du château d'eau [13].



Figure (II.10) : Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 100/30 (100V) [13].

Tension de la batterie	Sélection automatique 12/24 V
Courant de batterie maximal	30 A
Puissance maximale PV, 12V 1a) 1b)	440 W (MPPT plage de 15 à 80 V)
Tension PV maximale de circuit ouvert	100 V
Efficacité maximale	98%
Autoconsommation	10 Ma
Tension de charge "d'absorption"	Configuration par défaut: 14,4 / 28,8 V
Tension de charge "float"	Configuration par défaut: 13,8 / 27,6 V

Tableau (II.4) : Caractéristiques de régulateur [13].

j) Dimensionnement de l'onduleur :

Critères à respecter :

$P_{\text{sortie}} > P_{\text{consommée}}$ On cherchera donc la puissance maximale de l'habitation (quand tous les objets consomment) La tension du système doit être comprise dans la plage de tension d'entrée de l'onduleur.

Dans notre système on a la puissance de sortie est égale à 1600 W qui est plus grande à la puissance de notre pompe qui égale 550 W [13].



Figure (II.11) : Onduleur VICTRON Phoenix Smart 12/1600 [13].

Fonctionnement en parallèle et triphasé	non
Plage de tension d'alimentation	9.3 - 17 V
Sortie	230 Vac (+/- 2 %) 50 ou 60 Hz
Puissance de sortie à 25 °C	1600 W
Puissance crête	3000 VA
Efficacité max	92 %
Consommation à vide	8 W
Consommation à vide en mode ECO	0.6 W

Tableau(II.5) : les Caractéristiques de l'onduleur [13].

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenter les methode de pompages du systeme photovoltaïque (avec ou sans batterie) On présent également les principaux constitutions d'un système de pompage PV avec Les différentes étapes pour le dimensionnement de notre systeme de pompage.



CHAPTER III: Simulation d'installation de pompage photovoltaïque sur TRNSYS



Introduction :

Dans ce chapitre, on va exposer et présentés la modélisation d'une installation de système de pompage photovoltaïque .Les systèmes de pompage solaire photovoltaïque utilisent la conversion du rayonnement solaire en électricité pour alimenter une pompe dans un forage ou un puits., utilisant le logiciel System Simulation (TRNSYS 18). Composants de base tels que panneau solaire, batterie ,onduleur,pompe . Ces résultats concernent particulièrement la variation des températures au cours du temps, l'irradiation global, la température ambiante, la production d'énergie thermique et enfin le rendement électrique et thermique du pv

III.1 Description du programme de simulation : TRNSYS

TRNSYS est un logiciel de simulation destiné principalement aux domaines des énergies renouvelables et du bâtiment.[16].

Il est utilisé par des ingénieurs et des chercheurs du monde entier pour modéliser de nouveaux concepts énergétiques, des systèmes d'eau chaude domestiques simples à la conception et à la simulation de bâtiments et leur équipement, y compris les stratégies de contrôle, le comportement des occupants, les systèmes d'énergie de remplacement (éolien, solaire, photovoltaïque, systèmes à hydrogène), etc. L'un des facteurs clés du succès de TRNSYS au cours des 40 dernières années est sa structure ouverte et modulaire. le code source du noyau ainsi que les modèles de composants sont livrés aux utilisateurs finaux. Cela simplifie étendre les modèles existants pour les adapter aux besoins spécifiques de l'utilisateur. Les applications TRNSYS comprennent :Systèmes solaires (solaire thermique et PV)Bâtiments à faible consommation d'énergie et systèmes de CVCA avec des caractéristiques de conception avancées (ventilation naturelle, dalle chauffage/refroidissement, double façade, etc.)Systèmes d'énergie renouvelable Cogénération, piles à combustible Tout ce qui nécessite une simulation dynamique! [17]

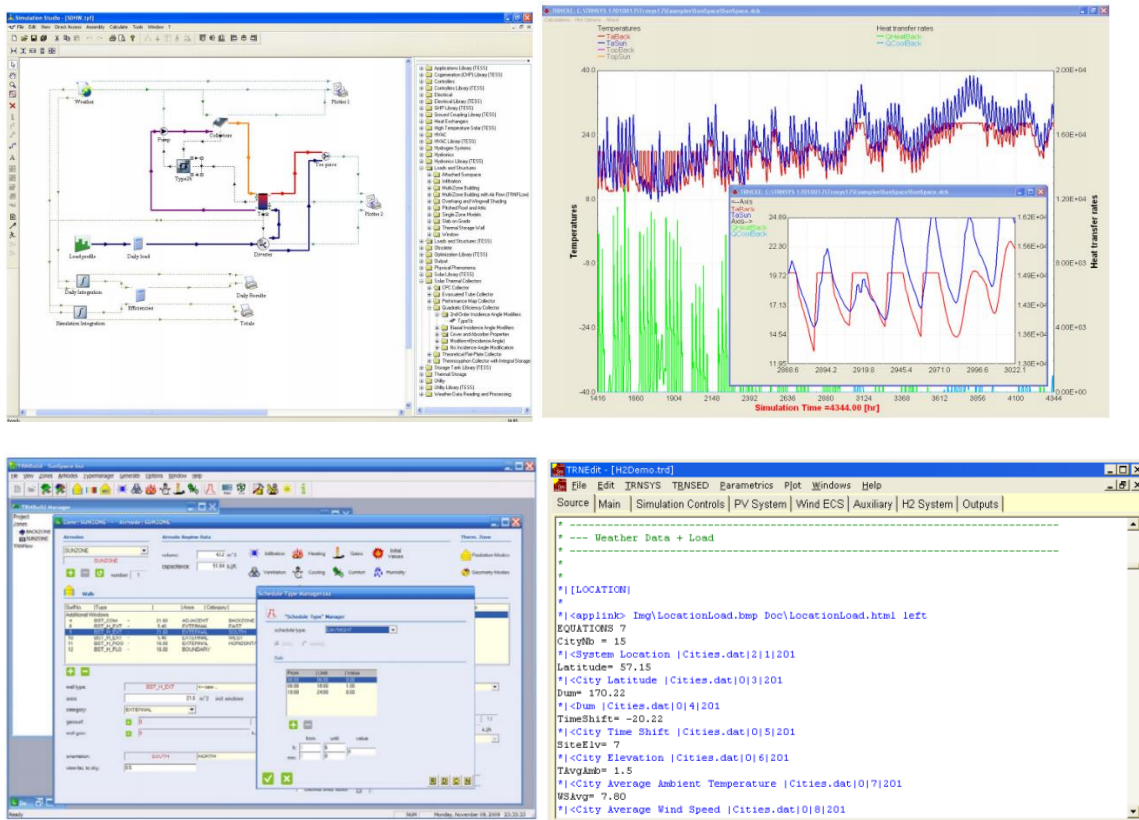


Figure (III.1): TRNSYS software programs: Simulation Studio, TRNExe, TRNBuild et TRNedit [17].

III.2 Utilisation du TRNSYS système :

Pour simuler un système de pompage photovoltaïque associé aux énergies renouvelables dans le logiciel Transient System Simulation Tool (TRNSYS) on a besoin des composants de base tels que les capteurs solaires, les pompes, l'échangeur de chaleur, le panneau photovoltaïque, la batterie et l'onduleur qui sont sélectionnés dans la bibliothèque TRNSYS. Tous les composants nécessaires qui ne sont pas disponibles dans les bibliothèques de composants TRNSYS doivent être créés, TRNSYS est un logiciel de simulation pour presque tous les systèmes énergétiques. Les méthodes et approches possibles pour modéliser la SP devraient être explorées et les composants mises en œuvre dans les simulations TRSNYS. Le processus de création de nouvelles composantes pour les simulations TRNSYS est exploré et décrit. Les composants créés doivent être vérifiés sur la base des résultats de simulations appropriées dans TRNSYS, des prévisions théoriques et des données publiées. Le TRNSYS se concentre principalement sur les systèmes énergétiques et la capacité du programme à simuler les systèmes au niveau des composants doit être examinée[17]

III.3 Avantages et Inconvénients du TRNSYS

Avantages :

- ✓ Grâce à son approche modulaire, TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité (modules avec procédures de calcul plus ou moins élaborées).
- ✓ L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la librairie d'origine.
- ✓ Documentation vaste sur les sous-programmes y compris explications usages usuels équations de base.
- ✓ Définition très souple de la période de simulation : choix du pas de temps, du début et de la fin de la simulation.[17]

Inconvénients :

- ✓ Pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder et introduire l'ensemble exhaustif des données définissant le bâtiment et le système
- ✓ La bibliothèque est limitée.[17]

III.4 présentation TRNSYS du système pompage photovoltaïque :

Notre système se base sur quatre composantes principales :

- Panneaux photovoltaïque (type 103b)
- Batterie (type 47a)
- Onduleur (type 48b)
- Pompe (type 114)

Les variables de sortie obtenues par PV (type 103 b) est connecté directement aux variables d'entées du onduleur (type 48 b). L'énergie générée alimente la pompe (type 114). Puisque on a un système de stockage une partie de l'énergie va être stockée dans la batterie (type 47a).

Notre installation nous permet d'effectuer des calculs pour obtenue notre besoin journaliers d'eau pour arroser notre ferme. la quantité d'eaux et réglé par la pompe (type 03) fonctionne selon des périodes fixées par l'utilisateur (4 jour par semaine) avec l'aid du composant Fonction de forçage en fonction du temps (Type 14e).Les informations météo, sont lues par le composant les « données météorologiques » (15-6TM2)

III.5 Les composants principaux pour la simulation Trnsys :

III.5.1 BASIC MODEL – WITH MPPT (Type 103) :

Ce composant est approprié pour modéliser la performance électrique du photovoltaïque mono et poly cristallin. Il n'est pas approprié pour la modélisation de la performance électrique des réseaux photovoltaïques à couche mince. Il peut être utilisé dans un de deux modes en fonction de la façon dont le premier paramètre est défini. Lorsque le paramètre de mode MPPT est défini sur 0, le PV réseau est supposé être directement connecté à une tension de charge et/ou à une batterie. La tension de fonctionnement de la PV/load est une entrée dans le modèle PV. Lorsque le paramètre de mode MPPT est défini à 1, le tableau est supposé être connecté à sa charge par un pointeur de puissance maximale. Dans ce cas, la tension de charge n'est pas nécessaire comme une entrée [18].

Paramètre	Valeur
Mode MPPT	1
Référence de température	25 c°
Référence d'isolation	21.6
Consommation à vide	8 w
Voltage MPPT	17

Tableau (III.1): les paramètres et les valeurs d'entrée et sortie du panneau solaire (Type 103).

Input	Output
Temperature ambiante	Tension de réseau
Rayonnement par fisco	Courant de réseau
Rayonnement de ciel	Puissance de réseau
angle d'incidence du rayonnement du faisceau	Tension en circuit ouvert
	Curent de court-circuit
	Température de réseau
	Efficacité de réseau

Tableau (III.2) : les entrés et les sorties de panneau solaire (Type 103)

III.5.2 ONDULEUR / REGULATEUR (Type 48b) :

Dans les systèmes photovoltaïques, deux dispositifs de conditionnement d'énergie sont nécessaires. Le premier est un régulateur, qui distribue l'énergie CC du réseau de cellules solaires vers et depuis une batterie (dans les systèmes avec stockage d'énergie) et vers le deuxième composant, l'onduleur. Si la batterie est complètement chargée ou n'a besoin que d'une charge conique, la puissance excédentaire est soit déchargée, soit non récupérée en éteignant certaines parties du réseau. L'onduleur convertit l'alimentation CC en courant

alternatif et l'envoi à la charge et ou le renvoie à l'utilitaire. TYPE 48 modèle à la fois le régulateur et l'onduleur, et peut fonctionner dans l'un des quatre modes. Les modes 0 et 3 sont basés respectivement sur "pas de batterie/système de rétroaction" et "système de charge directe". Les modes 1 et 2 sont des modifications du "système de suivi de puissance maximale parallèle" dans la même référence. Ce proforma correspond au Mode 1 Collecteur de suivi de puissance de crête, batterie, surveillance de l'état de charge [18].

Input	Output
Etat de charge fractionnaire	Pouvoir de la génération
Puissance de charge	Puissance de chargement
Puissance d'entrée	Électricité produite

Tableau (III.3): les entrés et les sorties d'onduleur (Type 48b).

Paramètre	Valeur
Mode	1
Efficacité de régulateur	0.78
Efficacité d'onduleur	0.96
Puissance de sortie d'onduleur	3000
Limite bas de (FSOC)	0.1

Tableau (III.4) : les paramètres et les valeurs d'onduleur (Type 48b).

III.5.3 Batterie (Type 47 a) :

Ce modèle de batterie de stockage au gel fonctionne avec la matrice de cellules solaires et les composants de conditionnement d'énergie. Détermine comment l'état de charge de la batterie varie dans le temps, compte tenu du taux de charge ou de décharge. Cette forme correspond au Mode 1, basé sur un simple bilan de puissance de la batterie. La puissance est simplement prise comme une entrée. Ce modèle ne calcule pas et ne produit aucune valeur de courant ou de tension.[18]

Output
Etat de charge de la batterie
Etat de charge
Puissance perdu pendant la charge
Puissance
Puissance excédentaire

Tableau (III.5) : les entrés de batterie (Type 47a).

paramètre	Valeur
Capacité	220 ah
Cellules en parallèle	4
Cellules en série	1
Efficacité de chargement	0.9

Tableau (III.6): les paramètres et les valeurs du batterie (Type 47a).

III.5.4 Pompe (Type 114)

Type114 modélise une pompe à vitesse unique (constante) capable de maintenir un débit massique de sortie de fluide constant. Les caractéristiques de démarrage et d'arrêt de la pompe ne sont pas modélisées, pas plus que les effets de chute de pression. Comme pour la plupart des pompes et des ventilateurs dans TRNSYS, Type114 prend le débit massique comme entrée, mais ignore la valeur, sauf pour effectuer des vérifications du bilan massique. Le type114 définit le débit en aval en fonction de son paramètre de débit nominal et de la valeur actuelle de son signal de commande.[18]

Input	output
Température de fluide entrée	Température de fluide sortie
Débit du fluid entrée	Débit du fluid sortie
Signal de commande	Consommation denergie
Efficacite du moteur	Transfert du liquide

Tableau (III.7): les entrés et les sorties du pompe (Type 114).

Paramètre	valeur
Débit normal	8 m3/h
Chaleur fluide spécifique	4.19
Coefficient de puissance	1
Intensité	4.1
Intensité	550kw

Tableau (III.8): les paramètres et les valeurs de la pompe (Type 114).

III.6 Les Composant auxiliaire :

Ces composants aident à établir un programme bien complet. Ils n'ont pas considéré comme des ingrédients essentiels, mais ils jouent un rôle important dans notre simulation.

III.6.1 Le Traceur Type 65 c (Online plotter with file) :

La composante 'Traceur en ligne' est utilisée pour afficher certaines variables du système pendant que la simulation progresse.

Ce composant est fortement recommandé et largement utilisé car il fournit des informations et

permet aux utilisateurs de voir immédiatement si le système ne fonctionne pas comme souhaité. Les variables sélectionnées seront affichée dans une fenêtre séparée sur l'écran.[18]

III.6.2 Fonction de forçage basée sur le temps (Time Dépendent Forcing Function type 57) :

Ce composant nous permet d'établir une fonction de forçage dépendant du temps qui a un comportement caractérisé par un modèle répété. Le modèle de la fonction de forçage est établi par un ensemble de points de données discrets indiquant la valeur de la fonction à différents moments au cours d'un cycle. Le cycle se répète toutes N (les nombres d'heures) où N est la dernière valeur de temps spécifiée.[18]



Figure (III.2): le débit d'eau journalier en fonction de temps

III.6.3 Convertisseur des unités (Unit Conversion Routine) :

Ce composant nous permet tout simplement de convertir les unités. Le convertisseur des unités vérifie la valeur entrée pour s'assurer qu'elle est du bon type de variable et des unités. Il effectue la conversion de l'unité, fournissant le nouveau type d'unité de sortie.

CONCLUSION :

Dans ce travail, nous avons présenté le principe d'un PV ainsi que les préoccupations dictées par les enjeux de développement durable, et le souci de maîtriser les coûts d'exploitation incitent à étudier de près l'option « solaire » pour le pompage des eaux destinées à l'approvisionnement en eau de boisson, mais aussi pour le développement des activités maraîchères qui procurent sécurité alimentaire et revenus. La technologie du photovoltaïque a beaucoup progressé dans la période récente en termes de performance énergétique et de réduction des coûts d'investissement et d'exploitation.



CHAPTER IV: Résultats de simulation et interprétations



Introduction :

Après avoir dimensionné et décrit notre système Pompage d'eau à partir du photovoltaïque, on va présenter les résultats obtenus selon notre programme de simulation 'TRNSYS'. Après la simulation, ces résultats seront analysés et expliqués, notre simulation est faite en deux mois 1 juin – 1 aout mais dans quelque cas on a choisi le jour de 21 juin pour la simulation sera très précis, nous avons d'abord observer les résultats puis on a les analyser et finalement on sort avec une conclusion.

IV.1 Données météorologiques

Cette simulation présente la température ambiante et la vitesse de vente et l'radiation solaire. En fonction de temps, avec les données qu'on a prises dans nos calculs dans le deuxième chapitre dans une période de deux mois (1er juin au 1er aout), on a choisi cette période car le soleil est plus lumineux et ce mois-ci, contient le plus long jour de l'année.

Pour l'interprétation on a choisi le jour de 21 juin, Figure (IV.1), Le profil de température (courbe rouge) horaire est caractérisé par des valeurs maximum et minimum de 29°C et 19°C. Si on regarde le comportement de l'installation durant cette journée, en particulier le 21 juin, le jour le plus long de l'année, le Soleil se lève à 05:51 et se couche 14 heures et 33 minutes plus tard, à 20:23, À l'heure de lever de soleil on observe une augmentation de radiation solaire avec une augmentation de température à partir de 11 :15 h de matin jusque 19.15h. La radiation solaire sera à sa valeur maximal 995W/m² autour de 13.15h. (Figure IV.1)

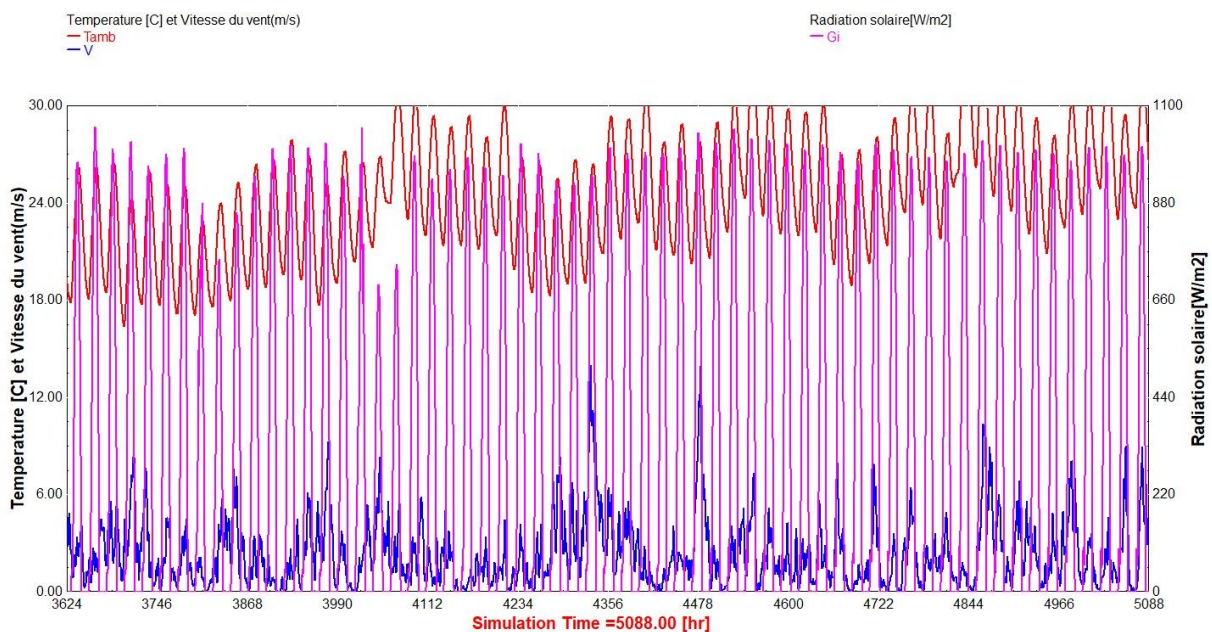


Figure (IV.1) : Les variation du température, vitesse de vent, radiation solaire au courant du jour (01 juin -1 aout) [3624-5088 h]

Le moment le plus froid de la journée est de 01:15 à 08:00, la température la plus froide étant à 06:15, inférieure à 20 °C trois jours sur quatre et inférieure à 21 °C neuf jours sur dix.

Le moment le plus chaud de la journée est de 11:15 à 19:15, la température la plus chaude étant à 13:45.

La vitesse horaire moyenne du vent le 21 juin varie au cours de la journée, avec une moyenne quotidienne de 14,2 kilomètres par heure.

Le moment le plus venteux de la journée est aux alentours de 15:45, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 19,2 kilomètres par heure, se maintenant principalement entre 15,2 kilomètres par heure et 22,4 kilomètres par heure, et rarement inférieure à 12,5 kilomètres par heure ou supérieure à 27,2 kilomètres par heure. (FigureIV.2)

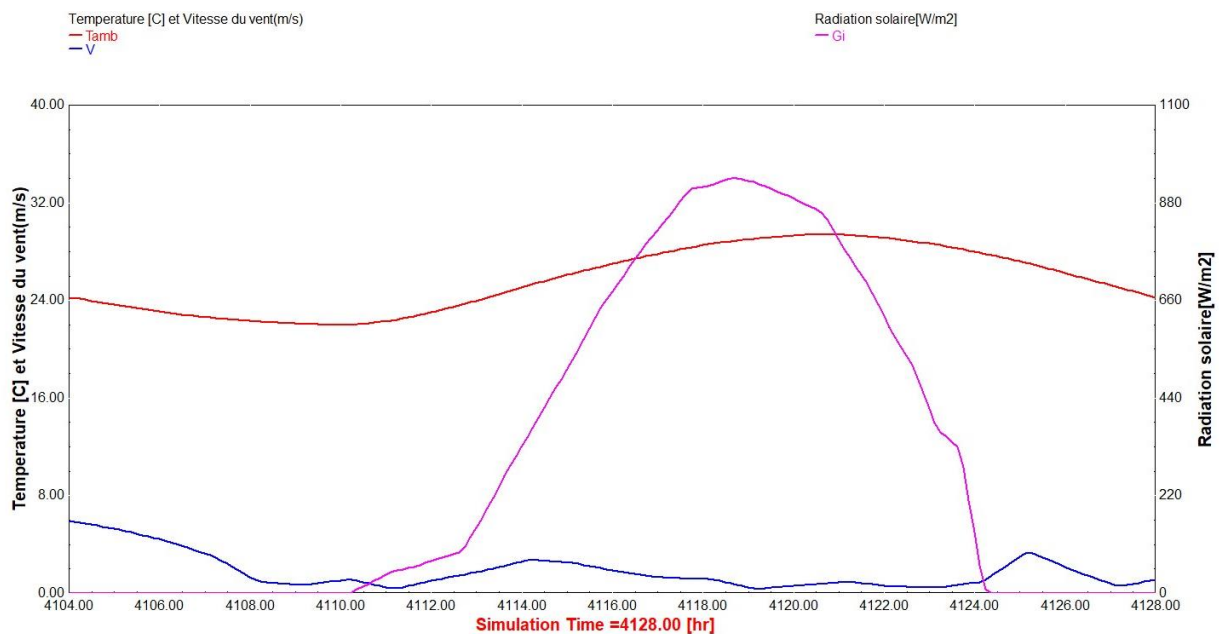


Figure (IV.2) : Les variation du température, vitesse de vent, radiation solaire au courant du jour 21 juin.

IV.3 Résultats de simulation de panneaux PV 1 :

IV.3.1 L'effet photovoltaïque :

Il s'agit de la capacité à transformer l'énergie solaire en électricité. Ceci est possible grâce à l'utilisation de cellules photovoltaïques -PV. Une cellule est capable de générer une tension comprise entre 0,5 V et 2 V suivant les matériaux utilisés et un courant directement dépendant de la surface (cellule de 5 ou 6 pouces). Ses caractéristiques s'expriment suivant une courbe courant - tension comme présentée sur la (Figure IV.3)

L'effet photovoltaïque est fonction de deux grandeurs physiques:

L'éclairement et la température :

- Lorsque l'éclairement E (W / m^2) augmente, il en va de même pour le courant et la puissance produits par la cellule,
- Lorsque la température T ($^{\circ}C$) de la cellule augmente, la tension de sortie diminue de manière significative, le courant augmente légèrement, de sorte que globalement la puissance de sortie diminue.

Afin de pouvoir comparer la performance des cellules photovoltaïques entre elles, il a été défini des Conditions Standard de Test (STC) correspondant à un éclairement de $1000W/m^2$ et à une température ambiante de $25^{\circ}C$.

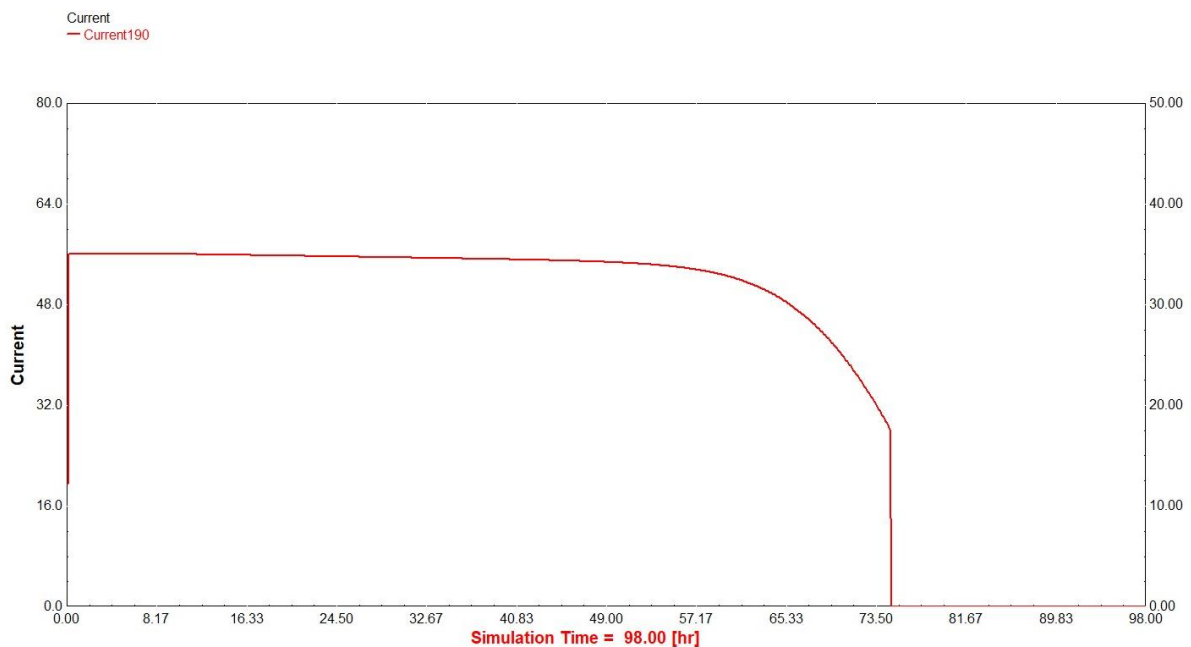


Figure (IV.3) : Variation du courant électrique en fonction du temps

IV.3.2 Variation de tension et le courant électrique:

En figure IV.4 on voit que le courant électrique de notre réseau se augmente pendant la journée jusque à sa valeur maximal de 20A (courbe violet) et puis il se diminue jusque à la valeur nulle après le coucher de soleil en même temps le circuit de charge est nulle (courbe bleu), on remarque que la tension de notre panneau varie entre le 25w et 32w durant la journée (courbe rouge) par contre le courant de circuit de charge est stable à 30A.

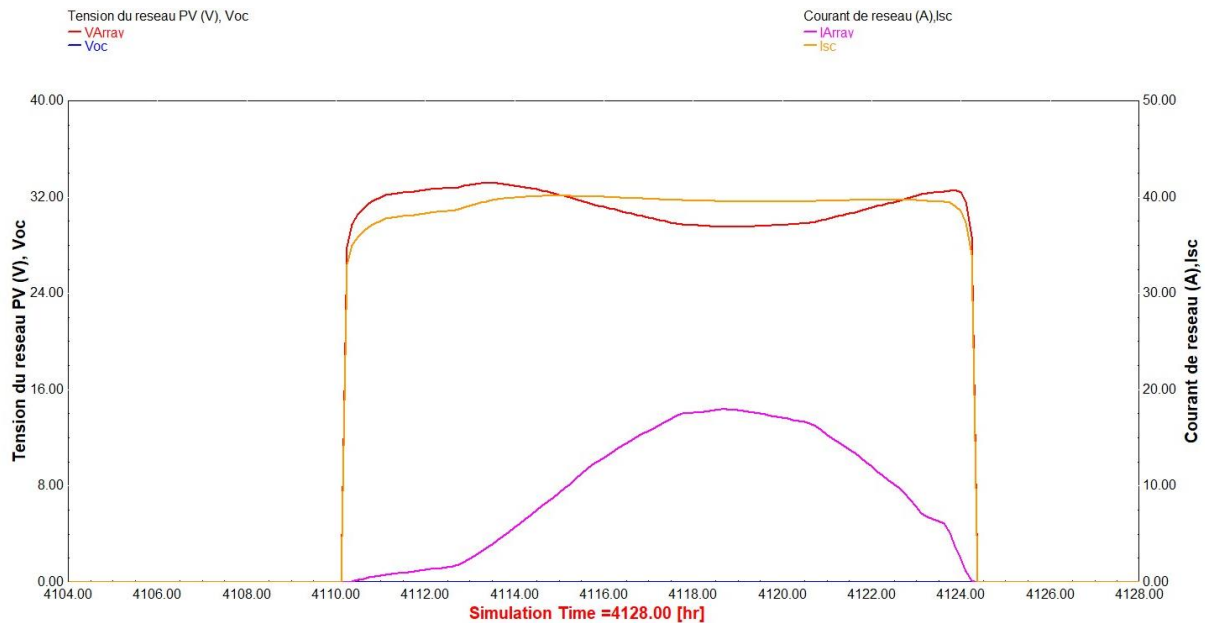


Figure (IV.4) : Variation de tension et le courant électrique durant le jour de 21 juin

IV.3.3 Variation de puissance et l'efficacité de réseaux PV :

On voit qu'avant le coucher de soleil la valeur de puissance de réseau est nulle c'est tout à fait normal car il n'a pas de rayonnement solaire, après le lever de soleil on remarque que la puissance du réseau est presque constante pendant toute la journée (courbe rouge)

L'efficacité de notre réseau (courbe bleu) est constante pendant la nuit (l'alimentation vient de la batterie) avec la lever de soleil elle commence d'augmenter jusqu'à sa valeur maximale 50w à 13.15h, par la suite, elle a commencé à décliner graduellement jusque-là couché de soleil et puis elle revient stable à nouveau (FigureIV.6).

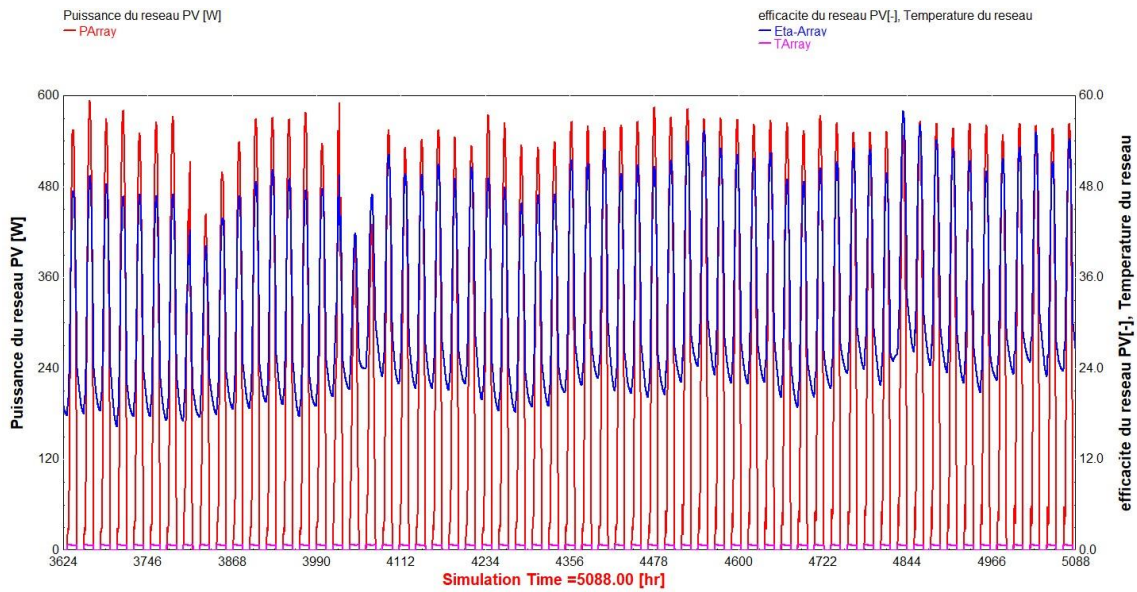


Figure (IV.5) : Variation de puissance de réseau et l’efficacité de réseau au courant les mois de juin et aout

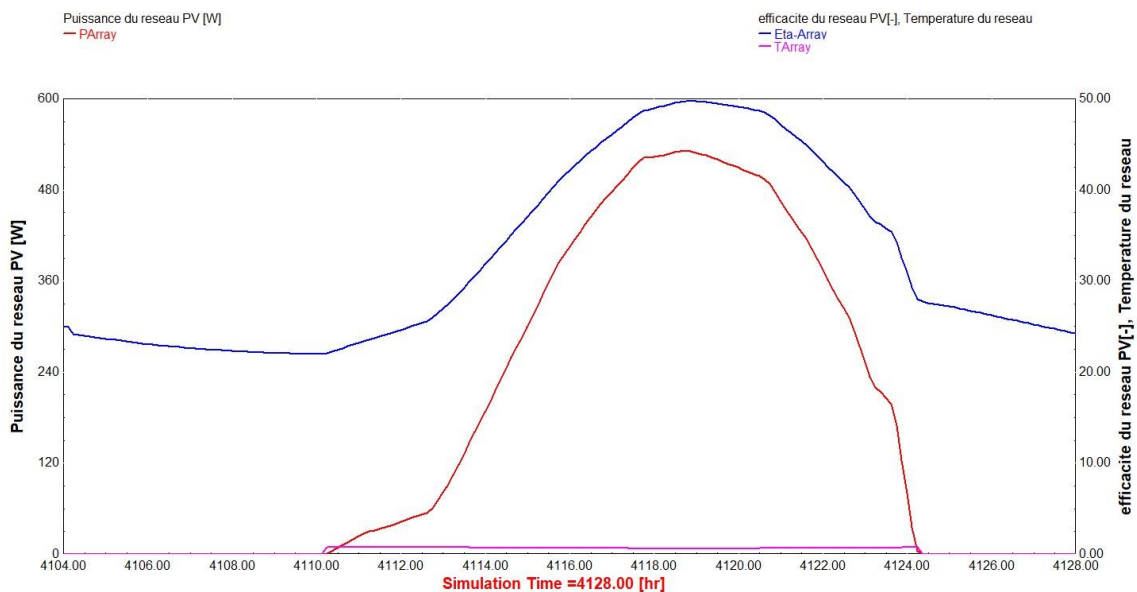


Figure (IV.6) : variation de puissance de réseau et efficacité de réseaux durant le 21 juin

IV.4 Résultats de la simulation de la pompe

La figure IV.7 présente une simulation pour les paramètres des températures et de taux de transfert de chaleur de notre pompe la température de la sortie (courbe rouge) montre que la température est constant a 20 C° ainsi que la puissance de pompe (courbe mauve) stable à 550

kJ/h la (courbe verte) et (orange) c'est pour la chaleur de fluide et la chaleur qui notre pompe transfert à l'environnement on voit que les valeurs de ces deux paramètres sont aussi constant pendant tout la journée , finalement pour le débit, il est stable à $8 \text{ m}^3/\text{h}$.

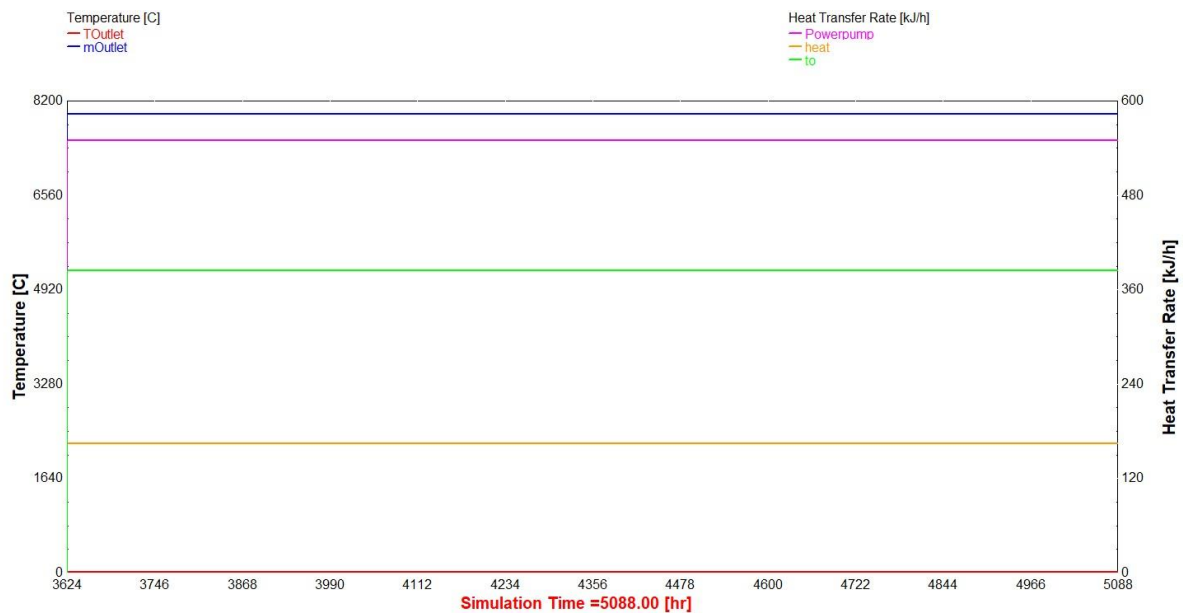


Figure (IV.7) : les variations de différentes températures de la pompe au courant de (1 juin – 1 aout)

IV.5 Résultats de simulation du modèle régulateur/onduleur

On voit que la puissance qui vient de l'onduleur est constant a 550w cette puissance vas alimenter notre pompe (courbe violet), par contre la puissance qui vient du panneau solaire augmente graduellement pendant la journée elle atteint la valeur de 900w, on voit aussi qu'il n'y a aucune puissance perdue dans notre système (courbe orange) (FigureIV.8).

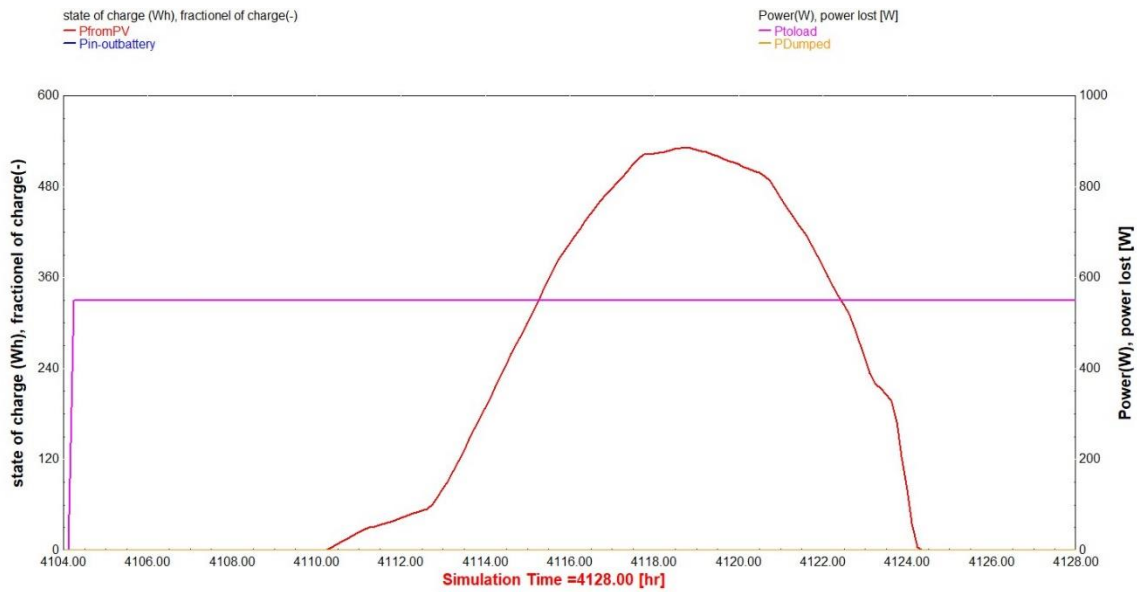


Figure (IV.8) : Les variation de puissance de PV et la puissance de l’onduleur durant le 21 juin.

IV.6 Résultats de simulation du modèle de batterie

On voit que l’état de charge est constant pendant toute période de simulation (1 juin – 1 août) car ces deux mois sont très ensoleillés et nous ne sommes pas obligés d’utiliser nos batteries en conséquence il n’y a pas de puissance perdue, notre système de stockage est beaucoup plus utile en hiver à cause du manque de rayonnement solaire (figure IV.9)

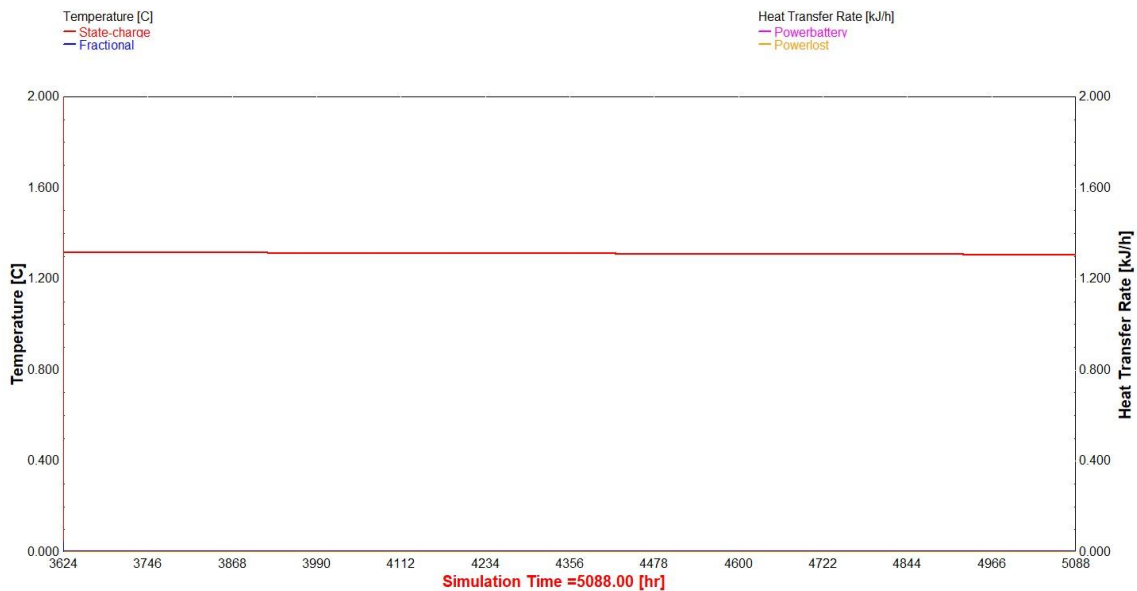


Figure IV.9: La variation de l’état de charge de la batterie durant le 21 juin

CONCLUSUION :

Dans ce chapitre nous avons observé puis interpréter et en fin analyser nos résultats de la simulation, nous avons basé beaucoup plus sur une journée (21 juin) pour que les résultats seront claire. En conclusion, les résultats de la présente simulation montrent clairement que notre système est très valable car les résultats confirment les résultats du dimensionnement.



Conclusion Général



Conclusion générale

Aujourd'hui, l'énergie solaire devient progressivement une source d'énergie à part entière de plus en plus sollicitée pour produire de l'énergie électrique allant de son application dans l'éclairage domestique jusqu'à les grandes centrales connectées au réseau. Dans ce travail, on a présenté l'une des applications intéressantes de l'énergie solaire qui est le pompage d'eau et qui actuellement très utilisée surtout dans les zones éloignées. Le but de cette étude et d'optimiser les performances d'un système solaire de pompage.

Ce projet a porté l'étude technique d'un système de pompage photovoltaïque sur la ville de Beni saf. La demande d'énergie électrique, essentiellement pour les besoins des sites isolés, ne cessent d'augmenter, en particulier, les systèmes de pompage d'eau, L'utilisation de l'énergie solaire pour pomper l'eau se présentent comme une solution idéale pour l'alimentation en eau pour les sites isolé comme notre, on utilise l'énergie conventionnelle. Cette énergie a Just un contraint c'est le transport du matériel D'autre part l'énergie solaire photovoltaïque est une énergie propre, silencieuse, disponible, gratuite et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement.

Avant d'entamer la problématique d'optimisation de notre système, nous avons tous d'abord étudié d'une façon générale l'énergie photovoltaïque, et tous ce qui est relié a cette énergie de des différents organes constituant ce système plus particulièrement les différents système de pompage, nous avons aussi détailler les différents système de photovoltaïque (isolé , raccordé aux réseau ..) , le générateur , les différents type de pompe (pompe centrifuge , pompe volumétrique ..)

Un modèle que nous avons réalisé et développé sous TRNSYS 18 a été bien traité et validé avec des résultats expérimentaux et les performances d'un système de pompage d'eau (PV) ont été simulées. Cette étude nous a permis d'étudier notre système PV, en déterminant ses performances électriques, comme courant et tension du réseau, le débit massique de la pompe et différents valeurs de radiations solaire de pour la région de béni saf, le cas d'étude a été adapté le long de deux mois juin et aout et en se concentrant sur le jour d'été (21/06). Comme TRNSYS n'a pas été conçu pour modéliser les processus de pompage, nous avons créé un nouveau type pour réaliser la simulation complète.

On à conclure que les paramètres externes et internes, influent sur les caractéristiques de fonctionnement de notre pompe notamment la production d'énergie, l'efficacité électrique, et l'efficacité globale du système pompage. L'irradiation solaire reste le paramètre le plus influant sur ces caractéristiques.

Nous avons montré aussi comment nous pourrions optimiser la puissance fournie par le GPV par le biais d'un étage d'adaptation avec fonction de recherche du point de puissance maximale MPPT pour tirer le maximum de puissance électrique disponible au niveau du générateur PV.

De plus, dans ce travail, nous avons présenté le dimensionnement de notre système de pompage et tous les calculs qui sont relié à ce système. Nous avons commencé d'abord par le

calculer des besoins journalières de notre ferme on a en suite calculer les besoin énergétique de nos composants électriques comme les capacités du batteries ainsi que les nombres de batterie et pv en série et en parallèle ,on a utilisé un système de stockage comme ça nous pouvons garder tout le surplus d'énergie que nous ne consommons pas immédiatement pour l'utiliser plus tard.

Finalemment, nos résultats numériques obtenus, montrent l'efficacité énergétique de notre système et de cette forme d'énergie et ces résultats sont très encourageants et démontrent tout l'intérêt de développer l'utilisation de cette forme d'énergie, très largement disponible dans notre pays.



Bibliographique



- [1] site internet **opera-energie. com/energie -solaire/**
- [2] **M. Boulkamh**, « Contribution à l'étude, la simulation et l'analyse des pompes accostées par l'énergie solaire », Mémoire de Magistère, Université Mentourie de Constantine, 2008.
- [3] **Energie Solaire Photovoltaïque** by Anne LABOURET 2003
- [4] **M. Gapterou**, « Atlas Solaire de L'Algérie », Tomel,2, OPU 1983.
- [05] - **B.Equer** « Le Pompage Photovoltaïque Manuel de cours », énergie solaire Photovoltaïque ellipses ,1993.
- [06] **J. Royer, T. Djako**, « Le pompage photovoltaïque », Manuel de cours à l'intention des Ingénieurs et des techniciens, Université d'Ottawa, 2002.
- [07] **Y. Pankow**, « Etude de l'intégration de la production décentralisée dans un réseau basse Tension. Application au générateur photovoltaïque », Thèse de Doctorat de L'Ecole Doctorale De L'ENSAM ED432, 2004.
- [08]- **J. Royer, T. Djiako, E. Schiller, B. Sada Sy** « Le pompage photovoltaïque », Manuel de Cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens Bibliothèque nationale du Canada, 1998.
- [09] **B. Molle**, « Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation », juin 1996.
- [10] **B. Multon, H. B. Ahmed, N. Bernard**, « Les moteurs électriques pour applications de Grande série », Pierre-Emmanuel CAVAREC Antenne de Bretagne de l'École Normale Supérieure de Cachan, Revue 3EI juin 2000.
- [11] **Saber LAAMIRI** Commande des systèmes électriques : machines synchrones et convertisseurs multi-niveaux Thèse présentée et soutenue à Centrale Nantes, le 27 Septembre 2019 Laboratoire de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes
- [12] **Site web** : «[https://fr.weatherspark.com/y/ -moyenne.Beni-Saf-](https://fr.weatherspark.com/y/-moyenne.Beni-Saf-) (consulté en 2022)
- [13] **site web** : «<https://www.solaris-store.com> (consulté en 2022)
- [14] **Cder** : «centre de développement des énergies renouvelable
- [15] **site web** : «https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Principe_et_technologie_photovolta (consulté en 2022)
- [16] **B.Mehdi,B.Ahmed-Anis**, «Simulation Numérique par Trnsys d'une Installation Solaire

Combinée». Mémoire de Master (2020).Université Des Frères Mentouri 1.

[17] **BOULADJOUL AMINA et SAMAH.** «Simulation Numérique Des Performances Energétiques D'un Capteur Hybride Photovoltaïque -Thermique». Mémoire de Master (2019). Université Des Frères Mentouri

[18] **Manuel de TRNSYS 18**, 2010, aTRaNsient SYstem Simulation program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison