



UNIVERSITÉ D'ABOMEY-CALAVI
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

ÉCOLE POLYTECHNIQUE D'ABOMEY CALAVI

INSTITUT NATIONAL SUPÉRIEUR DE TECHNOLOGIE
INDUSTRIELLE DE LOKOSSA

Master en Energies Renouvelables et Systèmes Energetiques

IX^{ème} Promotion

Mémoire de Fin de Formation Pour l'Obtention du Diplôme de Master

Thème

ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A IRRIGATION AU PROFIT DES MARAÏCHERS DE GRAND-POPO

Rédigé et soutenu par :

KPATINKPO Coovi Eric

Le vendredi 12 Janvier 2024

Sous la direction de :

Co-Directeur :

Dr AREDJODOUN Jacques
Enseignant-Chercheur à l'EPAC/UAC-
Abomey-Calavi

Tuteur de stage :

Dr HOUNDEDAKO Sossou
Maître de conférences
Enseignant-Chercheur à l'EPAC/UAC-
Abomey-Calavi

MEMBRES DU JURY

PRESIDENT

Pr. KOUNOHEWA Basile
Professeur Titulaire Enseignant-Chercheur à la FAST / UAC-Abomey-Calavi

MEMBRE

Dr. VODOUNNOU Edmond
Maître-Assistant Enseignant-Chercheur à l'EPAC / UAC-Abomey-Calavi

MEMBRE

Dr. HOUNDEDAKO Sossou
Maître de Conférences Enseignant-Chercheur à l'EPAC/UAC-Abomey-Calavi

MEMBRE

Dr. AREDJODOUN Jacques
Enseignant-Chercheur à l'EPAC/UAC-Abomey-Calavi



TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	v
REMERCIEMENTS	vi
NOMENCLATURE.....	vii
SIGLES ET ACCRONYMES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTES DES FIGURES.....	xi
RESUME.....	1
ABSTRACT	1
INTRODUCTION GENERALE.....	2
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE.....	4
1.1. Introduction.....	5
1.2. Problématique de l'étude	5
1.3. Intérêt de l'étude	7
1.4. Objectifs.....	7
1.4.1. Objectif général	7
1.4.2. Objectifs spécifiques.....	7
1.5. Hypothèses.....	7
1.6. Revue de littérature sur les systèmes de pompages.....	8
1.7. Conclusion	10
CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR L'ETUDE DU SYSTEME PV	11
2.1. Introduction	12
2.2. Le générateur PV.....	12
2.2.1. Principe de fonctionnement.....	12
2.2.2. Les différents types de cellules PV	14
2.3. Constitution d'un générateur PV ou champ solaire PV	14
2.3.1. Les cellules PV	15
2.3.2. Les modules PV.....	15
2.3.3. Le générateur PV	15
2.4. Modèle de cellule	15
2.5. Modélisation du Module (panneau) PV	16

2.5.1. Influence de la température sur l'efficacité des cellules	19
2.5.2. Influence du rayonnement sur les cellules PV	20
2.6. Connexion directe source-charge	21
2.7. Définition de l'étage d'adaptation entre une source et une charge	23
2.8. Principe de la recherche du point de puissance maximale (MPPT).....	24
2.8.1. Introduction	24
2.8.2. Principe du contrôle MPPT	25
2.9. Conclusion	26
CHAPITRE 3 : LE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE.....	27
3.1. Introduction	28
3.2. Méthodes de pompages	28
3.2.1. Pompage au fil du soleil	28
3.2.2. Pompage avec batteries	28
3.3. Notions hydrauliques.....	29
3.3.1. Le débit (Q)	29
3.3.2. La hauteur manométrique totale H_{MT}	29
3.4. Les composants d'un système de pompage PV	30
3.4.1. Le générateur PV	30
3.4.2. Le groupe électropompe	31
3.4.2.1. Les pompes.....	31
3.4.2.1. Les moteurs électriques	32
3.4.3. Le circuit électronique (contrôle et commande)	33
3.4.3.1. Le convertisseur DC/DC (hacheur).....	33
3.4.3.2. Le convertisseur	33
3.4.4. Le stockage.....	33
3.5. Dimensionnement complet du dispositif de pompage	33
3.5.1. Estimations de la demande en eau	33
3.5.2. Détermination de l'énergie hydraulique journalière	34
3.5.3. Calcul de l'énergie PV disponible.....	35
3.6. Taille du générateur PV.....	35
3.6.1. Méthode analytique	35

3.6.2. Méthode graphique.....	36
3.7. Dimensionnement du système de pompage	37
3.8. Dimensionnement de la pompe à irrigation	37
3.9. Conclusion.....	38
CHAPITRE 4 : APPLICATION DE L'ALIMENTATION DES POMPES SUR LE SITE DE YODO KONDJI	39
4.1. Introduction	40
4.2. Présentation de la localité d'étude.....	40
4.2.1. Situation géographique.....	40
4.2.2. Cadre physique et naturel.....	40
4.2.3. Situation socio-économique	41
4.3. Dispositif de pompage PV.....	41
4.3.1. Estimation des besoins	41
4.3.2. Rayonnement ou irradiation solaire	42
4.3.3. Hauteur manométrique total.....	42
4.4. Dimensionnement du dispositif de pompage	42
4.4.1. Choix des pompes	42
4.4.2. La capacité du réservoir	44
4.4.3. Le convertisseur de la pompe.....	44
4.4.4. Le générateur PV	45
4.4.4.1. Nombres de modules (N_M).....	45
4.4.4.2. Nombre de modules en série	45
4.4.4.3. Nombre de modules en parallèle.....	45
4.5. Conclusion.....	47
CHAPITRE 5 : ETUDES ECONOMIQUES COMPARATIVES PV / GMP ET ENVIRONNEMENTALE	48
5.1. Introduction	49
5.2. Etude comparative de l'économie PV-GMP.....	49
5.2.1. Systèmes PV	49
5.2.1.1. Analyse de l'économie des systèmes PV	49
5.2.1.2. Méthode du calcul	50

5.2.1.3. Investissement initial global.....	50
5.2.1.4. Coûts sur la durée de vie	50
5.2.1.5. Détermination de l'amortissement total	52
5.2.1.6. Détermination du coût d'entretien & maintenance	52
5.2.2. Dispositifs du système GMP	54
5.2.2.1. Détermination de l'investissement initial.....	55
5.2.2.2. Détermination de l'amortissement	55
5.2.2.3. Détermination des coûts annuel de l'entretien & maintenance	56
5.2.2.4. Détermination du coût total d'exploitation	57
5.3. Résultats de l'étude comparative.....	58
5.4. Etude environnementale et social du système solaire PV.....	60
5.4.1. Introduction	60
5.4.2. Etude d'impact environnemental et social du système solaire PV	60
5.4.2.1. Impacts positifs	60
5.4.2.2. Impacts négatifs.....	62
5.4.3. Mesures de compensation des impacts négatifs.....	63
5.5. Conclusion.....	64
Conclusion générale	65
Références bibliographiques	66
Références sitographiques	69
ANNEXES	70

DEDICACE

Je dédie ce travail :

- A DIEU, le Père Tout-Puissant.
- A mes parents KPATINKPO Sindoté Célestin et AHLONSOU Rébecca.
- A mon épouse KOGAN Wangninna Reine et mes enfants.

REMERCIEMENTS

Nous adressons toutes nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire d'une manière ou d'une autre.

Nous pensons, entre autres, à :

- ✓ Pr Clarence SEMASSOU & Pr Basile KOUNOUHEWA, Enseignants-Chercheurs respectivement, Coordonnateur et Responsable de la formation ERSE, pour nous avoir acceptés dans ce programme de formation ;
- ✓ Dr (MC) Sossou HOUNDEDAKO et Dr Jacques AREDJODOUN, Enseignants-Chercheurs à l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), nos maîtres de mémoire qui, malgré les multiples sollicitations dont ils sont quotidiennement l'objet, ont accepté de nous suivre dans le cadre de ce mémoire ;
- ✓ tout le personnel enseignant du Master ERSE, pour leur disponibilité à nous servir dans le partage de leurs connaissances et expériences pendant notre formation ;
- ✓ tout le personnel du programme Master et particulièrement à Madame Espérance HOUEDANOU, Secrétaire du programme, pour l'ambiance de cordialité qu'ils ont su entretenir autour de nous pour rendre agréable notre séjour au sein de l'Ecole ;
- ✓ Monsieur ASSAN Todéman Flinso, Ex-Directeur Général des Ressources Energétiques, Monsieur TCHOUTCHA Mamidou, Directeur en charge des Etudes et de la Planification notre Maître de stage, Monsieur Serge Mahounan Kévin AKPO, Chef Service Energies Renouvelables et Biomasse Energie et tous les cadres de la Direction Générale des Ressources Energétiques pour leur soutien ;
- ✓ tous les collègues de la 9^{ème} promotion de Master ERSE, pour la solidarité agissante tout le long de notre formation ;
- ✓ tous mes frères, sœurs, cousins, cousines, neveux et nièces et en particulier au Père Nounagnon Gilbert KPATINKPO, Sonagnon Abel TOTCHOU et Mahoukpégo TOTCHOU pour votre amour inconditionnel durant ma formation ;
- ✓ Messieurs le Président et les honorables membres du jury qui se sont donnés la peine d'apprécier le travail par des critiques dans le but de contribuer à son amélioration

NOMENCLATURE

Symboles	Définition	Unité
I_{sc}	: Courant de court-circuit	A
V_{oc}	: Tension en circuit ouvert	V
P	: Puissance	W
I_{ccr}	: Courant de court-circuit de référence	A
I_p	: Courant dérivé par la résistance parallèle	A
I_d	: Courant traversant la diode	A
V_T	: Tension thermique	A
e	: Charge d'électron	C
K	: Constante de Boltzmann	J/K
n	: Facture de non idéalité de la jonction	[-]
T	: Température effective de la cellule	K
R_s	: Résistance série	Ω
R_p	: Résistance parallèle	Ω
P_{max}	: Puissance maximale	W
V_{mp}	: Tension à Puissance maximale	V
I_{mp}	: Courant à Puissance maximale	A
V_e	: Tension d'entrée du convertisseur	V
V_s	: Tension de sortie du convertisseur	V
R_e	: Impédance vue par le générateur	Ω
H_{MT}	: Hauteur manométrique totale	m
P_c	: Puissance de sortie du générateur	W
D	: Distance des conduites	m
N_{st}	: Niveau statique d'un puit ou d'un forage	m
N_{dy}	: Niveau dynamique d'un puit ou d'un forage	m
η_{ond}	: Rendement d'onduleur	%
η_g	: Rendement du générateur à la température de référence	%
η_{PV}	: Rendement moyen journalier du générateur dans les conditions d'exploitation	%
Q	: Volume d'eau journalier	m ³ /j
F_m	: Facteur de couplage	[-]
γ	: Coefficient de température des cellules	%
C_{Tran}	: Coût de transport par km	FCFA
t_p	: Temps nécessaire du pompage par jour	S

C_{divl}	:	Coût de prise en charge	FCFA
C_e	:	Coût de l'essence	FCFA
C_l	:	Coût des Vidanges	FCFA
V_T	:	Tension thermique	V
D	:	Rapport cyclique du convertisseur	[-]
C_h	:	Constante hydraulique [kg.s.h/m ³]	[kg.s.h/m ³]
E_h	:	Énergie hydraulique	[kWh/j]
ρ	:	Densité de l'eau	[kg/m ³]
T	:	Température moyenne journalière des cellules durant les heures d'ensoleillement	°C
T_r	:	Température de référence	°C
G	:	Eclairement dans les conditions Standards de Mesure	

SIGLES ET ACCRONYMES

AC	:	Courant Alternatif
AUP	:	Agriculture Urbaine et Périurbaine
CSM	:	Conditions Standards de Mesure
DC	:	Courant Continu
FAO	:	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
GPV	:	Générateur photovoltaïque
kWh	:	Kilowattheure
GMP	:	Groupe motopompe
MPPT	:	Maximum Power Point Tracking
OMS	:	Organisation mondiale de la Santé
ONGs	:	Organisations non gouvernementales
PADAP	:	Programme d'Appui au Développement Agricole périurbain
PPM	:	Point de Puissance Maximale
PV	:	Photovoltaïque
PWM	:	Pulse Width Modulator
SER	:	Sources d'Energies Renouvelables
SPEPV	:	Systèmes de pompage d'eau photovoltaïques
USA	:	United States of America
ERSE	:	Master Energies Renouvelables et Systèmes Energétiques
W	:	Watt

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du module PV	17
Tableau 2 : Tableau estimatif des besoins [2].	34
Tableau 3 : Valeurs d'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale [29]..	42
Tableau 4 : Caractéristiques de quelques gammes de pompes de type PANELLI [28].....	43
Tableau 5 : Caractéristiques de l'onduleur.....	44
Tableau 6 : Temps de vie des composants des systèmes [2].....	51

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Vu d'une cellule PV [23]	12
Figure 2 : Caractéristique courant-tension d'une cellule PV	13
Figure 3 : La constitution d'un générateur PV [23]	14
Figure 4 : Schéma équivalent de cellule PV	15
Figure 5 : Influences de la chaleur sur la caractéristique I-V.....	20
Figure 6 : Influences de la chaleur sur la caractéristique P-V	20
Figure 7 : Influence de l'éclairement sur la caractéristique Courant-Tension	21
Figure 8 : Effet de l'éclairement sur la caractéristique Tension-Puissance	21
Figure 9 : Connexion directe d'un GPV-charge [2]	22
Figure 10 : Points de fonctionnement d'un GPV selon la charge [2]	23
Figure 11 : Adaptation d'un générateur PV en charge [2]	23
Figure 12 : La caractéristique courant tension avec PPM [2]	24
Figure 13 : La caractéristique Tension Puissance avec PPM [2]	24
Figure 14 : Chaîne de conversion PV contrôlée par une MPPT. [2].....	26
Figure 15 : hauteur manométrique total [23]	29
Figure 16 : Synoptique d'un système PV d'aspiration et de refoulement d'eau [23]	30
Figure 17 : Groupement série/parallèle d'un module PV [2].....	31
Figure 18 : Schéma d'une pompe centrifuge [2]	31
Figure 19 : Schéma d'une pompe volumétrique à piston	31
Figure 20 : Système d'aspiration d'eau par électropompe à CC [24]	32
Figure 21 : Système d'aspiration d'eau par électropompe à AC [24]	32
Figure 22 : Courbe typique des performances d'une pompe en conditions d'utilisation.....	36
Figure 23 : Caractéristiques d'une pompe de type 95PR12N/9	44
Figure 24 : Schéma du calcul de la puissance du générateur	46
Figure 25 : Les sources énergétiques utilisées pour le pompage d'eau	49
Figure 26 : Détermination de l'amortissement du système PV	52
Figure 27 : Coût de l'entretien total de système PV	53
Figure 28 : Répartition des coûts entre les différents éléments PV	54
Figure 29 : Détermination de l'amortissement GMP.....	56

Figure 30 : Coût de l'entretien GMP	56
Figure 31 : Coût d'exploitation GMP	57
Figure 32 : Calcul du coût de m ³ d'eau pompé par les deux systèmes photovoltaïques / électrogène	58
Figure 33 : Détermination des Coûts d'investissement initial des systèmes PV/GMP	59
Figure 34 : Coûts d'amortissement annuel total des deux systèmes PV/GMP	60

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude du dimensionnement PV pour l'alimentation des pompes à irrigation au profit des maraîchers de Grand-Popo. Il s'inscrit dans l'optique de contribuer à l'amélioration des conditions pénibles de travail des maraîchers de Grand Popo. L'analyse économique nous a permis d'évaluer les coûts inhérents de l'installation du groupe motopompe par l'énergie solaire PV. Le coût d'investissement dans le cadre de la réalisation du système solaire PV est de 5 905 000 FCFA pour un besoin de 60 m³/jour. Le coût évalué du système solaire PV est de 27 FCFA/m³. La population de cette localité dépense 91 FCFA pour pomper cette même quantité d'eau avec le groupe motopompe. De cette étude, nous retenons que le système de pompage d'eau par l'énergie solaire PV présente la solution énergétique la meilleure, la plus économique à adopter en termes d'irrigation. L'étude des impacts environnementaux et sociaux du système solaire PV, nous montre que la mise en œuvre dudit projet ne présente pas des impacts négatifs majeurs à l'atteinte de l'environnement.

ABSTRACT

This work concerns the study of PV sizing for powering irrigation pumps for the benefit of market gardeners in Grand-Popo. It is part of the aim of contributing to improving the difficult working conditions of market gardeners in Grand Popo. The economic analysis allowed us to evaluate the inherent costs of installing the pump set using solar PV energy. The investment cost for the construction of the solar PV system is 5,905,000 FCFA for a requirement of 60 m³/day. The estimated cost of the solar PV system is 27 FCFA/m³. The population of this locality spends 91 FCFA to pump this same quantity of water with the motor pump unit. From this study, we conclude that the water pumping system using PV solar energy presents the best and most economical energy solution to adopt in terms of irrigation. The study of the environmental and social impacts of the solar PV system shows us that the implementation of the said project does not present major negative impacts on the environment.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau devient un facteur limitant de la vie sur notre planète. L'augmentation de la population et le développement de diverses activités consomment des quantités d'eau importantes. Ces quantités ne peuvent provenir, en général que d'un prélèvement sur les volumes excessifs utilisés jusqu'ici par l'irrigation du fait de l'utilisation des techniques traditionnelles génératrices de pertes d'eau, tant au cours du transport que pendant la distribution à la parcelle [1].

L'application des énergies renouvelables dans le pompage et l'irrigation constitue un facteur de réduction des émissions GES. Elle permet de limiter les coûts liés à l'achat du kérosène en vue d'améliorer les revenus des agriculteurs à petite et à grande échelle [2].

Pour économiser les ressources en eau et augmenter les superficies de cultures irriguées, il est nécessaire de mettre en place des méthodes d'irrigation efficaces permettant d'apporter des sources de revenus supplémentaires. De nombreux obstacles empêchent les agriculteurs du Sud à utiliser efficacement l'irrigation, plus particulièrement l'accès à des sources d'énergie fiables, le manque d'informations sur les technologies appropriées et la difficulté d'accès à des solutions de financement [2].

La mise en application des énergies vertes en occurrence l'énergie solaire pour l'irrigation permet d'accroître la production et de créer un accès à l'électricité tout en économisant des ressources financières [2]. Ce qui motive le choix de notre thème « **Etude et dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'alimentation des pompes à irrigation au profit des maraichers de Grand-Popo** » dont l'objectif est d'étudier et de dimensionner un système d'irrigation destiné à être exploité pour irriguer dix (10) hectares des maraîchages de Grand-Popo.

Dans ce contexte, nous avons structuré notre travail en cinq (05) chapitres présentés comme suit.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté le cadre théorique du projet. Le second nous a permis de faire une étude du système photovoltaïque. Le troisième chapitre porte sur l'étude du système de pompage PV.

Dans le quatrième chapitre nous abordons le dimensionnement proprement dit du système. Ensuite, nous présentons dans le cinquième chapitre les études Economique Comparative PV / GMP et Environnementale du projet.

CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE

1.1. Introduction

L'utilisation de l'énergie solaire PV pour l'irrigation et ces applications dans les zones reculées a reçu une attention considérable à cause du fait qu'il n'est pas économiquement viable et parfois difficile de relier les zones reculées au réseau électrique national. Aussi, faire fonctionner un dispositif de pompage d'eau avec énergie solaire PV est un choix approprié, parce qu'il existe une relation entre la demande en eau et la disponibilité de l'énergie solaire.

Aussi, la recherche s'est orientée vers la mise en place d'un système PV efficace, techniquement simple et rentable pour l'alimentation des pompes à irrigation.

Afin de mieux cerner les raisons et les résultats attendus de cette étude, nous procédons à la revue de la littérature des systèmes de pompage d'eau tout en faisant ressortir les problèmes fondamentaux et la question de la recherche, qui suscite à la fois un intérêt aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan pratique. Ensuite nous présentons l'intérêt et les objectifs de l'étude et enfin, nous explorons les travaux de recherche desdits systèmes. Ceci nous permet de faire une conclusion sur les champs de réflexion relatifs à l'installation de ces types de systèmes.

1.2. Problématique de l'étude

La production maraîchère constitue une composante importante de l'agriculture urbaine et périurbaine (AUP) dans les villes du Sud Bénin [5]. Elle contribue à la sécurité alimentaire des villes [5]. La production des villes de Cotonou, Porto Novo, Sèmè-Kpodji et Grand Popo représente en moyenne pour certains légumes (chou, gboma, laitue, tomate, poivron, carotte et concombre) 64% de la consommation annuelle de ces villes [5].

La production de la tomate de M. Kodjo ZOHOUNGBOGBO, Producteur de tomate à Grand-Popo, a été évaluée à 321,644 tonnes sur une superficie d'environ 40,430 hectares [3].

Au plan social et économique, la culture maraîchère est une activité économique génératrice de revenu répondant à la demande alimentaire en milieu urbain et périurbain [4]. Elle présente des risques liés aux pratiques inefficaces des engrais et d'autres produits chimiques [5].

En termes d'innovation dans le système d'irrigation, nous avons les techniques modernes qui permettent de rendre efficace le système d'irrigation.

A Grand-Popo, un nombre important de maraîchers utilise des systèmes motopompes pour aspirer l'eau afin d'irriguer leur champ.

En effet, ces groupes motopompes qui consomment des combustibles fossiles en occurrence l'essence sont installées dans les champs. La consommation de ces combustibles fossiles, dégagent dans l'atmosphère les gaz à effet serre (GES) qui sont responsable de la destruction de la couche d'ozone.

Ainsi, cette méthode d'irrigation des champs est onéreuse en termes de dépenses de consommation d'énergie pour les maraîchers de cette localité et nécessite également plus de temps pour la réalisation des travaux journalièrement planifiés.

Vu l'importance de ce projet pour la satisfaction des besoins des populations béninoises, il est important que d'autres moyens d'approvisionnement en électricité soient proposés à ces maraîchers pour augmenter leur production et réduire leur dépense énergétique.

Eu égard à tout ce qui précède, il ressort qu'une telle alternative nécessite une étude préalable. La réflexion sur le sujet nous oriente au choix du thème intitulé « **Etude et dimensionnement d'un système photovoltaïque pour**

l'alimentation des pompes à irrigation au profit des maraichers de Grand-Popo ».

1.3. Intérêt de l'étude

Dans nos enquêtes nous avons remarqué que presque tous les maraichers de la localité d'étude utilisent des groupes motopompes pour l'irrigation de leur champ ce qui rend les travaux pénibles et nécessite plus de moyens pour l'atteinte de leur objectif. Donc ce travail vise à réduire :

- la pénibilité de ces maraichers dans la localité ;
- les émissions de gaz à effet de serre dus à l'utilisation de ces types de générateurs responsables des émissions GES ;
- les dépenses liées à l'exploitation de ces champs tout en augmentant les revenus annuels de ces groupes de maraîchage.

1.4. Objectifs

1.4.1. Objectif général

L'objectif général de ce travail est de faire l'étude et le dimensionnement d'un système PV pour l'alimentation des pompes à irrigation au profit des maraichers de Grand-Popo.

1.4.2. Objectifs spécifiques

Il s'agira spécifiquement de :

- dimensionner un système solaire PV pour alimenter les pompes à irrigation au profit des maraichers de Grand-Popo ;
- faire une comparaison de l'économie de chaque système assortie des études financières ;
- faire une étude environnementale et sociale du système solaire PV.

1.5. Hypothèses

Les hypothèses qui fondent la présente étude sont :

H1. Le système solaire PV constitue une solution technologique adaptée pour alimenter les pompes à irrigation au profit des maraichers de Grand-Popo.

H2. Le système solaire PV est viable techniquement, économiquement et sur le plan environnemental pour l'exploitation des cultures maraîchères.

Pour mieux circonscrire le sujet de recherche et disposer d'une base de données en vue d'une analyse pertinente des résultats, une recherche documentaire est faite.

1.6. Revue de littérature sur les systèmes de pompages

L'histoire des efforts déployés pour convertir les rayons solaires en électricité et en énergie mécanique pour pomper l'eau remonte à l'époque 15^{ième}-19^{ième} siècle.

Pytlinski [Pytilinski 1978] a examiné les travaux de certains chercheurs qui ont utilisé pour la première fois en 1964, les rayons solaires pour le pompage de l'eau en Union Soviétique. Bien que les caractéristiques hydrauliques (débit et la hauteur) de cette pompe PV fussent petits, ces études sont considérées comme des repères dans le développement futur de l'énergie solaire exploitée dans le domaine du pompage.

Le premier système PV à grand échelle pour aspiration d'eau a été mis au point sur une base expérimentale en 1977 à Mead, Nebraska. La capacité de pompage de l'eau de ce système était de 3,8 m³/min et pourrait fonctionner pendant 12 heures par jour.

Dans un travail similaire, Bahadori [Bahadori 1978] a examiné les différentes méthodes de production de l'énergie mécanique nécessaire pour alimenter les pompes hydrauliques. Il a classé ces méthodes dans deux grandes catégories : systèmes thermodynamiques et systèmes de conversion directe. Les procédés de conversion directe convertissent directement l'énergie rayonnante en énergie électrique qui alimente un moteur à courant continu/courant alternatif relié à une pompe. L'auteur a indiqué que les procédés utilisant la conversion

thermodynamique étaient moins efficaces et nécessitent un entretien fréquent, mais ils étaient moins chers que les méthodes de conversion directe.

Ward et Dunford [Ward 1984], ont étudié la faisabilité et les performances technologique et économique des pompes PV dans les conditions météorologiques du Zimbabwe. Ils ont rapporté que pour les puits, les pompes à cavité progressive (les pompes volumétriques) ont été les plus efficaces et les plus économiques. Dans un travail similaire rapporté par Mankbadi et Ayad [Mankbadi 1988], des recherches ont été effectuées sur la viabilité technologique des différents types de système dans les conditions météorologiques de l'Égypte selon leurs principes de fonctionnement, les auteurs classifient ces systèmes PV comme pompage de l'eau solaire PV, solaire thermiques et d'autres méthodes solaires.

Chowdhury et al [Eker 2005] ont étudié les conceptions détaillées des systèmes SPEPV. Dans leur étude, ils ont conçu cinq étapes différentes de diverses capacités, pour cinq endroits différents au Wyoming USA. L'étude détaillée de performance et de fiabilité a été effectuée durant 2 ans. Ils ont indiqué que la puissance PV était une alternative rentable pour aspirer et refouler l'eau à distance. Ils ont également conclu que la fiabilité des systèmes PV en termes de fonctionnement était très bonne.

Les études mentionnées ci-dessus ne sont pas élaboratrices mais seulement indicatives. On peut conclure que, dans les décennies 70-80, les études des recherches ont été principalement axées sur le principe de conversion thermodynamique d'utilisation de l'énergie solaire pour le pompage. Au cours de cette période, dans la catégorie de conversion directe, très peu d'études ont été rapportées sur la technologie PV comme source d'énergie pour le pompage d'eau.

1.7. Conclusion

Ce chapitre a pour finalité d'asseoir le cadre théorique de l'étude qui consiste à définir la problématique, l'intérêt, les objectifs, les différentes hypothèses de l'étude ainsi que de présenter les différents travaux des acteurs dans le domaine. Ce chapitre a donc permis de comprendre les raisons qui ont milité au choix de notre thème de mémoire.

Dans la suite, il serait question de réaliser l'étude et de dimensionner les paramètres du système pour permettre l'alimentation des pompes à irrigation au profit des maraichers de notre localité d'étude.

CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR L'ETUDE DU SYSTEME PV

2.1. Introduction

L'énergie solaire PV est une énergie électrique provenant de la conversion des rayons solaires.

La mise en association des cellules PV (série et/ou parallèle) forme un générateur PV (GPV) ayant une caractéristique statique courant-tension $I = f(V)$ non linéaire et un Point de Puissance Maximale (PPM). Cette caractéristique dépend de l'état de l'environnement, du degré de la température et de l'ancienneté de l'ensemble. Le point de fonctionnement du générateur PV peut donc varier entre les points extrêmes correspondant au courant de court-circuit (I_{sc}) et la tension en circuit ouvert (V_{oc}).

La recherche du point de fonctionnement du générateur PV dépend de la charge à laquelle il est connecté. Ce point est plus ou moins éloigné du PPM qui est caractérisé par le courant et la tension optimaux. Cette partie nous aide à faire un rappel sur le principe de l'effet photovoltaïque et de détailler les principales caractéristiques de la source PV. Enfin, nous étudierons le fonctionnement optimal du générateur PV et plus particulièrement la recherche du point maximale de puissance (MPPT) [6].

2.2. Le générateur PV

2.2.1. Principe de fonctionnement

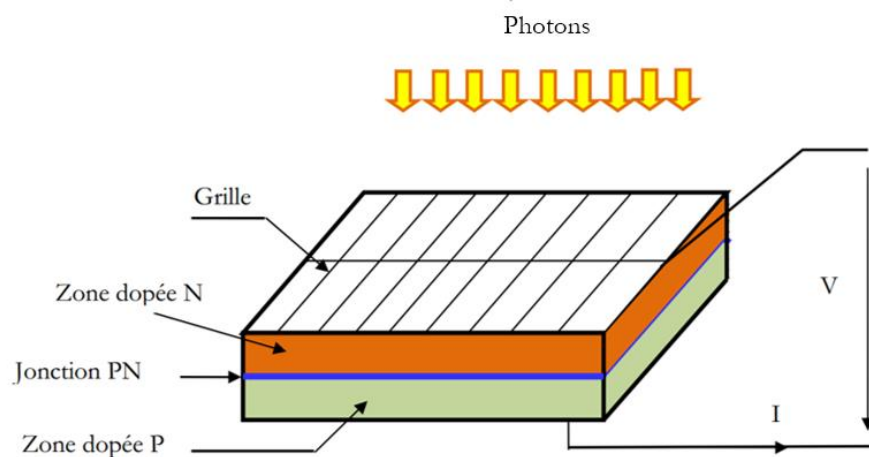


Figure 1 : Vue d'une cellule PV [23]

La tension produite par une cellule PV varie entre 0,3 V et 0,7 V selon le matériau utilisé, de sa disposition et les caractéristiques y afférentes [6].

La figure 1 montre clairement la constitution détaillée d'une cellule PV. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie égale ou supérieure à la largeur de la bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de la bande de valence dans la bande de conduction et laisse aussi un trou capable de se mouvoir, engendrant ainsi une paire électron-trou. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, les électrons de la zone N rejoignent les trous de la zone P via la connexion extérieure, donnant naissance à une différence de potentiel : le courant électrique circule.

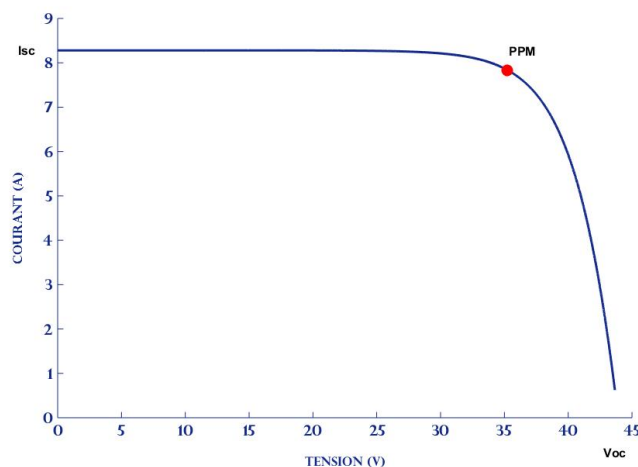


Figure 2 : Caractéristique courant-tension d'une cellule PV

Comme nous le voyons sur la figure 2, la cellule solaire PV est caractérisée par la courbe $I = f(V)$ non linéaire qui dépend particulièrement des caractéristiques de la cellule. Il y a trois points importants sur cette courbe :

- le point de fonctionnement optimal PPM (la puissance maximale de la cellule).
- le point du courant maximal (I_{sc}). Il se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées. Il est appelé courant de court-circuit (I_{sc}) et dépend fortement du niveau d'éclairement.

- le point de la tension maximale de la cellule (V_{oc}) (environ 0,6 V) pour un courant nul. Cette tension est nommée tension de circuit ouvert (V_{oc}).

2.2.2. Les différents types de cellules PV

Il existe principalement trois (03) types de cellules PV. Chaque type est caractérisé par un coût et un rendement. Cependant, elles présentent un très faible rendement variant entre 8% et 23% de l'énergie reçu par les cellules. Il s'agit de :

- **cellules monocristallines** (12 à 18% et à 24,7 % en laboratoire). Mais, leur coût est très élevé ce qui est due à la complexité de leur fabrication.
- **cellules poly cristallines** avec une conception très facile et moindre coût de fabrication. Par contre, leur rendement est petit (11% à 15% et peut aller jusqu'à 19,8% en laboratoire).
- **cellules amorphes** ayant un rendement faible (5% à 8% et peut aller jusqu'à 13% en laboratoire). Elles ont une très faible épaisseur de silicium et un moindre coût et sont couramment utilisées dans de petits produits de consommation (calculatrices solaires ou encore des montres). Son avantage est le fonctionnement avec un faible éclaircissement.

2.3. Constitution d'un générateur PV ou champ solaire PV

Un générateur PV est un ensemble de plusieurs modules composés des cellules PV.

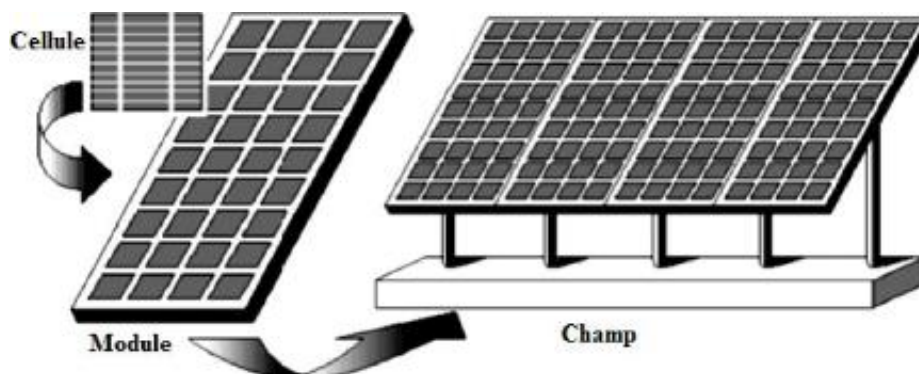


Figure 3 : La constitution d'un générateur PV [23]

2.3.1. Les cellules PV

Une cellule PV est une diode élémentaire dimensionnée pour une valeur de la tension de l'ordre de 0,5 V (Figure 3).

2.3.2. Les modules PV

La puissance électrique produite par les cellules PV est de l'ordre de 1 à 3 W avec une tension inférieure à un (01) volt. Pour augmenter la puissance produite, les cellules sont montées soit en série et/ou en parallèle pour former un module PV (Figure 3).

2.3.3. Le générateur PV

Le GPV est un groupement (série ou en parallèle) de plusieurs modules PV, permettant l'obtention d'une puissance élevée. Ce dernier est composé de plusieurs modules et d'un ensemble de composants adaptant l'électricité produite par les modules PV aux spécifications techniques des récepteurs.

2.4. Modèle de cellule

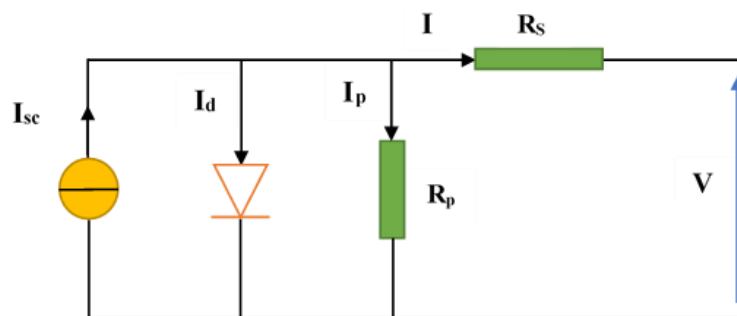


Figure 4 : Schéma équivalent de cellule PV

Une cellule PV peut se modéliser à partir de l'équation définissant le comportement statique de la jonction PN d'une diode classique. Ainsi, la figure 4 illustre le schéma électrique équivalent d'une cellule PV réelle. Dans cette équation, on prend en compte le courant de court-circuit et les différentes résistances modélisant les pertes dues à la connectique. En statique, le

comportement d'une cellule PV constituée d'une jonction PN à base de silicium peut être décrit par l'équation suivante [2].

$$I = I_{sc} - I_d - I_p \quad (2.1)$$

Avec

I : Le courant fourni par la cellule

$I_{sc} = I_{ccr} \left(\frac{G}{1000} \right)$ Où I_{ccr} courant de court-circuit de référence.

$I_p = \frac{(V+I.R_s)}{R_p}$ Le courant dérivé par la résistance parallèle.

$I_d = I_0 \left[\exp \left(\frac{V+I.R_s}{nV_T} \right) - 1 \right]$ Le courant traversant la diode.

I_0 : Le courant de saturation inverse d'une diode.

$V_T = \frac{KT}{e}$: La tension thermique. Où

e : charge d'électron ($1,602 \times 10^{-19} C$) ;

K : constante de Boltzmann ($1,381 \times 10^{-23} J/K$) ;

n : Facture de non idéalité de la jonction comprise entre 1 et 5 dans la pratique.

T : La température effective de la cellule en kelvin.

En utilisant les équations ci-dessus, on peut en déduire l'expression du courant délivré par la cellule photovoltaïque

$$I = I_{sc} - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + I.R_s}{nV_T} \right) - 1 \right] - \frac{V + I.R_s}{R_p} \quad (2.2)$$

2.5. Modélisation du Module (panneau) PV

Pour réaliser cette modélisation, nous avons utilisé le logiciel MATLAB comme outil de tests et de simulation. Nous avons choisi le modèle PV BP SX 300 de chez BP Solaire.

Notre module est composé de 72 cellules solaires multi cristallines en silicone connectées en série pour produire une puissance maximale de 300 W.

Le tableau ci-après présente les caractéristiques électriques de ce dernier.

Tableau 1 : Caractéristiques du module PV

Puissance maximale (P_{max})	300W
Tension à P_{max} (V_{mp})	36.25V
Courant à P_{max} (I_s)	8.28
Courant à P_{max} (I_{mp})	4.35A
Courant de court-circuit (I_{sc})	8.82A
Tension à circuit ouvert (V_{oc})	43.87V
Coefficient de température de (I_{sc})	+ 0.05%/°C
Coefficient de température de V_{oc}	-0.29%/°C
Coefficient de température de la puissance	-0.39%/°C
NOCT	45 ± 2°C

Plusieurs modèles permettent la simulation d'une cellule PV. Nous choisirons dans le cas de notre étude un modèle simple qui nécessite les paramètres de données du fabricant [2] :

$$I = I_{sc} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_p}$$

Où I_d , le courant de diode, est donné par l'équation :

$$I_d = I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right] \quad (2.4)$$

Le courant de saturation inverse d'une diode est donné par :

$$I_0 = \frac{I_{sc}}{\left[\exp\left(\frac{V_{oc}}{nV_T}\right) - 1 \right]} \quad (2.5)$$

Si l'on suppose que la résistance parallèle est infinie ($R_p = \infty$) l'équation (2.3) devienne :

$$I = I_{sc} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right] \quad (2.6)$$

Avec :

I : Le courant fourni par la cellule.

V : La tension à la borne de cellule.

(2.7)

$$I = I_{sc} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right]$$

Calcul de la résistance série dans le point V_{oc}

$$dI = 0 - I_0 \left(\frac{dV + R_s \cdot dI}{nV_T} \right) \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) \right] \quad (2.8)$$

La résistance série influe largement sur la pente de la courbe des caractéristiques I-V au voisinage de V_{oc} . Elle est calculée entre autres, par :

$$R_s = -\frac{dV}{dI} - \frac{nV_T}{I_0 \exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right)} \quad (2.9)$$

$$R_s = \frac{-\frac{dV}{dI}}{V_{oc}} - \frac{nV_T}{I_0 \exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right)} \quad (2.10)$$

Enfin, pour résoudre l'équation de caractéristique non linéaire, on utilise la méthode de Newton décrite par :

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (2.11)$$

$f'(x_n)$: Le dérivé de la fonction $f(x_n)$.

x_n : La présente itération.

x_{n+1} : L'itération suivante.

Ainsi, on récrit l'équation (2.6) sous la forme suivante :

$$f(I) = I_{sc} - I - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right] = 0 \quad (2.12)$$

En remplaçant dans l'équation (2.11) on calcule le courant (I) par les itérations [11] :

$$I_{n+1} = I_n - \frac{I_{sc} - I_n - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right) - 1 \right]}{-1 - I_0 \left(\frac{R_s}{nV_T} \right) \cdot \exp\left(\frac{V + I \cdot R_s}{nV_T}\right)} \quad (2.13)$$

Les équations précédentes sont valables pour le fonctionnement optimal.

Pour généraliser notre calcul nous utiliserons le modèle qui nous permet de déplacer la courbe référentielle à un autre emplacement.

$$I_{sc}(T) = I_{scr}(T_{ref})[1 + a(T - T_{ref})]$$

$$I_{sc} = I_{scr} \left(\frac{G}{1000} \right) \quad (2.14)$$

Où I_{scr} courant de court-circuit de référence. (2.15)

$$I_0(T) = I_0(T_{ref}) \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)^{\frac{3}{n}} \left[\exp \left(\frac{-q \cdot E_g}{n\alpha} \right) \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right] \quad (2.16)$$

Où :

α : Le coefficient de variation du courant 298k (25°C).

G : L'irradiation solaire.

2.5.1. Influence de la température sur l'efficacité des cellules

Comme nous l'avons expliqué précédemment, la base des cellules PV est une jonction PN. Ceci nous laisse envisager que son rendement variera selon la chaleur capturée par la cellule au niveau de la jonction. En effet, l'équation de Boltzmann donne :

$$I_{sc} = I_0 \exp - \left(\frac{eV_{oc}}{kT} \right) \quad (2.17)$$

La figure 5 ci-dessous montre que la tension à vide d'une cellule solaire diminue avec l'augmentation de la chaleur. L'ordre de grandeur des pertes est de 2.3 mV / par degré Celsius / par cellule. La figure ci-dessous montre clairement la baisse du rendement causée par l'augmentation de la chaleur sur la cellule.

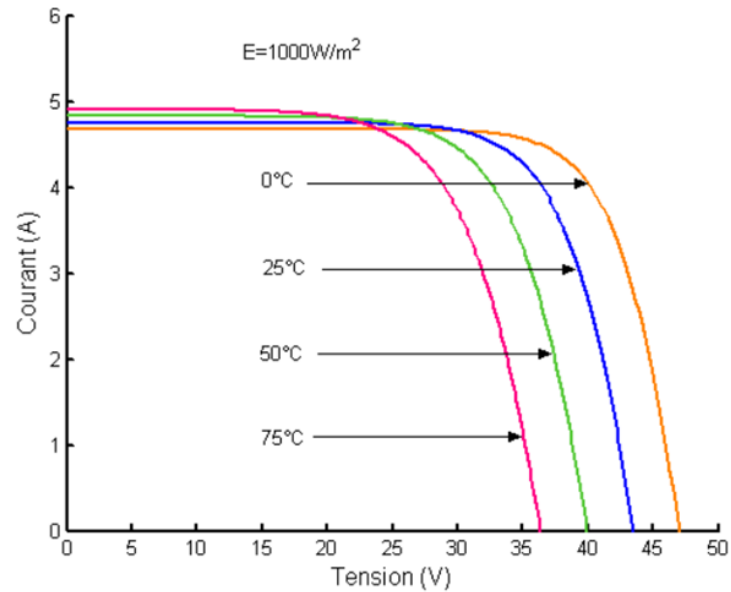


Figure 5 : Influences de la chaleur sur la caractéristique I-V

La figure 5 nous montre qu'une augmentation de la chaleur entraîne une réduction de la puissance (de l'ordre ($5 \times 10^{-5} \text{W/k}$) par cm^2 de la cellule) [2].

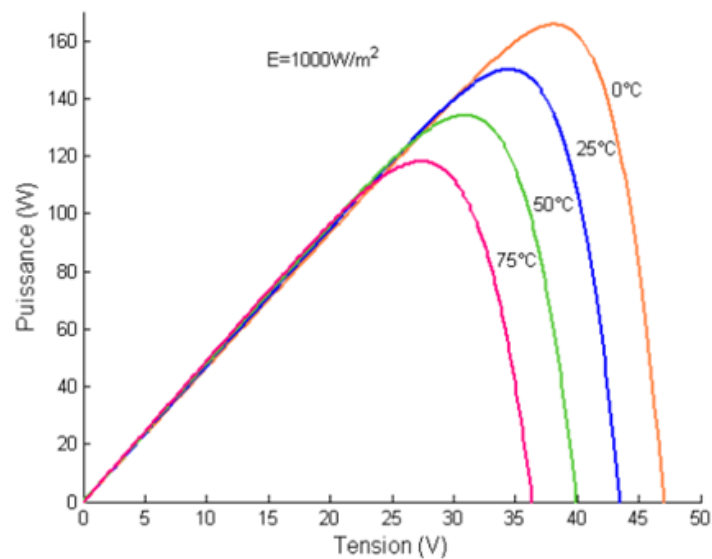


Figure 6 : Influences de la chaleur sur la caractéristique P-V

2.5.2. Influence du rayonnement sur les cellules PV

Ici, il faut remarquer que plus l'énergie transmise à la jonction PN est grande plus elle en restitue, mais toujours avec un coefficient de rendement très faible de l'ordre de 15%. Sur la figure 7 ci-dessous, nous remarquons aussi la légère diminution de la tension du circuit ouvert à une chute du flux lumineux.

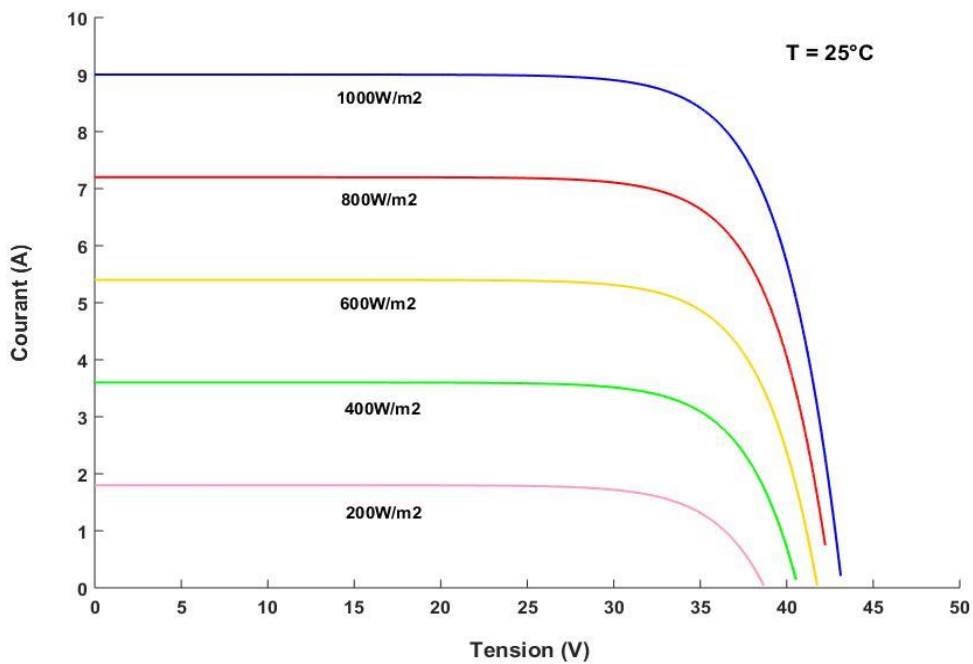


Figure 7 : Influence de l'éclairement sur la caractéristique Courant-Tension

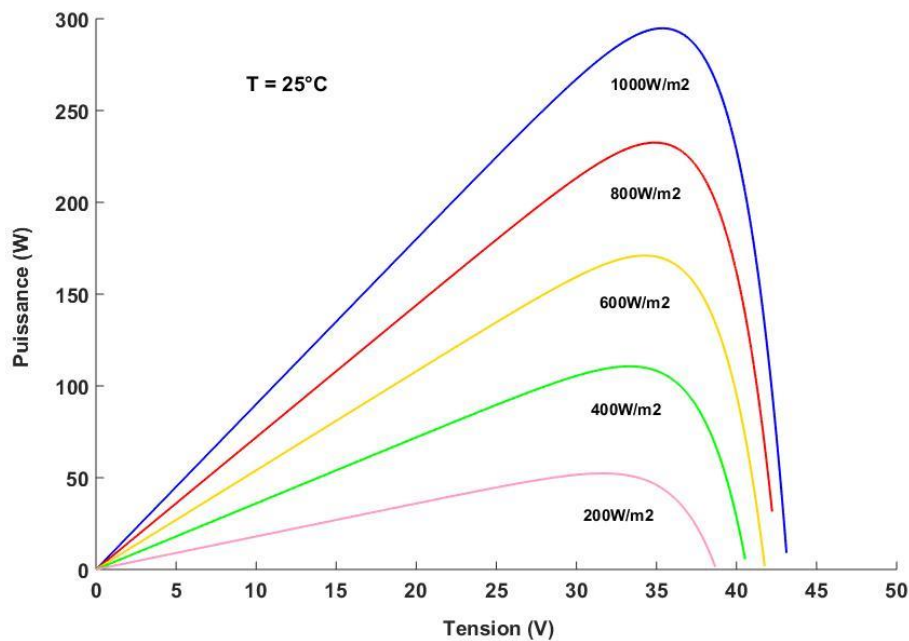


Figure 8 : Effet de l'éclairement sur la caractéristique Tension-Puissance

2.6. Connexion directe source-charge

Le choix d'une connexion directe entre un GPV et une charge est lié à la simplicité de l'opération et le très haut degré de fiabilité. Ceci est dû principalement à l'absence d'électronique, sans oublier le faible coût de la solution proposée. La figure 9 montre ce cas de montage.

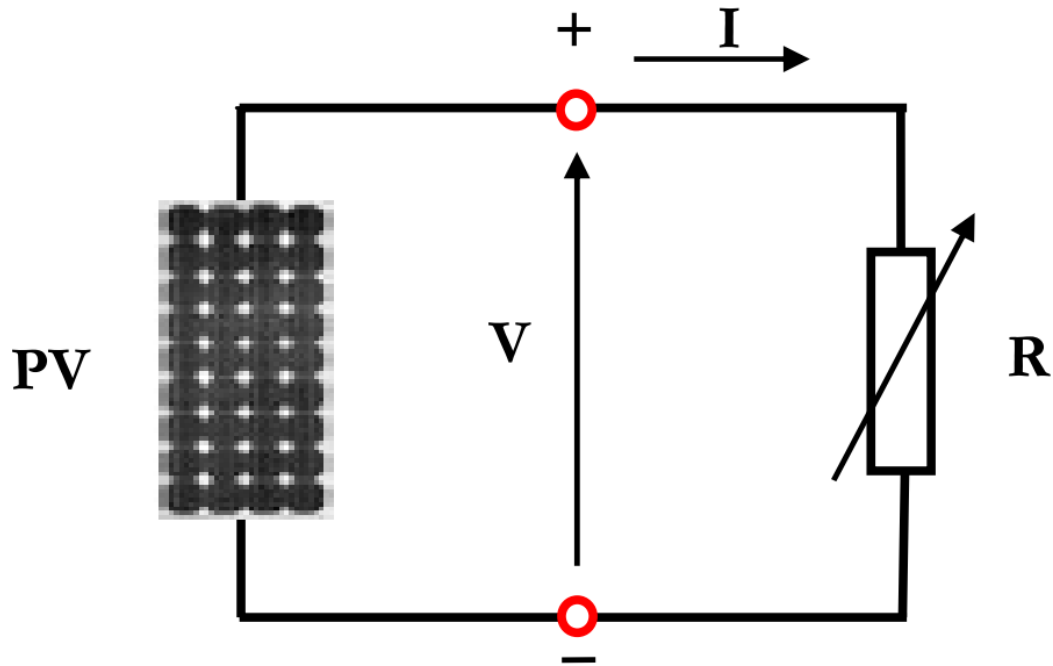


Figure 9 : Connexion directe d'un GPV-charge [2]

La garanti de la puissance maximale (P_{\max}) disponible à transférer aux bornes du Groupe PV à la charge n'est pas assurée.

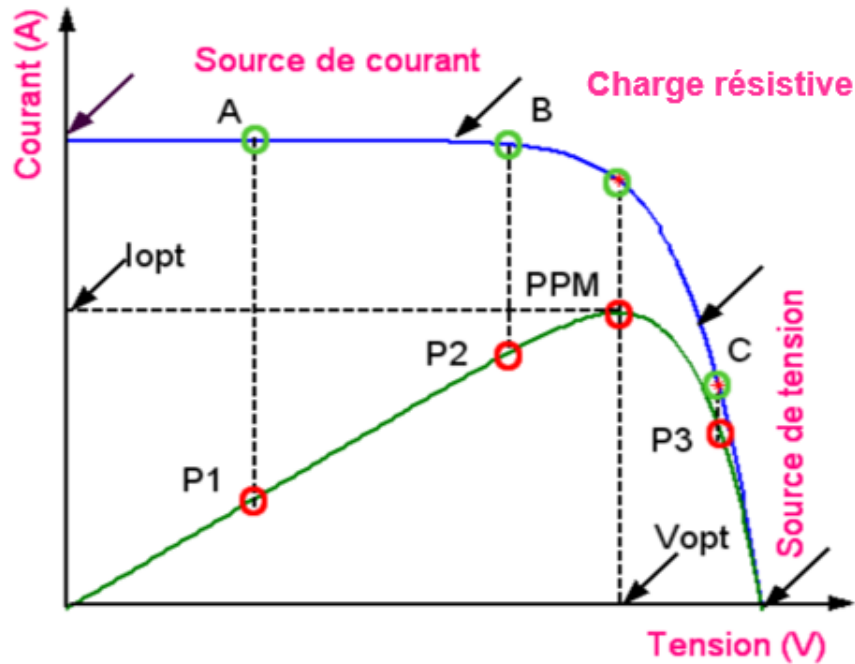
Nous distinguons les charges DC dont celles purement résistive, capacitive et inductive. La figure 10, nous représente les caractéristiques courant-tension et puissance-tension du GPV avec celles de courant tension de ces différentes charges.

Nous avons la position où la puissance du GPV est maximale (PPM) avec les courant et tension optimaux.

Le point d'intersection des caractéristiques courant-tension du générateur et ceux des charges sont A, B et C dont [9] :

- 1) point A : la charge en source de courant ;
- 2) point B : la charge résistive ;
- 3) point C : la charge en source de tension.

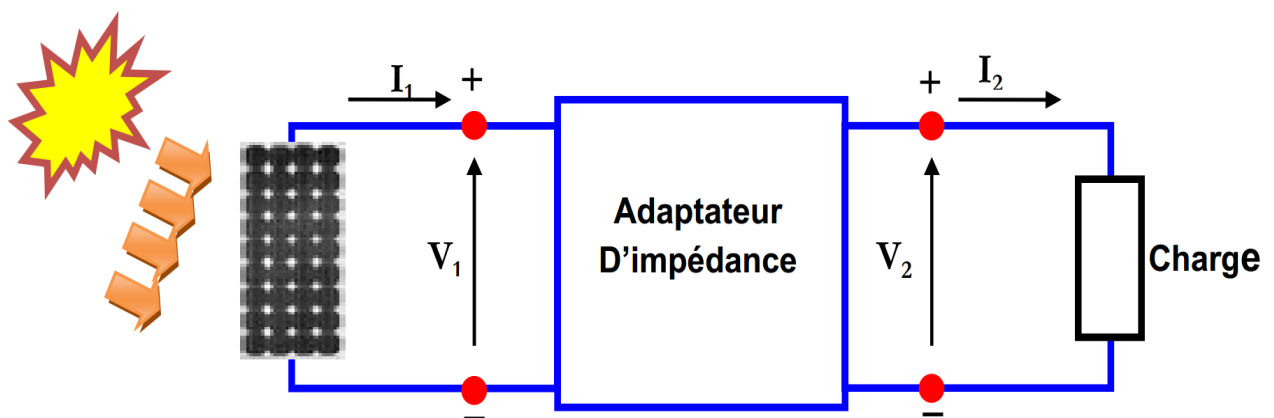
Les puissances produites aux trois points sont respectivement P1, P2 et P3 (Figure 10). Ces puissances sont directement inférieures au maximum généré par le GPV.



2.7. Définition de l'étage d'adaptation entre une source et une charge

Comme nous l'avons vu ci-dessus, un générateur PV présente des caractéristiques $I(V)$ non linéaires avec des PPM.

Afin de recueillir une grande puissance entre les bornes d'un générateur PV et de la transporter au circuit secondaire, nous adaptons entre le générateur PV et la charge un étage comme décrit dans la figure 11 ci-dessous. Cet étage permet le rapprochement de la puissance transmise à celle disponible [7].



2.8. Principe de la recherche du point de puissance maximale (MPPT)

2.8.1. Introduction

Un MPPT, de l'anglais Maximum Power Point Tracker, est une commande associée à un étage d'adaptation permettant de faire fonctionner un générateur électrique non linéaire [10].

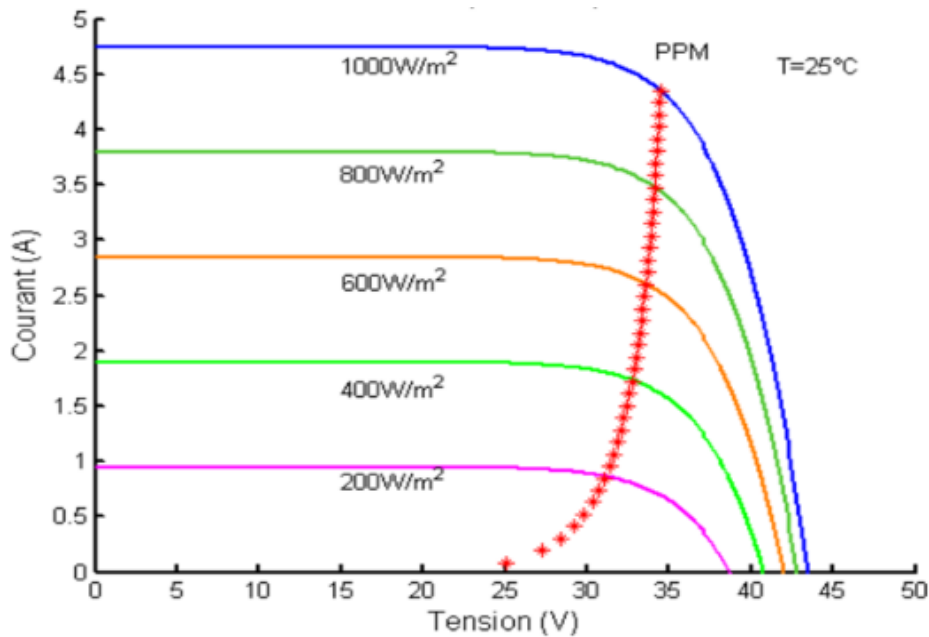


Figure 12 : La caractéristique courant tension avec PPM [2]

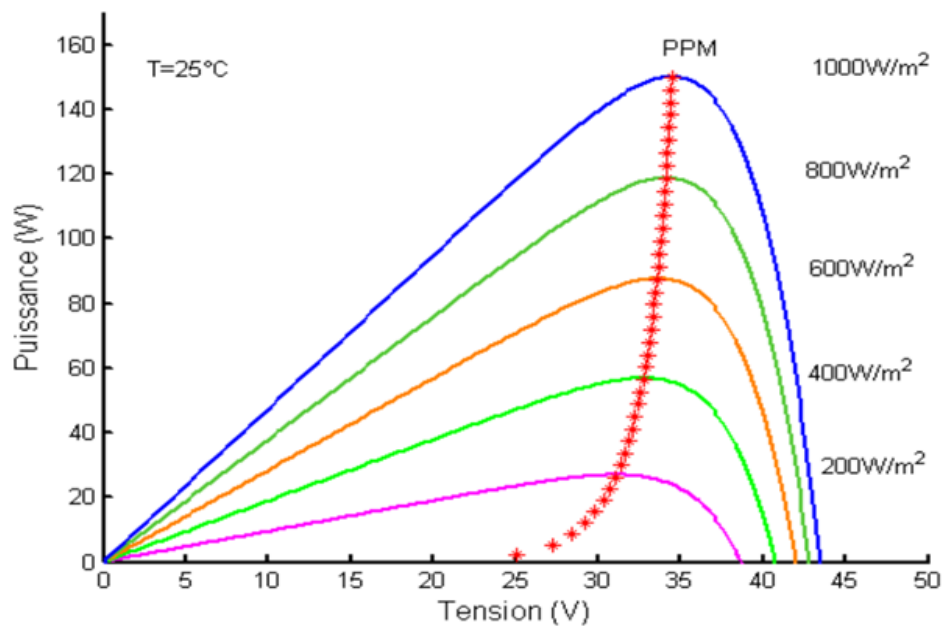


Figure 13 : La caractéristique Tension Puissance avec PPM [2]

2.8.2. Principe du contrôle MPPT

Le MPPT commande un étage d'adaptation qui permet de relier aisément un GPV à une charge de type continue (DC) pour avoir un rendement de conversion très élevé. Il suffit à chaque fois de faire varier le rapport cyclique du convertisseur (D) pour trouver le point d'adaptation optimal entre le générateur PV et la charge de manière à transférer la plus grande puissance du générateur.

$$V_s = n(D).V_e$$

Si on prend l'exemple du convertisseur DC-DC (SEPIC), la tension d'entrée du convertisseur est :

$$V_e = V_s \frac{(1 - D)}{D} \quad (2.18)$$

V_e : Tension d'entrée,

V_s : Tension de sortie,

D : Rapport cyclique du convertisseur,

L'impédance vue par le GPV est R_e ;

Ou

$$R_e = R_{ch} \frac{(1 - D)^2}{D^2} \quad (2.19)$$

Si D augmente R_e diminue, la tension diminue aussi,

Si D diminue R_e augmente, la tension augmente aussi,

Le contrôle MPPT (figure 16) fait varier D statique, qui influe sur le sens de la variation de tension afin que le générateur PV fournisse P_{\max} disponible à ses bornes.

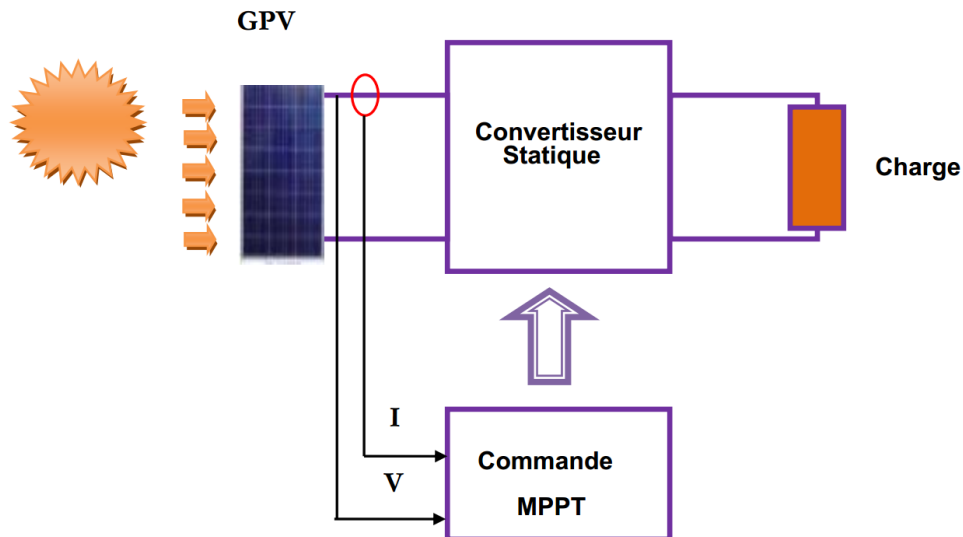


Figure 14 : Chaîne de conversion PV contrôlée par une MPPT. [2]

2.9. Conclusion

Cette partie nous a permis de présenter les principales caractéristiques et les technologiques des éléments constitutifs d'un générateur PV. Nous avons pu montrer les implications sur le rendement de conversion d'énergie PV d'une installation PV. Nous avons bien remarqué que le rendement de cette conversion reste encore très faible, souvent inférieur à 15 %, ce qui induit un coût élevé de watt crête. Ce rendement assez faible ainsi que le coût élevé de la source PV, ont incité les exploitants à chercher à obtenir le PPM du GPV.

CHAPITRE 3 : LE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE

3.1. Introduction

L'importance de la demande de l'eau dans les localités reculées ou isolées où la connexion au réseau est difficile voire impossible fait qu'un grand intérêt est porté à l'utilisation des GPV.

Une solution économique et pratique au problème du manque d'eau dans les régions désertiques est la réalisation d'un système de pompage PV autonome, fiable et ayant un bon rendement.

Un système PV est intéressant lorsqu'il est facile à installer, avec une autonomie acceptable et une excellente fiabilité de service.

Ce chapitre traite plus particulièrement les éléments théoriques permettant de dimensionner les pompes courants.

3.2. Méthodes de pompages

Deux systèmes sont valables dans le cadre du pompage de l'eau avec un GPV.

La première consiste à consommer l'énergie au fil du solaire nécessitant un réservoir d'eau pour le stockage tandis que la seconde stocke dans la journée, l'énergie produite par le GPV via les batteries et l'utilise au besoin pour pomper l'eau.

3.2.1. Pompage au fil du soleil

Dans ce système, l'eau est stockée dans un réservoir à une hauteur au-dessus du sol et distribuée par gravité aux besoins.

3.2.2. Pompage avec batteries

Dans ce système, l'énergie emmagasinée peut être aussi utilisée pour d'autres besoins ultérieurs. Cette technique présente un inconvénient (plusieurs composants) qui influence son coût et sa fiabilité.

3.3. Notions hydrauliques

Les systèmes PV peuvent être constitués d'une ou plusieurs pompes qui aspirent des volumes d'eau et les refoulent sous une certaine pression dans les canalisations du réseau. Les paramètres principaux pour dimensionner la pompe PV seront présentés dans cette partie.

3.3.1. Le débit (Q)

C'est la quantité de l'eau qu'une pompe refoule pendant un temps bien défini.

3.3.2. La hauteur manométrique totale H_{MT}

La hauteur manométrique se détermine par la formule :

$$H_{MT} = H_g + P_c \quad (3.1)$$

Avec

$$H_g = A + B + C \quad (3.2)$$

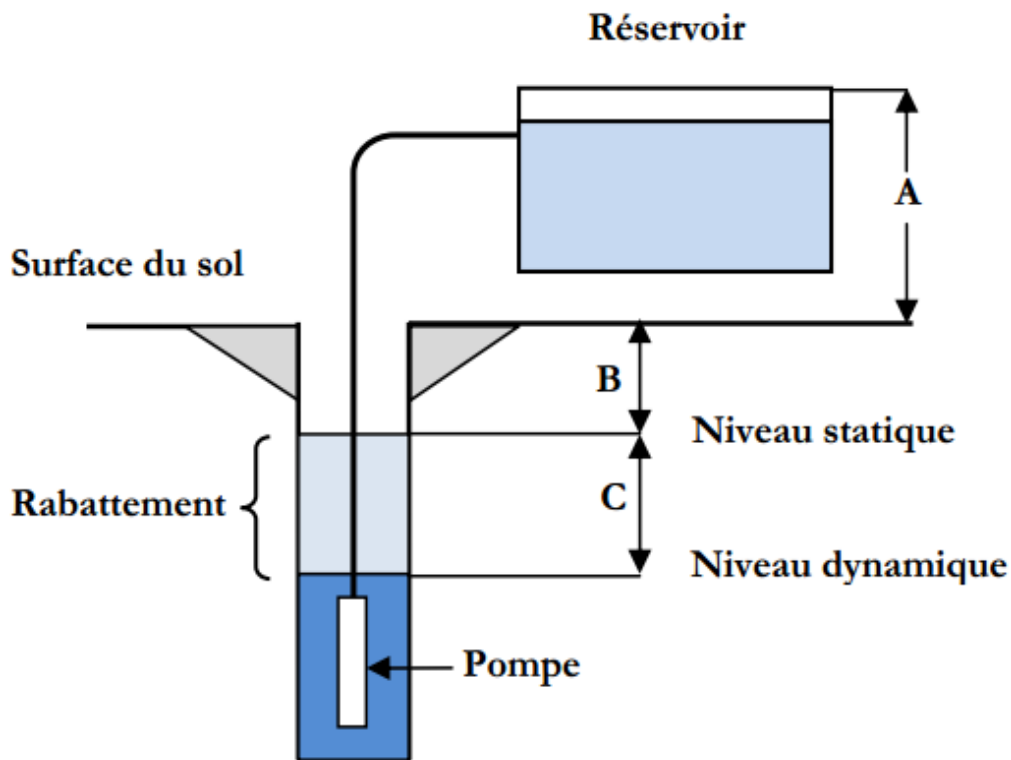


Figure 15 : hauteur manométrique total [23]

Rabatement : C'est la différence entre le niveau statique et le niveau dynamique.

Rabatement maximal : c'est celui acceptable avant le stoppe de la pompe.

3.4. Les composants d'un système de pompage PV

Un système de pompage solaire est généralement composé de [11] :

- générateur photovoltaïque ;
- groupe électropompe ;
- circuit électronique de contrôle et de commande ;
- partie stockage.

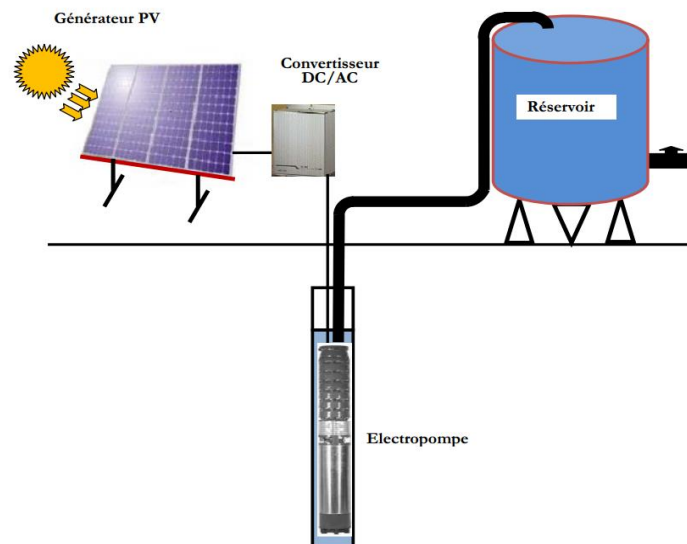


Figure 16 : Synoptique d'un système PV d'aspiration et de refoulement d'eau [23]

3.4.1. Le générateur PV

Le groupement (série et en parallèle) de plusieurs modules PV permet l'obtention d'une puissance élevée.

Pour un groupement donné la formule suivante permet de déterminer le nombre de module escompté [2] :

$$I = N_p \cdot I_{SC} - N_p \cdot I_0 \left[\exp \left(\frac{N_s \cdot V + \frac{I \cdot N_s \cdot R_s}{N_p}}{n \cdot N_s \cdot V_T} \right) - 1 \right] - \frac{N_s \cdot V + \frac{I \cdot N_s \cdot R_s}{N_p}}{\frac{N_s \cdot R_p}{N_p}}$$

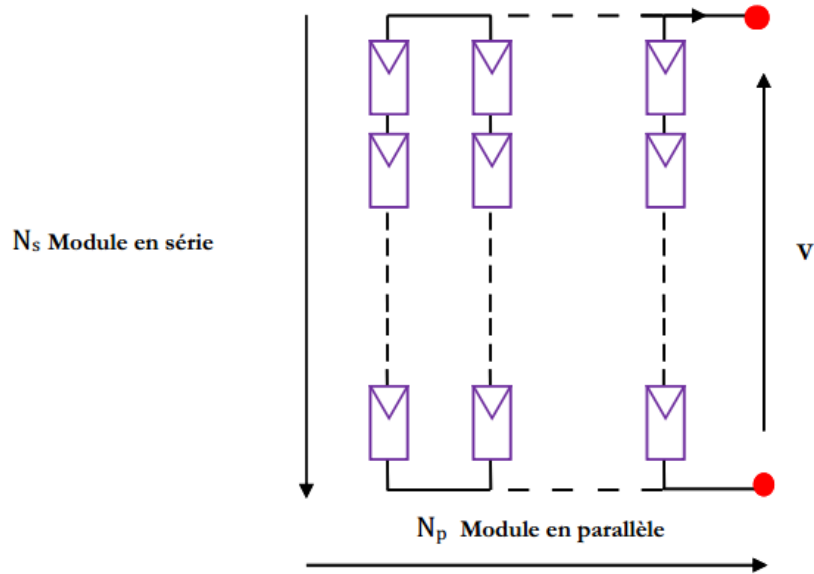


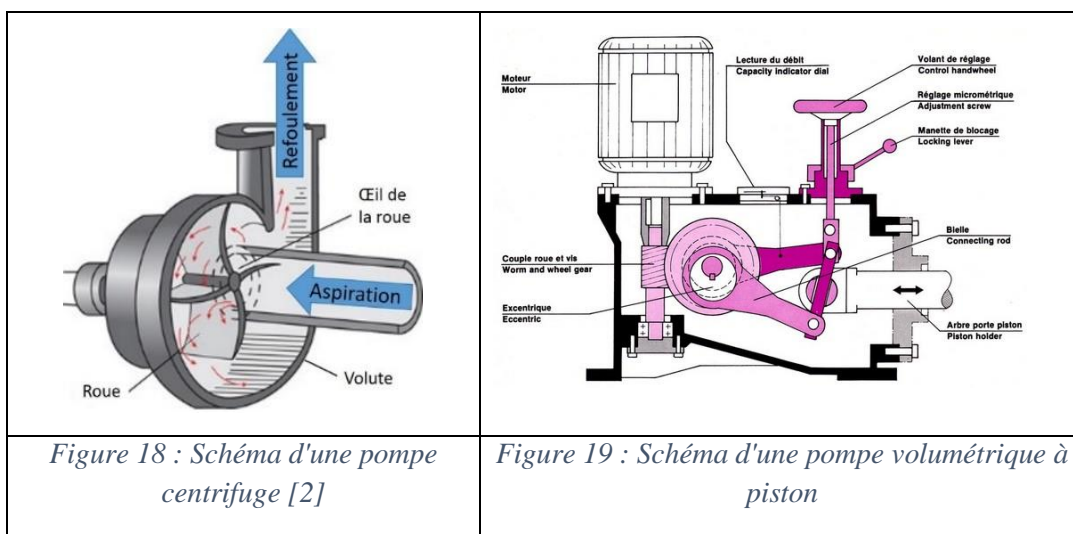
Figure 17 : Groupement série/parallèle d'un module PV [2]

3.4.2. Le groupe électropompe

3.4.2.1. Les pompes

C'est un dispositif d'aspiration et de refoulement d'un liquide. Il en existe de types centrifuges et volumétriques.

L'intérêt principal de ces types de pompes volumétriques est de véhiculer un fluide sous une grande pression. Elles sont utilisées pour les pompes à faibles débits rendant ainsi leur emploi très limité dans l'exploitation des cultures. Les figures n° 18 et 19 nous donnent une vue différentes pompes.



3.4.2.1. Les moteurs électriques

C'est un dispositif électromécanique de conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Les moteurs à courant continu et alternatif sont les deux types existants [12].

Moteur à courant continu avec balais

Ils sont utilisés dans ce cadre pour avoir un grand moment de couple au démarrage (Figure 20).

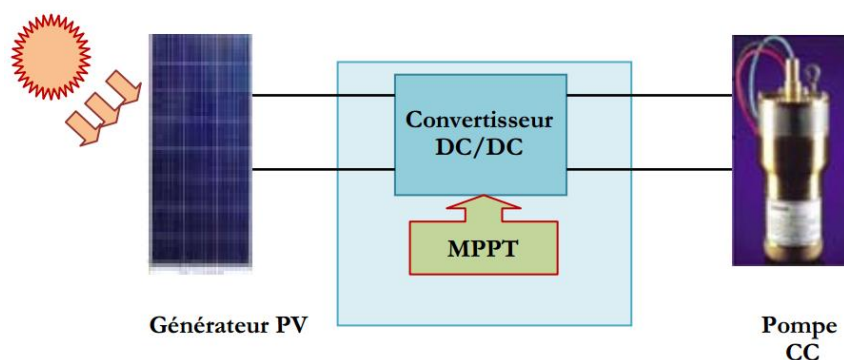


Figure 20 : Système d'aspiration d'eau par électropompe à CC [24]

Moteur à courant continu, sans balais (Brushless)

Ce moteur présente les avantages des moteurs précédents mais aussi les avantages des moteurs à courant alternatif qui ont un fort couple au démarrage et une durée de vie élevée. Leur utilisation augmente la fiabilité et l'autonomie de l'installation (figure 21).

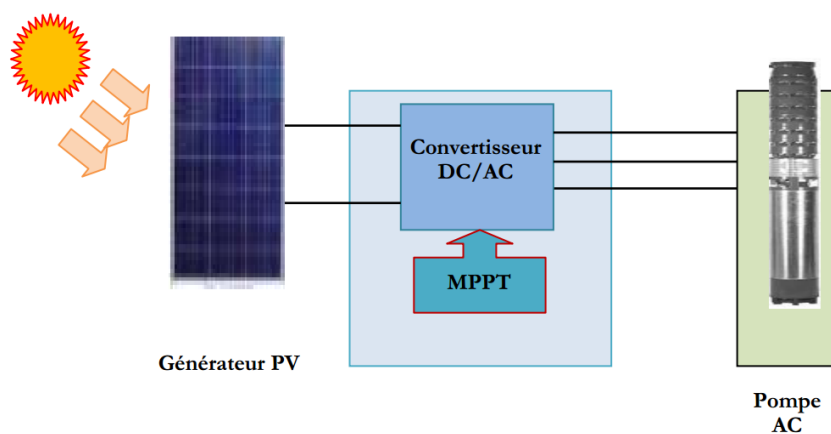


Figure 21 : Système d'aspiration d'eau par électropompe à AC [24]

3.4.3. Le circuit électronique (contrôle et commande)

3.4.3.1. Le convertisseur DC/DC (hacheur)

Il a pour rôle principal d'extraire la puissance maximale disponible aux bornes du GPV et de la fournir à la charge.

3.4.3.2. Le convertisseur

La fonction principale de l'onduleur ou convertisseur est de transformer le courant alternatif triphasé pour actionner le groupe en courant continu. Il fonctionne évidemment avec un circuit de génération des signaux PWM commandé par un circuit de régulation et de protection.

Son rendement est généralement élevé pour valoriser au mieux l'énergie produite par le générateur. Il est environ 95 % au point de fonctionnement nominal.

3.4.4. Le stockage

Pour les systèmes de pompage, il existe deux méthodologies de stockage. Il s'agit de stockage d'énergie ou d'eau. Le stockage l'eau dans des réservoirs est la méthode la plus utilisée compte tenu de son coût généralement moindre que celui de stocke d'énergie.

3.5. Dimensionnement complet du dispositif de pompage

Pour le dimensionnement complet d'un dispositif de pompage il faut :

- évaluer de la demande journalière d'eau ;
- calculer l'énergie hydraulique nécessaire ;
- détermination de l'énergie PV disponible ;
- choisir des composants.

3.5.1. Estimations de la demande en eau

Le besoin en eau constitue la base d'un dimensionnement PV. Il correspond au débit total nécessaire pour satisfaire les besoins de l'ensemble du système.

On peut déterminer les besoins en se basant sur des ratios de consommation établis par des organismes internationaux tels que l'OMS (voir le tableau 2 ci-dessous).

Tableau 2 : Tableau estimatif des besoins [2].

Humains
Par personne 5 à 10 litres/jour minimum
Conditions de vie normale 30 litres/jour
Animaux
Chièvres et Moutons : 5 litres/jours
Cheval : 40 litres/jour
Ane : 20 litres/jour
Chameau : 20 litres/jour
Irrigation
Agriculture maraichère 60 m ³ /hectare/jour
Riz 100 m ³ /hectare/jour
Canne à sucre 65 m ³ /hectare/jour
Coton 55 m ³ /hectare/jour

3.5.2. Détermination de l'énergie hydraulique journalière

Connaissant le besoin de volume d'eau mensuel de l'année et les caractéristiques du puit, nous pouvons déterminer l'énergie hydraulique (E_h) moyenne journalière et mensuelle en [kWh/j] nécessaire suivant la relation [11] :

$$E_h = C_h \cdot Q \cdot H_{MT} \quad (3.4)$$

Où

C_h : Constante hydraulique [kg.s.h/m³]

Q : Volume d'eau en [m³/j].

H_{MT} : Hauteur manométrique total [m].

Ou :

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

g : La gravité terrestre [$9,81\text{m/s}^2$]

ρ : Densité de l'eau [1000kg/m^3]

Calcul de l'énergie électrique quotidienne requise :

Le calcul de l'énergie électrique se fait à partir de l'équation suivante :

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{MP} \times \eta_{Ond}} \quad (3.5)$$

3.5.3. Calcul de l'énergie PV disponible

Les méthodes de calcul de l'énergie solaire PV ont été largement expliquées dans le deuxième chapitre de ce rapport.

3.6. Taille du générateur PV

Il existe deux possibilités pour déterminer la taille d'un GPV. Ces possibilités permettent de dimensionner une installation de pompage PV pour satisfaire les besoins en eau d'une consommation bien déterminée.

3.6.1. Méthode analytique

La puissance nominale correspondante du générateur PV (P_C) est calculée par l'expression suivante dans les conditions standards de mesure CSM, (éclairage de [1000W/m^2] et la température 25°C) [12] :

$$P_C = \eta_g \cdot A \cdot G \quad (3.6)$$

L'énergie électrique journalière est donnée par l'équation :

$$E_e = \eta_{PV} \cdot A \cdot G_d(\beta) \quad (3.7)$$

Le rendement η_{PV} est calculé par la formule suivante

$$\eta_{PV} = F_m [1 - \gamma(T - T_r)] \eta_g \quad (3.8)$$

Où :

F_m : Facteur de couplages.

Calcul de la puissance, en watts crêtes, que doit avoir le champ.

En substituant les équations (3.5), (3.7) et (3.8) dans (3.6), nous obtenons :

$$P_C = \frac{G}{F_m [1 - \gamma(T - T_r)] G_d(\beta)} \cdot \frac{E_h}{\eta_{MP} \times \eta_{Ond}} \quad (3.9)$$

3.6.2. Méthode graphique

Utilisation des abaques de rendement des pompes fournis par le constructeur donne en fonction de l'irradiation globale la puissance P_C nécessaire développée par les panneaux pour faire fonctionner la pompe. Elles sont assez pratiques (voir Figure 23) et résument les performances des différentes pompes dans leur condition d'utilisation [2].

Les abaques sont des graphiques à lecture directe facilitant les calculs numériques. Elles servent à déterminer spontanément des résultats obtenus par des calculs pour des lignes prédéfinies et préparées d'avance.

Les constructeurs d'équipement élaborent de tels diagrammes sur les données de base calculées ou mesurées. A titre d'exemple, la figure 24 montre les caractéristiques de l'électropompe.

SP14 A-3 donnée par le constructeur GRANDFOS.

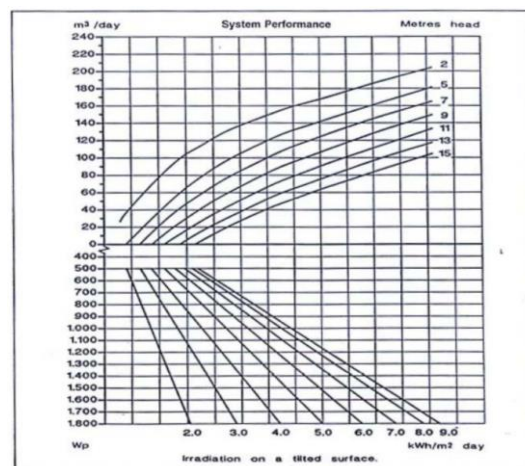


Figure 22 : Courbe typique des performances d'une pompe en conditions d'utilisation

3.7. Dimensionnement du système de pompage

Le choix d'un tel système se base sur deux facteurs suivants :

- La H_{MT} ;
- Le débit horaire Q_h .

$$Q_h = \frac{[m^3 / jour]}{h} \quad (3.10)$$

h : est le temps d'ensoleillement maximal à $[1000W/m^2]$

3.8. Dimensionnement de la pompe à irrigation

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

- La situation géographique pour déterminer l'irradiation solaire globale.
- Le débit pour déterminer la Q en pendant les périodes où le besoin est important.
- La HMT pour mesurer le niveau statique, le rabattement maximal, la hauteur du réservoir et les pertes dues à la tuyauterie.

On procèdera suivant les points ci-après :

- Définir l'irradiation globale journalière mensuelle en $[Wh/m^2/j]$ selon la hauteur de la zone de travail.
- Choisir une pompe selon du débit et de la H_{MT} , (utiliser les abaques de rendement des pompes fournis par le constructeur).
- Choisir l'onduleur adapté à la pompe (tension et puissance).
- Déterminer la puissance crête P_c nécessaire par la méthode analytique ou graphique.
- Choisir le type de panneau solaire (définir leur puissance nominale P_n).
- Déterminer le nombre de panneaux par la relation P_c/P_n .
- Vérifier la tension nominale pour le fonctionnement de l'onduleur (selon les modèles).

- Déterminer la quantité totale de module série / parallèle (la forme de connexion).

3.9. Conclusion

Cette présentation nous a permis de montrer les avantages des deux types de systèmes de pompage. Ça a permis aussi de montrer quel type des deux systèmes est couramment utilisé actuellement.

Nous avons aussi donné les définitions importantes et nécessaires pour la compréhension de l'étude pratique présentée au chapitre suivant.

**CHAPITRE 4 : APPLICATION DE L'ALIMENTATION
DES POMPES SUR LE SITE DE YODO KONDJI**

4.1. Introduction

Dans la partie précédente de notre travail, nous avons eu à développer en détail le thème de l'étude. Il serait important de faire ici des applications avec les données recueillies sur le site et d'en tirer des conclusions.

Grand-Popo est une ville au Sud-Ouest du département du Mono dans la République du Bénin. Elle dispose d'un climat subéquatorial de type Guinéen, une énergie d'ensoleillement de plus de 4 kWh/m² par jour [25].

A travers cette présentation, nous allons réaliser par le biais d'un réservoir, le stockage de l'eau afin d'irriguer une surface d'un (01) hectare de tomates. Pour effectuer et présenter les calculs, nous avons utilisé le Microsoft Excel.

4.2. Présentation de la localité d'étude

4.2.1. Situation géographique

Le Bénin est un pays, situé sur le Golfe de Guinée. Il couvre au total une superficie de 114 763 km² pour une population estimée à 10 600 000 habitants au recensement de 2013 de l'INSAE. Il est subdivisé en 12 départements dont figure le département de Mono qui couvre une superficie totale de 1605 km².

La Commune de Grand-Popo compte 44 villages ou quartiers de villes et sept (07) arrondissements qui sont Adjaha, Agoué, Avloh, Djanglanmey, Gbéhoué, Sazoué et Grand-Popo [13 ; 25].

La localité Yodo Condji se situe dans l'arrondissement de Grand-Popo qui est à une distance de 85 km de la Commune de Cotonou [13].

4.2.2. Cadre physique et naturel

La Commune de Grand-Popo fait partie d'un ensemble marqué par quatre saisons plus ou moins marquées (une grande saison pluvieuse avec une pluviométrie de 201,77 mm en juin et une petite saison sèche). Son relief est, plat et rectiligne dans son ensemble et dont la latitude ne dépasse pas 5m au-

dessus du niveau de la mer [25]. Les sols de la localité sont des sols ferralitiques et ferrugineux relativement profonds et leur perméabilité et porosité sont généralement bonnes. La végétation est caractérisée par une savane arborée à *Elaeis guinéensis* (palmier à huile), rônier en voie de disparition [25]. Les sources d'approvisionnement en eau pour l'irrigation sont des forages équipés des groupes motopompes.

4.2.3. Situation socio-économique

L'effectif total de la localité Yodo Condji en 2016 est de 1445 habitants, constitué de 362 ménages. C'est une population essentiellement rurale qui s'adonne aux activités agricoles (manioc, maïs, légumineux frais, tomate, carotte, etc.) et à la pêche (INSAE, RGPH4-2013) [21]. Il est constitué des ethnies comme les Xwla ou Popo, les Xwéda ou Pédah et les Guens ou Mina. Les populations de cette localité pratiquent la religion traditionnelle (62,29%), l'islam (2%), Catholicisme (24,6%), Protestantisme (2,1%) et autres (8,4%) [26].

4.3. Dispositif de pompage PV

L'activité agricole principale de la population de Grand-Popo est l'oignon suivi de la tomate [14]. Le besoin d'eau est bien évidemment très fort. En plus, Grand-Popo se trouve en plein sud avec une valeur d'ensoleillement assez élevée. Pour ces raisons, nous avons choisi d'appliquer notre système d'irrigation à un hectare de tomate dans cette région. Il est caractérisé par :

- le volume d'eau journalier ;
- le rayonnement solaire généré par le GPV ;
- la hauteur manométrique totale de pompage.

4.3.1. Estimation des besoins

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,

l'évapotranspiration du sol, et la saison de l'année en question etc.). Cependant, la pratique et l'expérience locale restent toujours très indispensables pour une évaluation correcte des besoins. Le besoin d'eau du maraichage considéré à Grand Popo est $60 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{j}$ conformément aux données renseignées dans le tableau 2 du chapitre 3.

4.3.2. Rayonnement ou irradiation solaire

Le tableau 3 ci-après donne les valeurs d'irradiation journalière mensuelle pour un angle d'inclinaison optimal saisonnier sur le site de Grand Popo.

Tableau 3 : Valeurs d'irradiation journalière mensuelle pour une inclinaison optimale [29]

Période	Grande Saison Sèche				Grande Saison Pluvieuse				P.S. Sèche		P.S Pluvieuse	
Mois	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.
Ray [kWh/m ² /j]	4,8	4,8	4,7	4,3	4,1	4,0	4,8	4,8	5,2	5,0	4,6	4,6

Vu l'emplacement spécifique de Yodo Condji par rapport au mouvement du soleil, l'orientation des modules PV est plein Sud avec une inclinaison optimal par rapport au plan horizontal.

4.3.3. Hauteur manométrique total

Pour ce système, le choix est porté sur une hauteur manométrique totale de 45m.

4.4. Dimensionnement du dispositif de pompage

Il concerne la taille maximale du GPV et les constitutifs du dispositif répondants au service requis dans les conditions de référence. Il prend en considération les choix des besoins journaliers et le mois de faible ensoleillement ou élevé.

Pour notre application, le débit requis est de $60 \text{ (m}^3/\text{ha}/\text{j})$ et l'énergie d'ensoleillement est égale à $4,3 \text{ (kWh/m}^2/\text{j})$ pendant le mois de mars.

4.4.1. Choix des pompes

La pompe est choisie en fonction de la quantité horaire de l'eau et de la H_{MT} [13].

- Débit horaire

Il est déterminé par la formule (3.10) suivante :

$$Q_h = \frac{Q[m^3/j]}{h}$$

Avec h le temps maximal d'ensoleillement ;

Dans le cadre de cette application, nous prenons :

$$\begin{cases} h = 6,0 \text{ heures} \\ Q = 60 [m^3/j] \end{cases}$$

Par conséquent, le débit horaire est le suivant :

$$Q_h = 10 \text{ m}^3/h$$

Rappelons que la hauteur manométrique total est de 45 m.

L'électropompe est de types immergés proposées par le constructeur PANELLI.

Les modèles des pompes sont donnés dans le tableau 4 ci-après [15 ; 27].

Tableau 4 : Caractéristiques de quelques gammes de pompes de type PANELLI [28]

Type de pompe	Puissance (kW)	Rendement (%)	Débit (m ³ /h)	Hauteur (m)
95PR12N/06	1,50	60	9	32
95PR12N/09	2,2	60	10,5	45
95PR12N/12	3	60	12	54
95PR12N/16	4	60	13,5	68
95PR12N/22	5,5	60	15	83
95PR12N/29	7,5	60	18	73

Selon nos besoins, un débit horaire de 10m³/h et une hauteur manométrique totale de 45 m est nécessaire. L'électropompe adéquate sera alors la pompe 95PR12N/12. La figure ci-après illustre ses caractéristiques techniques.

DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE

Profondeur (m)	45		Energie hydraulique (Wh/j)	7 358
Besoins journalier (m ³)	60		Energie Electrique (Wh/j)	12 908
Débit horaire (m ³ /h)	10			

DONNEES DE LA POMPE


Manufacturier	PANELLI	
Type	95PR12N/10	
Débit nominal	10	
Puissance (W)	2 200	
Tension (V)	3*220	
Rendement (%)	60	

Figure 23 : Caractéristiques d'une pompe de type 95PR12N/9

4.4.2. La capacité du réservoir

Nous avons choisi dans le cadre de cette étude le pompage dit « au fil de soleil ». Le stockage de l'eau est effectué dans un réservoir. La capacité de ce dernier est calculée pour répondre au besoin d'eau pendant les jours d'autonomie. Celui-ci varie selon la saison. Pour notre exemple, le volume du réservoir est calculé pour assurer deux jours d'autonomie.

4.4.3. Le convertisseur de la pompe

Le tableau ci-après présente les caractéristiques du convertisseur de la pompe choisie dans le cadre de cette étude [16].

Tableau 5 : Caractéristiques de l'onduleur

Type d'onduleur	Puissance Max (W)	Tension d'entrée (V)	Tension sortie (V)	Fréquence (Hertz)
Solardrive 4000	4000	240	3*220	50-60

4.4.4. Le générateur PV

Selon la puissance demandée par le groupe moteur-pompe et l'irradiation journalière incidente sur le plan du générateur, la puissance nominale que doit fournir le GPV est déterminée suivant l'expression (3.9) [17].

$$P_C = \frac{G}{F_m[1 - \gamma(T - T_r)]G_d(\beta)} \cdot \frac{E_h}{\eta_{MP} \times \eta_{Ond}} \quad (3.9)$$

4.4.4.1. Nombres de modules (N_M)

Le N_M est déterminé suivant l'expression :

$$N_M = \frac{P_C}{P_M} \quad (4.1)$$

Avec

P_C : Puissance crête du GPV.

P_M : Puissance d'un module PV.

4.4.4.2. Nombre de modules en série

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

$$N_{MS} = \frac{V_{Ch}}{V_M} \quad (4.2)$$

Avec

V_M : La tension nominale du module.

4.4.4.3. Nombre de modules en parallèle

Le nombre de branches des modules se calcule par l'expression ci-après :

$$N_{MP} = \frac{N_M}{N_{MS}} \quad (4.3)$$

Correction de la puissance crête

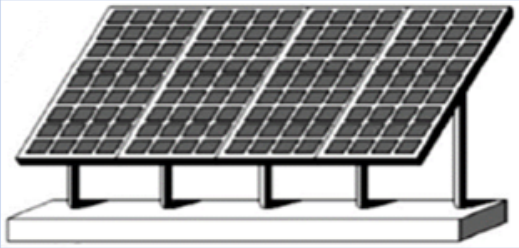
Dans la plupart des cas, les nombres de modules (en séries et/ou en parallèles) calculés ne sont pas des entiers ; il faut donc les arrondir pour trouver la nouvelle puissance corrigée.

Les résultats du calcul se présentent dans la figure 24 ci-après :

DIMENSIONNEMENT DU GÉNÉRATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

Caractéristiques du site

	FCFA/An
Lieu du projet	Grand-Popo
Latitude du lieu N°	30
Rayonnement solaire (W/m ²)	4 300
Température moyenne (°C)	34



Caractéristiques du module

	FCFA/An
Puissance nominale (W)	300
Tension nominale (V)	36,25
Rendement du module (%)	0,11
Température nominale (°C)	30,00
Coefficient de température	0,005

Taille du Générateur

Energie électrique (Wh/j)	12 908	Nombres de modules	10,01
Tension de sortie (V)	240	Modules en série	7,00
Puissance crête (W)	3 002	Modules en parallèle	2,00
Surface du générateur (m ²)	27	Nombres modules corrigés	14,00
Puissance du module	300	Puissance crête corrigée	4 200,00

Figure 24 : Schéma du calcul de la puissance du générateur

Comme nous pouvons constater à partir de l'écran ci-dessus, en se basant sur la connaissance des conditions spécifiques du site, l'énergie consommée et des caractéristiques des modules PV choisis, nous calculons la puissance du GPV

destiné à l'irrigation de la surface concernée (un hectare de tomate pour notre application).

N.B. Pour effectuer ce calcul, nous avons utilisé le Microsoft Excel. Nous aurons pu aussi utiliser des logiciels conçus pour ces types d'études [18].

4.5. Conclusion

Selon l'étude, le GPV adéquat est constitué de 14 modules PV en silicium polycristallin d'une puissance crête de $300 W_C$ chacun. Ainsi, la puissance corrigée du GPV est de $4\ 200 W_C$.

L'incertitude générée par la recherche de la capacité du GPV est principalement due à deux raisons essentielles. La première est liée au caractère aléatoire du l'ensoleillement qui est souvent peu connu et la seconde à l'estimation difficile des besoins d'eau.

**CHAPITRE 5 : ETUDES ECONOMIQUES
COMPARATIVES PV / GMP ET ENVIRONNEMENTALE**

5.1. Introduction

Ce chapitre nous permet de présenter l'étude de faisabilité et la rentabilité économique de notre dispositif. Ce qui est comparé avec celui du groupe motopompe. Les impacts positives et négatives générées sont présentés.

La méthodologie exploitée à cet effet, est celle relative à l'actualisation du coût du mètre cube (m³) d'eau.

5.2. Etude comparative de l'économie PV-GMP

Il s'agira pour nous de présenter les économies qui pourront être réalisées après la finalisation des activités du projet par une méthode comparative.

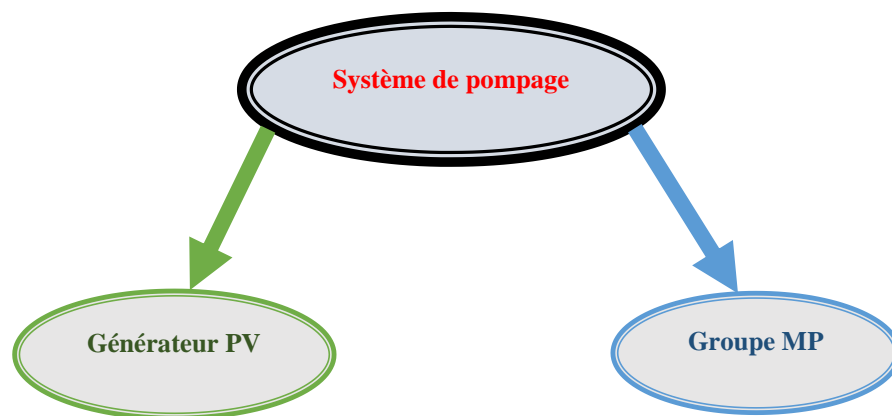


Figure 25 : Les sources énergétiques utilisées pour le pompage d'eau

5.2.1. Systèmes PV

5.2.1.1. Analyse de l'économie des systèmes PV

L'évaluation du coût nécessite certains nombres de données [19] :

- La durée de vie des composants ;
- Le coût initial à la préparation du projet ;
- Le coût de l'investissement initial ;
- Les coûts annuels de maintenance relatifs au système PV ;
- Les coûts des accessoires.

5.2.1.2. Méthode du calcul

Les coûts actualisés d'un système permettent de faire une évaluation comparative desdits coûts. Cette analyse s'appelle le calcul des coûts sur la durée de vie (life cycle cost) [11].

5.2.1.3. Investissement initial global

Le coût global à l'installation du système se détermine par la formule suivante [2].

Sachant que :

$$I_{Tot} = C_{GPV} + C_{Ond} + C_{MP} + C_{Res} + C_{For} + C_{Acc} \quad (5.1)$$

- C_{GPV} est déterminé par :

$$C_{GPV} = P_M * N_M \quad (5.2)$$

- C_{Ond} , C_{MP} , C_{Res} , C_{For} , C_{Acc} : Les coûts d'onduleur, motopompe, réseau, forage et accessoires.

Le coût global se calcul comme suit :

$$C_{GA} = A_{Tot} + E_{Tot} \quad (5.3)$$

5.2.1.4. Coûts sur la durée de vie

L'amortissement annuel total du système A_{Tot} est donné par la formule :

$$A_{Tot} = A_{GPV} + A_{Ond} + A_{MP} + A_{Res} + A_{For} + A_{Acc} \quad (5.4)$$

✓ amortissement du générateur

$$A_{GPV} = C_{GPV}/N_1 \quad (5.5)$$

✓ amortissement de l'onduleur

$$A_{Ond} = C_{Ond}/N_2 \quad (5.6)$$

✓ amortissement du GMP

$$A_{MP} = C_{MP}/N_3 \quad (5.7)$$

✓ amortissement du réservoir

$$A_{Res} = C_{Res}/N_4 \quad (5.8)$$

✓ amortissement du forage

$$A_{For} = C_{For}/N_5 \quad (5.9)$$

✓ amortissement des accessoires

$$A_{Acc} = C_{Acc}/N_6 \quad (5.10)$$

$$A = C/N$$

Tableau 6 : Temps de vie des composants des systèmes [2]

Equipements	Générateur PV	Electropompe	Motopompe	Onduleur	Forage	Réservoir	Accessoires
Durée de vie (an)	20	7	4	7	20	20	20

Application

La figure 26 fait un résumé des différents coûts liés à l'investissement et de l'amortissement de notre système de pompage PV. Le logiciel utilisé dans le cadre de la réalisation de cette étude est la feuille Excel dont la procédure détaillée est présentée ci-dessus.

Système de pompage photovoltaïque					
Investissement et Amortissement de l'installation PV			Invest (FCFA)	Durée de Vie (Ans)	Amort (FCFA)
Besoins (m ³ /J)	60	Générateur	1 330 000	20	66 500
Besoins annuels (m ³ /An)	21 900	Onduleur	1 200 000	7	171 429
		Electropompe	525 000	7	75 000
		forage	950 000	20	47 500
		Réservoir	1 400 000	20	70 000
Prix du module (DA)	95 000	Accessoires	500 000	20	25 000
Nombre de module	14				
		Investissement Total	5 905 000	Amort_Total	455 429

Figure 26 : Détermination de l'amortissement du système PV

5.2.1.5. Détermination de l'amortissement total

L'exemple particulier montré dans la figure 28 représente les résultats en utilisant les mêmes données utilisées au chapitre précédent.

5.2.1.6. Détermination du coût d'entretien & maintenance

Il se détermine par l'expression ci-après :

$$E_{Tot} = E_{GPV} + E_{Ond} + E_{MP} + E_{Res} + E_{For} + E_{Acc} \quad (5.11)$$

Avec :

- ✓ Entretien du générateur

$$E_{GPV} = C_{GPV} * Rt_1 \quad (5.12)$$

- ✓ Entretien de l'onduleur

$$E_{Ond} = C_{Ond} * Rt_2 \quad (5.13)$$

✓ Entretien du groupe motopompe

$$E_{MP} = C_{MP} * Rt_3 \quad (5.14)$$

✓ Entretien du réservoir

$$E_{Res} = C_{Res} * Rt_4 \quad (5.15)$$

✓ Entretien du forage

$$E_{For} = C_{For} * Rt_5 \quad (5.16)$$

✓ Entretien des accessoires

$$E_{Acc} = C_{Acc} * Rt_6 \quad (5.17)$$

Exemple d'application

De la même façon que dans le cas de la figure 26 (coût total de l'investissement et de l'amortissement annuel), nous utilisons une application (feuille Excel) que nous avons réalisée en utilisant la procédure ci-dessus.

Système de pompage photovoltaïque					
Investissement et Entretien de l'installation PV			Invest (FCFA)	Ratio (%)	Coût/An (FCFA)
Besoins (m ³ /J)	60	Générateur	1 330 000	2	26 600
Besoins annuels (m ³ /An)	21 900	Onduleur	1 200 000	5	60 000
		Electropompe	525 000	2	10 500
		forage	950 000	2	19 000
		Réservoir	1 400 000	1	14 000
Prix du module (DA)	95 000	Accessoires	500 000	2	10 000
Nombre de module	14				
		Investissement Total	5 905 000	Coût total de l'Entretien	140 100

Figure 27 : Coût de l'entretien total de système PV

L'exemple particulier montré dans la figure 27 représente les résultats en utilisant les mêmes données utilisées au chapitre précédent.

NB : Il faut signaler que pour réaliser l'étude économique comparative des coûts, nous avons pris en compte les prix moyens du matériel disponible chez quelques fournisseurs béninois. Pour mieux comprendre la répartition des coûts entre les différents composants du système, le diagramme de la figure 30, illustre les pourcentages des coûts des différents éléments. Nous remarquons que le coût le plus important correspond au générateur PV lui-même.

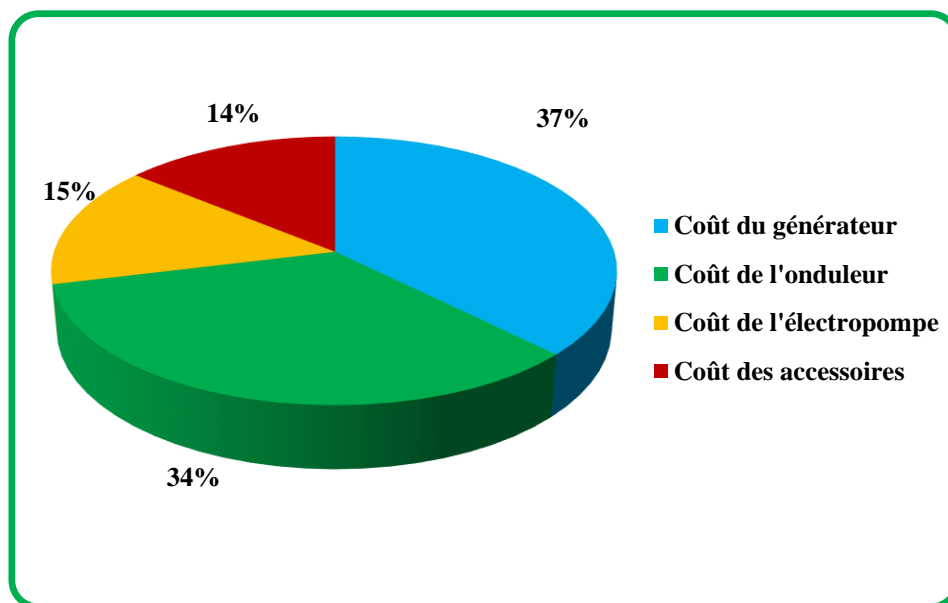


Figure 28 : Répartition des coûts entre les différents éléments PV

5.2.2. Dispositifs du système GMP

Pour le même système nous utilisons le groupe motopompe.

La puissance P du groupe motopompe est calculée par la formule suivante :

$$P = \frac{E_h}{\eta_{MP} * t_p} \quad (5.18)$$

5.2.2.1. Détermination de l'investissement initial

Pour le système PV, le coût total de l'investissement se calcul suivant la formule ci-après :

$$I_{Tot} = C_{MP} + C_{Res} + C_{For} + C_{Acc} \quad (5.19)$$

5.2.2.2. Détermination de l'amortissement

Suivant la formule précédemment utilisée, on a Amortissement de:

Avec :

$$A_{Tot} = A_{MP} + A_{Res} + A_{For} + A_{Acc} \quad (5.20)$$

✓ Groupe électropompe

$$A_{MP} = C_{MP}/N_1 \quad (5.21)$$

✓ Réservoir

$$A_{Res} = C_{Res}/N_2 \quad (5.22)$$

✓ Forage

$$A_{For} = C_{For}/N_3 \quad (5.23)$$

✓ Accessoires

$$A_{Acc} = C_{Acc}/N_4 \quad (5.24)$$

Exemple d'application

La procédure détaillée de calcul se présente comme suit :

Système de pompage par groupe motopompe					
Investissement et Amortissement de l'installation du GMP			Invest (FCFA)	Durée de Vie (Ans)	Amort (FCFA)
Besoins (m ³ /J)	60	Groupe motopompe	300 000	4	75 000
Besoins annuels (m ³ /An)	21 900	forage	350 000	20	17 500
Energie hydraulique (Wh/j)	7 358	Réservoir	-	20	-
Rendement de motopompe (%)	60	Accessoires	250 000	20	12 500
Puissance de groupe (kVA)	5				
		Investissement Total	900 000	Amort_Total	105 000

Figure 29 : Détermination de l'amortissement GMP

5.2.2.3. Détermination des coûts annuel de l'entretien & maintenance

Le Ce/m du groupe motopompe se détermine suivant la formule [20] :

$$C_{e/m} = 5\% * C_{GMP} * NH + X * C_{Tran} + C_{divl} \quad (5.25)$$

Système de pompage par groupe motopompe					
Investissement et Entretien de l'installation du GMP			Invest (FCFA)	Ratio (%)	Coût/An (FCFA)
Besoins (m ³ /J)	60	Groupe motopompe	300 000	10	30 000
Besoins annuels (m ³ /An)	21 900	forage	350 000	10	35 000
Energie hydraulique (Wh/j)	7 358	Réservoir	-	10	-
Rendement de motopompe (%)	60	Accessoires	250 000	10	25 000
Puissance de groupe (kVA)	5				
		Investissement Total	900 000	Amort_Total	90 000

Figure 30 : Coût de l'entretien GMP

Les résultats de la figure 30 présente le coût de l'entretien du GMP.

5.2.2.4. Détermination du coût total d'exploitation

Nous déterminons le $C_{d/l}$ suivant la formule [2].

$$C_{d/l} = C_d + C_l \quad (5.26)$$

Avec

$$C_d = P * Cons/an + X * C_{Tran} \quad (5.27)$$

Et $Cons/an$:

$$Cons/an = Cons/j * 365 \quad (5.28)$$

Avec $Cons/j$.

$$Cons/j = Cons/h * NH \quad (5.29)$$

D'autre part : Le coût des lubrifiants C_l

$$C_l = (P * Cons/an) * 20\% \quad (5.30)$$

P : Prix de litre du carburant.

L'écran de la figure 31 illustre Le coût annuel du carburant et lubrifiant, ainsi que Le coût d'exploitation total du groupe électrogène.

Système de pompage par groupe motopompe					
Exploitation de l'installation GMP			Invest (FCFA)		Coût/An (FCFA)
Besoins (m3/J)	60	Consommation/H	1,5		
Besoins annuels (m3/An)	21 900	Consommation/j	8	Carburant	1 506 125
Energie hydraulique (Wh/j)	7 358	Consommation/an	2 738		
Rendement de motopompe (%)	60	Prix du carburant	550	Lubrifiant	301 125
Tempe de pompage (H)	6	Distance (km)	10		
Puissance de groupe (kVA)	5	Coût du transport/km	50	Coût total d'exploitation	1 807 250

Figure 31 : Coût d'exploitation GMP

5.3. Résultats de l'étude comparative

La décision du pompage la plus spécifiée est intéressante lorsque son coût est le plus faible possible. En effet, nombreux paramètres influencent cette décision.

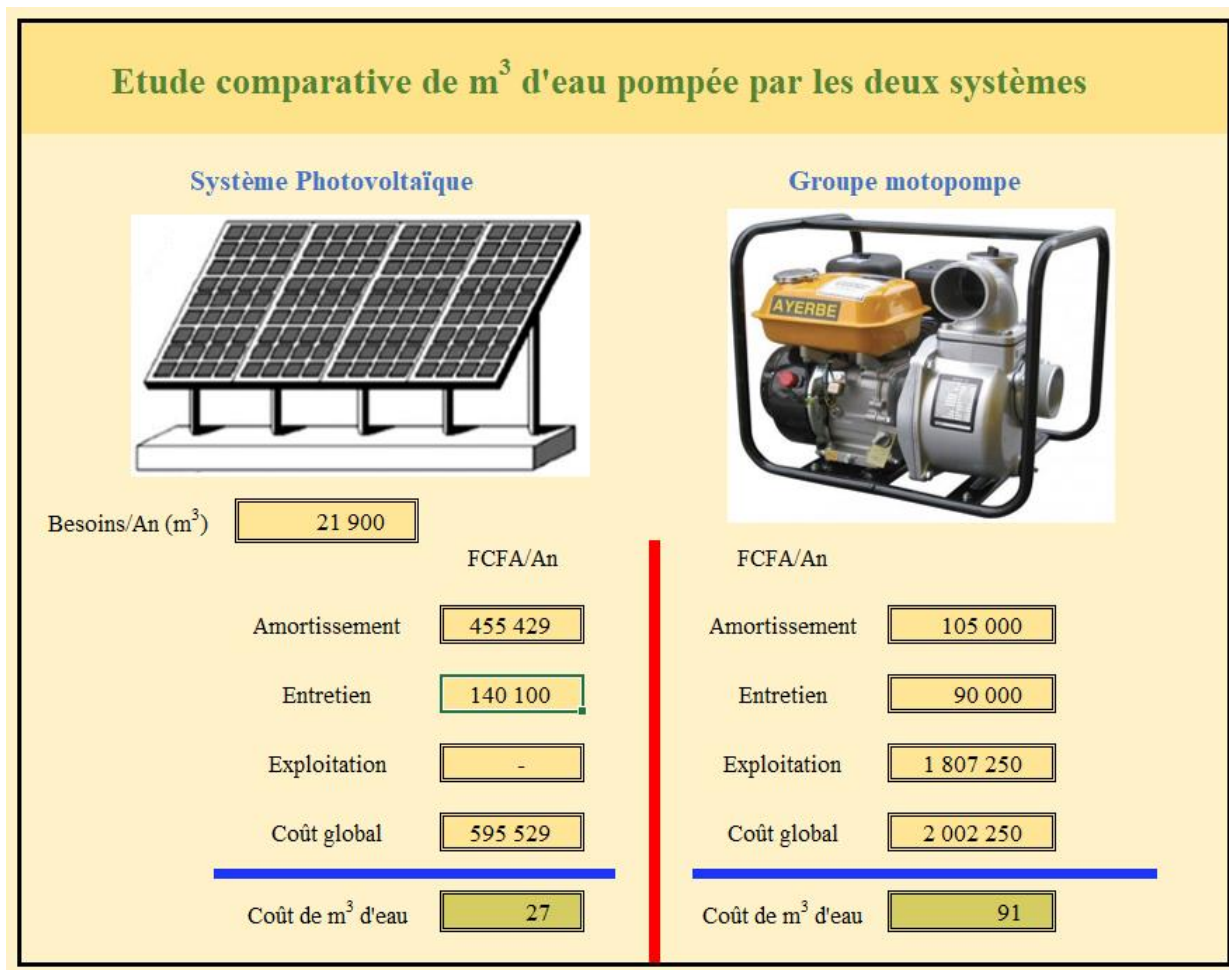


Figure 32 : Calcul du coût de m³ d'eau pompé par les deux systèmes photovoltaïques / électrogène

Pour mieux comparer les résultats, la feuille de calcul Excel de la présentation 32 montre simultanément les coûts globaux actualisés du volume d'eau pompé par les deux systèmes après 20 ans d'exploitation. Sur la base de notre cas particulier, nous constatons que le pompage d'eau par énergie solaire PV semble plus intéressant.

Nous constatons selon la figure ci-dessus qu'après un certain nombre d'année, cet investissement sera complètement amorti. D'autres indicateurs économiques

nous font penser que le coût d'investissement initial des solutions PV a tendance à diminuer dans le futur.

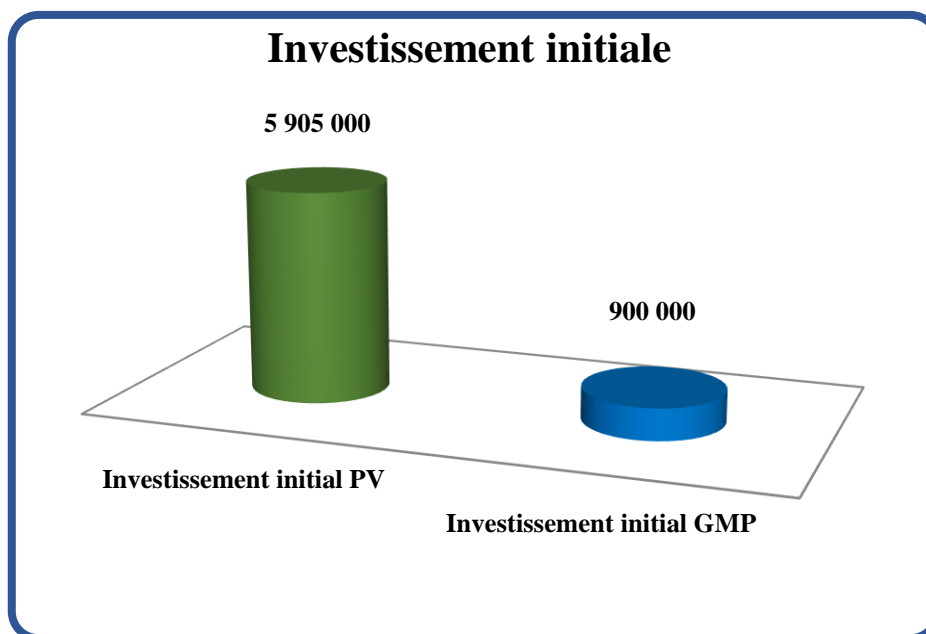


Figure 33 : Détermination des Coûts d'investissement initial des systèmes PV/GMP

Les figures 34 et 35 ci-après font une comparaison des coûts annuels totaux d'amortissement, de maintenance et d'entretien des deux systèmes. D'après les résultats de notre analyse, il ressort que le taux annuel d'amortissement du groupe motopompe est de 19% soit 105 000 FCFA contre 81% soit 455 429 FCFA pour le système PV et ceux relatifs à la maintenance et d'entretien est de 39% soit 90 500 FCFA contre 61% soit 140 100 FCFA pour le système PV.

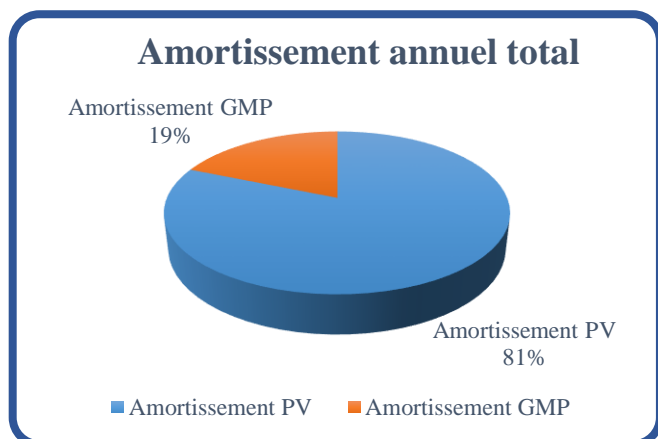


Figure 34 : Coûts d'amortissement annuel total des deux systèmes PV/GMP

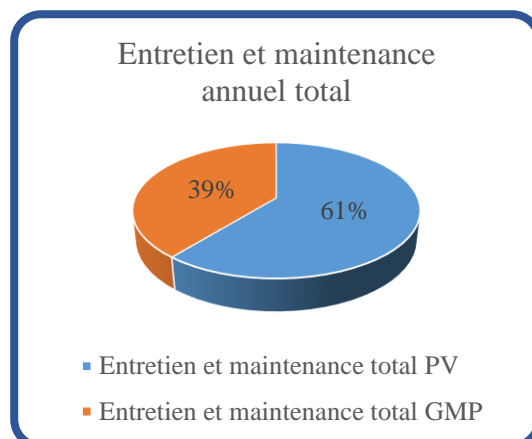


Figure 35 : Coûts de maintenance PV/GMP

5.4. Etude environnementale et social du système solaire PV

5.4.1. Introduction

Un impact sur l'environnement se rapporte aux conséquences ou aux effets causés par une action qui modifie les conditions de fonctionnement ou la durabilité d'un écosystème, d'une partie de celui-ci ou des individus qui le composent (DEKRA, 2013). A partir de cette affirmation et aussi conformément à la réglementation en vigueur au Bénin, toute installation d'infrastructure doit faire l'objet d'une étude d'impact environnemental et social. Ainsi, l'implémentation des systèmes PV de production d'électricité a fait l'objet d'analyse sur la modification des conditions de fonctionnement ou la durabilité de l'écosystème du site. Ce chapitre présente l'Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) du système. Elle est basée sur les informations disponibles à ce stade de l'étude et de ce fait, pourra être améliorée et complétée en cas de besoins par le promoteur du projet [20].

5.4.2. Etude d'impact environnemental et social du système solaire PV

5.4.2.1. Impacts positifs

❖ Sur le plan environnemental

La production de l'énergie à base de combustibles fossiles constitue une source d'émission de gaz à effet de serre dans les pays en voie de développement.

Selon les rapports des Organisations Mondiales de la Santé (OMS), 244 millions de tonnes de dioxyde de carbone sont émises chaque année du fait de l'utilisation des appareils ou machines à base de combustibles fossiles. Les centrales solaires photovoltaïques qui sont les sources d'énergie propres non polluantes constituent la solution pour une irrigation propre. Elles sont donc un bon début pour la réduction des émissions mondiales des gaz à effet de serre dans le domaine de l'agriculture.

En effet, les énergies renouvelables, contrairement à l'électricité issue de combustibles fossiles, ne génère aucun CO₂ durant leurs phases de production. La construction de la centrale PV que nous proposons permet d'éviter chaque année l'émission des tonnes de CO₂ dans l'atmosphère [17].

Ainsi, la quantité de CO₂ évitée par l'installation PV est alors déterminée grâce au facteur CO₂. Elle s'évalue comme suit [20] :

$$Q_{(CO_2)} = E_P * F_{(CO_2)} \quad (5.31)$$

E_P : Electricité produite annuelle en MWh soit 65740kWh/an et 65,740MWh/an
 $F_{(CO_2)}$: facteur de CO₂ en tCO₂/MWh avec 0,875 tCO₂/MWh d'émission (Deuxième communication nationale sur les changements climatiques, Juin 2011)

$Q_{(CO_2)}$: quantité de CO₂ évitée en tCO₂/an

D'où $Q_{(CO_2)} = 65,740 * 0,875$

$$Q_{(CO_2)} = 57,523 \text{ tonne } CO_2/an$$

❖ Sur le plan social

L'aspect social est de façon générale l'amélioration de la condition humaine par la satisfaction des besoins essentiels que représentent l'énergie électrique et l'amélioration de la qualité de vie de la population. L'implantation d'une centrale PV aura des impacts positifs pour la zone du projet et les communautés qui s'y trouvent. Pendant la phase de construction, il y aura création de l'emploi

et de nouvelles opportunités génératrices de revenu à deux niveaux. Il aura emplois directs et emplois indirects. Ces emplois indirects sont notamment liés à l'augmentation de l'activité des entreprises locales existantes pour la fourniture de matériaux et d'équipements nécessaires à l'activité ainsi que pour l'entretien quotidien des travailleurs et à la création sur place d'une entreprise pour l'assemblage du champ solaire. Les entreprises locales peuvent participer à différentes prestations de maintenance, gardiennage, nettoyage industriel, etc.

La mise en place de cette centrale permettra de rendre le site plus éclairé ce qui contribuera à l'amélioration de la surveillance des travaux sur le site. Les technologies proposées contribueront également à développer des expertises nationales par la formation des techniciens aux nouvelles technologies d'énergies renouvelables et non polluantes. Cette expertise pourra être partagée dans la sous-région et dans d'autres régions d'Afrique. Elle contribuera à l'amélioration des conditions sanitaires et de sécurité des populations sur le site.

5.4.2.2. Impacts négatifs

❖ Sur le plan social

La construction de la mini-centrale solaire est susceptible par ailleurs d'avoir des impacts négatifs au niveau social :

- pendant la phase d'exploitation, la mini-centrale photovoltaïque embauchera moins d'employés à plein temps sur le site ;
- une augmentation du trafic routier est à envisager durant la phase de construction. Ce trafic peut engendrer une gêne temporaire en raison du bruit et des soulèvements de poussière liée aux déplacements des gros engins de travail ;
- pendant les phases de la construction et de l'exploitation, le site ne pourra plus être traversé par les maraichères. Une clôture sera mise en place autour du site.

❖ **Sur le plan environnemental**

Sur le plan environnemental on note que :

- la construction de la mini-centrale solaire nécessite au préalable l'abattage de tous les arbres, puis le terrassement complet du site d'où la disparition de certaines espèces d'arbres ;
- l'exécution des travaux va nécessiter une occupation des terres proportionnelles à la puissance à installer d'où le déplacement d'éventuels espaces de cultures maraichères ;
- la déforestation provoquera aussi le déplacement des espèces animales telles que les oiseaux ;
- de plus, les eaux de ruissellement issu des plans des modules provoquent la dégradation du sol ainsi transformé.

5.4.3. Mesures de compensation des impacts négatifs

Les principales mesures à prendre pour limiter les impacts socio-environnementaux sont :

- la création d'un périmètre de reboisement en compensation des arbres abattus ;
- la construction d'un réseau de récupération et de recyclage des eaux pluviales ;
- l'amélioration de la voie d'accès du site ;
- l'aide à la réinstallation des éventuelles activités agricoles déplacées ;
- la main d'œuvre locale sera utilisée pour l'entretien des installations elle apportera son soutien à la construction d'équipements socio-collectifs dans le village ;
- la création d'infrastructures sociocommunitaires (écoles, dispensaires, centres de jeux et de loisir etc.) ;

- la mise en place des installations de drainage adéquates pour éviter la dégradation des sols par les eaux de ruissellement autour des emprises de la centrale.

En conclusion, le système solaire PV est une source d'énergie propre et silencieuse. Les impacts sont plutôt avantageux sur le plan social que sur le plan environnemental à l'exploitation.

5.5. Conclusion

Ce travail nous a permis de présenter les résultats assortis de l'étude économique comparative détaillée prix actualisé du volume d'eau des deux systèmes.

L'étude de l'impact environnemental et social du système solaire photovoltaïque (PV) a identifié un certain nombre d'impacts. Ces impacts environnementaux et sociaux sont classés en trois catégories : impacts négatifs non significatifs, impacts négatifs significatifs et impacts positifs. Ces impacts sont également répartis en 4 groupes selon le milieu qu'ils affectent : le paysage, le milieu physique, le milieu biotique et la population.

Il ressort de cette étude que les différentes configurations du système ne présentent pas des impacts majeurs à l'atteinte de l'environnement.

Conclusion générale

Ce travail, nous a permis de dimensionner un système PV destiné à l'irrigation des maraichages à Grand-Popo plus précisément ceux du village de Yodo Condji.

La présentation des différentes possibilités nous permet de faire un choix suivant les critères techniques. Le premier est d'ordre économique moins de trois (03) fois le prix de revient du second système existant.

Il nous faut envisager la disponibilité du matériel et la possibilité de disposer d'une gamme étendue de pièces pour le nouveau système proposé.

Les résultats de notre calcul pour l'évaluation du coût d'eau peuvent être changés, parce que plusieurs facteurs peuvent influencer ces résultats, car les variations potentielles des paramètres sont trop importantes donc notre calcul permet de situer le niveau des coûts.

Pour le futur, plusieurs facteurs laissent prévoir une diminution des frais d'investissement et une amélioration de la compétitivité du pompage photovoltaïque telle que l'amélioration de la conception etc. (l'optimisation de fonctionnement de système), l'amenant à un accroissement du rendement et une réduction de la taille requise pour les panneaux.

Références bibliographiques

- [1] Boussouf Roumaïssa & Benattallah Kheira (2021) : Etude, dimensionnement et réalisation d'un prototype d'irrigation photovoltaïque, Université Larbi BEN M'HIDI O.E.B, Faculté des Sciences exactes et S.N.V., Algérie, 88p.
- [2] Mohamed Lakhdar LOUAZENE : Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla, mémoire de Magister en Electrotechnique à l'Université El Hadj LAKHDAR – BATNA, Faculté des Sciences de l'Ingénieur à l'Algérie, 101p., 12 juin 2008.
- [3] FILIÈRE TOMATE AU BÉNIN Une culture séculaire et d'intérêt nutritionnel
(file:///D:/COURS%20MASTER%20ERSE%202020%202021/THEME%20DE%20MEMOIRE%20&%20RAPPORT/Nouveau%20dossier/FILI%C3%88RE%20TOMATE%20AU%20B%C3%89NIN%20Une%20culture%20s%C3%A9culaire%20et%20d%E2%80%99int%C3%A9r%C3%AAt%20nutritionnel%20%E2%80%93%20aigbenin.html).
- [4] Claude Comlan Agbatan AHOANGNINO (2013) : Durabilité de la production maraichère au sud-Bénin : un essai de l'approche Ecosystémique, Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 333p.
- [5] Landry FANOU (2008) : Rentabilité financière et économique des systèmes de productions maraichères au Sud- Bénin : Cas de la tomate (*Lycopersicum esculentum*) et du chou pommé (*Brassica oleracea*), Thèse d'ingénieur agronome de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 145p.
- [6] F. Lasnier, T. G. Ang, « Photovoltaic Engineering Handbook », IOP Publishing Ltd. 1980.ISBN 0-85274-311-4, p. 559.
- [7] B. Flèche, D. Delagnes (2007) : Production d'énergie électrique : Energie solaire photovoltaïque, STI ELT, Approche générale, 18p.

- [8] FAHAD Maoulida, KASSIM Mohamed Aboudou (2020) : Modélisation d'un module photovoltaïque de type BP Solar BP SX150-150W Multi-crystalline pour la génération d'énergie électrique, Université d'Antananarivo, Madagascar, 7p.
- [9] M. Angel, C. Pastor (2006) : Conception et réalisation de modules Photovoltaïque électroniques, Thèse de Doctorat à l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 146p.
- [10] M.S. Aït Cheikh et al. (2007) : « Maximum power point tracking using a fuzzy logic control scheme », Laboratoire des Dispositifs de Communication et de Conversion Photovoltaïque Département d'Electronique, Ecole Nationale Polytechnique, Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°3 (2007) 387 – 395, Algérie.
- [11] J. Royer, T. Djako, E. Schiller, B. S. Sy (2002) : « Le pompage photovoltaïque », Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, Université d'Ottawa, 281p.
- [12] A. Hadj Arab, M. Benghanem et A. Gharbi (2005) : Dimensionnement de Systèmes de Pompage Photovoltaïque, Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 19–26.
- [13] IMPACT Consultants (2013) : Plan de Développement Communal de Grand-Popo, 2^{ème} génération : 2013-2018, 122p.
- [14] A. ADJATIN et al. (2019) : Diversité biologique et caractérisation de l'activité de maraîchage sur le site de Grand-Popo au Sud Bénin, International Journal Biological and Chemical Sciences 13 (6) : pp. 2750-2764, October 2019.
- [15] www.panellipumps.it
- [16] LAFIA SEIDOU Imorou (2017) : Etude et dimensionnement des systèmes de pompage photovoltaïque dans les localités rurales du Bénin : Cas de Adjakpata, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Burkina Faso, 77p.

[17] www.grundfos.com

[18] RETScreen international "Centre d'aide à la décision sur les énergies propres" « www.retscreen.net sahariennes », Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS) Ouargla - 12 et 13 décembre 2005. *Pompage Photovoltaïque* 'Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 19-26.

[19] B. Bouzidi et A. Malek : *Analyse Micro Economique des Systèmes Energétiques - Station de Pompage* », Laboratoire d'Energie Solaire Photovoltaïque, Centre de Développement des Energies Renouvelable, *Rev. Energ. Ren : ICPWE (2003) 53-60*, Algérie.

[20] Mamidou TCHOUTCHA (2021) : *Étude et simulation des systèmes PV, éolien et hybride PV/éolien pour l'électrification des localités rurales dans la zone côtière du Bénin : cas du village Adouko (commune de Ouidah)*, Faculté des Sciences et Techniques à l'UAC Abomey-Calavi, 89p.

[21] Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (2016) : *Cahier des villages et quartiers de ville du Département du Mono (RGPH-4, 2013)*, 31p.

[22] B. R. ASSOGBA et al. (2008) : *Typologie des exploitations maraîchères au Sud-Bénin*, Université d'Abomey-Calavi - Diplôme d'Ingénieur Agronome, Option Economie Socio-Anthropologie et Communication pour le développement, 2008.

[23] Degla Mohammed Larbi et Ben Ahmed Bachir (2017) : *Dimensionnement d'un Système de Pompage Photovoltaïque*, Université Kasdi Merbah Ouargla, Département d'Electronique et des Télécommunications, 44p.

[24] Mohamed Lakhdar LOUAZENE (2015) : *Contribution à l'optimisation des systèmes photovoltaïques utilisés pour l'irrigation dans les zones sahariennes – Application zone de Ouargla*, Université El Hadj LAKHDAR-BATNA, 55p.

Références sitographiques

- [25] <https://www.grandpopo.net/la-commune-de-grand-popo/>
- [26] <https://benin-tourisme.com/villes-benin/grand-popo>
- [27] https://hydromet.net.pl/images/panelli/deszczownia/pompy-panelli_rec/panelli-rec-katalog.pdf
- [28] <https://www.panellipumps.it/pdf/95-pr-500.pdf>
- [29] <https://fr.climate-data.org/afrique/benin/mono/grand-popo-52365/>
- [30] <https://fr.weatherspark.com/y/45787/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Grand-Popo-B%C3%A9nin-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e>

ANNEXES

Annexe 1



IGNITE THE POWER OF NATURE Polycrystalline PV Module

AR- P300W~AR-P345W SERIES

72 Cells

300-345Wp Output Power Range

Max system voltage 1500V standard



OREX

Address: U.A.E, DUBAI, DAFZA

TEL: +971 42324546

Benefits

- High efficiency solar cells with high transmission and textured glass are delivering high efficiency for
- Bypass diode minimizes the power drop caused by shade;
- Tempered glass, EVA resin, and weatherproof film, plus aluminum frame for extended outdoor use;
- Modules independently tested to ensure conformance with certification and regulatory standards;
- Manufacturing facility certified to ISO 9001/ISO 14001; quality management system standards.



Key Features

- **OUTPUT POSITIVE TOLERANCE:**
Guaranteed 0~+5W positive tolerance ensures power responsibility
- **PASSED HAIL TEST:**
Certified to hail resistance: ice ball size (d=45mm) and ice ball velocity(v=23.m/s).
- **PID RESISTANCE:**
Excellent PID resistance at (-40℃~+85℃) test, and also can be improved to meet higher standards for the particularly harsh environment.
- **EXCELLENT MECHANICAL LOAD CAPABILITY:** Certified to withstand: snow load (5400 Pa) and wind load (2400 Pa).
- **WARRANTIES:**
12 year limited product warranty; 25 year limited power output warranty(90% for 10 years, and 80% for 25 years),Please refer to our Warranty Terms conditions

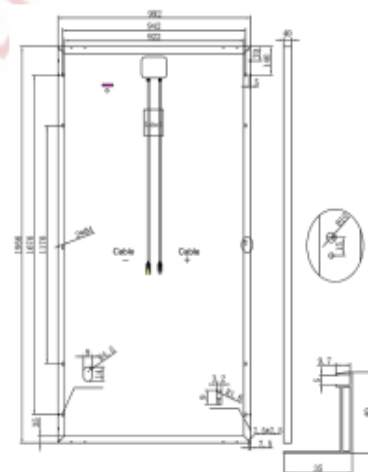
ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Electrical parameters at STC (irradiance 1000W/m ² , ambient temp 25°C, Atmospheric quality AM1.5)											
Module Type	AR-P300W~AR-P345W										
Power output(W)	Pmax	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
Power output tolerances	ΔPmax	0~+5W									
Module efficiency(%)	ηm	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01	17.26	17.52	17.78
Voltage at Pmax(V)	Vmp	36.25	36.36	36.85	37.58	37.62	37.69	37.71	37.77	37.82	37.96
Current at Pmax(A)	Imp	8.28	8.39	8.41	8.38	8.51	8.62	8.83	8.91	8.99	9.09
Open circuit voltage(v)	Voc	43.87	43.9	44.19	44.3	44.47	44.65	44.71	44.88	45.08	45.17
Short circuit current(A)	Isc	8.82	8.96	8.99	9.05	9.08	9.15	9.26	9.43	9.52	9.66

Electrical parameters STC (irradiance 800W/m ² , ambient temp 25°C, wind speed 1/m/s)											
Module Type	AR-P300W~AR-P345W										
Power output(W)	Pmax	224.0	227.7	231.5	235.2	238.9	242.7	246.4	250.1	253.9	257.6
Voltage at Pmax(V)	Vmp	33.17	33.27	33.72	34.39	34.42	34.49	34.50	34.56	34.61	34.73
Current at Pmax(A)	Imp	6.75	6.85	6.86	6.84	6.94	7.04	7.14	7.24	7.34	7.42
Open circuit voltage(v)	Voc	40.14	40.17	40.43	40.53	40.69	40.85	40.91	41.07	41.25	41.33
Short circuit current(A)	Isc	7.63	7.73	7.76	7.73	7.84	7.95	8.07	8.18	8.29	8.38

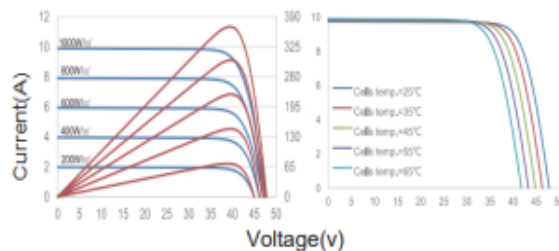
Mechanical Data	
Module Dimension (mm)	1956×992×40
Cells	156.75*156.75 72 (6×10)
Weight (kg)	22.5
Class	High transmission glass 3.2mm
anti-reflective coating	Antireflecting glass
Junction box IP rating	IP67 1500VDC 3 bypass diode
Gable	TUV certified 4mm ²
Connector type	MC4 compatible
Fire performance	Class C

Module Dimension Details



Working Conditions & Temperature	
Temperature coefficient (P mpp)	-0.39%/°C
Temperature coefficient (I sc)	+0.05%/°C
Temperature coefficient (V oc)	-0.29%/°C
NOCT	45°C±2 °C
Maximum system voltage (IEC/UL)	1500V DC
Maximum series fuse rating	15A

IV-Curves



Packing	
packing unit	27pcs/box
1*40'HQ	22Pallets/594pcs

Annexe 2

Groupe motopompe

Code fiche produit : 3950841



- Moteur: KIOTSU KT-168
- Pompe: ALUM VAC-2
- Débit: 30.000 L/H
- Démarrage manuel

Prix sur demande

Demander un devis

OU

Voir sur techni-contact.com

Description du produit



Devis ou Commande ?
Contacter un expert



01.72.08.01.14

Découvrez cette **Motopompe à démarrage manuel**, une solution de pompage utile pour les travaux tels que :

- L'entretien,
- L'irrigation,
- L'arrosage...

C'est une **pompe à eau** robuste avec une turbine en aluminium durci traité contre la corrosion.

Grâce à son moteur Kiotsu de bonne qualité, cette **motopompe mobile** peut pomper un débit de 30 000 Litres par heure.

Caractéristiques :

MOTEUR: KIOTSU KT-168
Pompe: ALUM VAC-2
Tuyau d'arrosage: 50 mm.
Hauteur max.(pression) 30 m. (3 BAR)
Débit: 30.000 L/H
Tank fuel: 3,6 l.
Noise level: 95 dB
Poids: 23 kg.
Démarrage manuel
Dimensions: 500 x 450 x 450 mm.

Pompe et turbine en aluminium durci traité anticorrosion.
Aspiration avec un tuyau annelé jusqu'à 8 mètres maximum.

D'autres modèles de moto pompes sont disponibles :

Modèle 1 :

- Moteur : KIOTSU KT 168
- Pompe : ALUM VAC-3
- Tuyau d'arrosage : 75 mm.
- Hauteur max. . (pression) 20 m. (2 BAR)
- Débit : 60.000 L/H
- Réservoir : 3,6 l.
- Niveau sonore : 95 dB
- Poids : 29 kg.
- Démarrage manuel
- Dimensions : 500 x 450 x 450 mm.

- Pompe et turbine en aluminium durci traité anticorrosion.
- Aspiration par tuyau annelé à 8 mètres maximum.

Modèle 2 :

- Moteur : KIOTSU NH130
- Pompe : ALUM VAC-1'5
- Tuyau d'arrosage : 40 mm.
- Hauteur max. (pression) 15 m. (1,5 BAR)
- Débit : 10.000 L/H
- Réservoir : 1,4 l.
- Niveau sonore : 95 dB
- Poids : 12 kg.

- Démarrage manuel
- Dimensions : 400 x 320 x 400 mm.
- Pompe et turbine en aluminium durci traité anticorrosion.
- Aspiration par tuyau annelé à 8 mètres maximum.
- Motopompes de transvasement d'eau propre.



Annexe 3 : Les fiches de collectes

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSEMENT AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraicher	AYISSAN Emile
Zone d'implantation (quartier)	Yodo - Kondji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	0,5 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	Néant
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	/
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	52 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit artisanal
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	150F
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5KVA
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4,15 KW
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	10
hauteur manométrique si possible (Hm)	/
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	250.000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	6h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	7,5 L
Coût unitaire de carburant en FCFA	550 FCFA
Nombre d'année d'utilisation du groupe	4 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	10
Coût de revient d'une vidange du groupe	600
Nombre mensuel de dépannage du groupe	4
Coût moyen d'un dépannage	5000 en moyenne
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	Néant

Grand-Popo, le 29-06-22
 Ayissan
 AYISSAN Emile

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	BODEHOUN Biemobemue
Zone d'implantation (quartier)	Yodo-Kondji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	0,5 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	/
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	/
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	56 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit artésien
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	Néant
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5 KVA
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	COSP = 90% - 4200W
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	9,5 m ³ /h
hauteur manométrique si possible (Hm)	15 m
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	120.000 à 240.000
Temps de fonctionnement journalier (heures)	5 h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	0,93/h à 1,5/h
Coût unitaire de carburant en FCFA	550 ^F
Nombre d'année d'utilisation du groupe	4 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	3 à 5
Coût de revient d'une vidange du groupe	500 à 1500
Nombre mensuel de dépannage du groupe	2
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 10.000
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	/

Grand-Popo, le 29-06-22



BODEHOUN Biemobemue

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSEMENT AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	HOUNDOLYO Christophe
Zone d'implantation (quartier)	Yodo-kondji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	1 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	/
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	/
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	58 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit artisanal
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	Neant
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5 KVA
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	0,5 à 90% - 4200W
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	9,5 m ³ /h
hauteur manométrique si possible (Hm)	15 m
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	120 000 à 240.000
Temps de fonctionnement journalier (heures)	5h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	0,93 /h à 1,5/h
Coût unitaire de carburant en FCFA	550F
Nombre d'année d'utilisation du groupe	4 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	3 à 5
Coût de revient d'une vidange du groupe	500 à 1500
Nombre mensuel de dépannage du groupe	2
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 10.000
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	/

Yodo-kondji, le 28-06-22

HOUNDOLYO Christophe

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraicher	Darius AZAÏNO
Zone d'implantation (quartier)	YODO KONDJI
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	1 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	/
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	55 m ³
Source de provenance de l'eau	Forage
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	105 FCFA
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	(5 KVA ; 0,88)
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	10,5 m ³ /h, 0,86
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	10,5 m ³ /h
hauteur manométrique si possible (Hm)	15 m
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	25000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	15 x 3
Type de carburant utilisé	Esence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	4,5 x 3 x 0,83
Coût unitaire de carburant en FCFA	550 à 600
Nombre d'année d'utilisation du groupe	03 ans mini
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	3 à 4 fois
Coût de revient d'une vidange du groupe	500 à 1000
Nombre mensuel de dépannage du groupe	4 à 5 fois
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 18000 F
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	

Grand-Popo
le 30-06-22

Darius AZAÏNO
95704664

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	BOUEHOUN Firmin
Zone d'implantation (quartier)	YODOKONDJI
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	1 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	—
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	300m ² /sa dépend
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	44,5 à 60L
Source de provenance de l'eau	Puits
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	—
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5KV, $\eta = 65\%$
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4,8 KW, $\text{Cosa} = 0,9$
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	8 m ³ /h
hauteur manométrique si possible (Hm)	—
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	120.000 à 240.000
Temps de fonctionnement journalier (heures)	4,5 à 6L
Type de carburant utilisé	essence / GPL
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	0,85 L/h
Coût unitaire de carburant en FCFA	600 F
Nombre d'année d'utilisation du groupe	3 à 4 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	4 au moins
Coût de revient d'une vidange du groupe	1000 à 1500
Nombre mensuel de dépannage du groupe	3
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 10.000
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	—

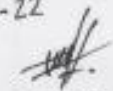
Yodo-kondji, le 30-06-22. *[Signature]*

Firmin BOUEHOUN

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO


FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraicher	HOUNDOLO Hypolite
Zone d'implantation (quartier)	Yodo-Kondji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	0,5 hectare.
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	—
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	—
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	50 à 55 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit artisanal
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	—
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	EBERTH 6,5 CV
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4,8 KW, η = 60%
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	60.000 L/h
hauteur manométrique si possible (Hm)	14
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	280.000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	4 à 6 h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	6 à 7,5 L
Coût unitaire de carburant en FCFA	550 à 600 F
Nombre d'année d'utilisation du groupe	3 à 4 ans.
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	3 à 5 fois
Coût de revient d'une vidange du groupe	500 à 1000 F
Nombre mensuel de dépannage du groupe	2 à 4
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 15000 F
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	—

Yodo-Kondji, le 28-06-22


HOUNDOLO Hypolite

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraicher	BODEHOUN Jeanmôt
Zone d'implantation (quartier)	Yodo - Komdji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	1 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	Néant
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	/
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	55 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit artisanal
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	150F
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5 KVA
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4200W
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	10
hauteur manométrique si possible (Hm)	/
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	250.000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	6h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	7,5L
Coût unitaire de carburant en FCFA	550 FCFA
Nombre d'année d'utilisation du groupe	4 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	10
Coût de revient d'une vidange du groupe	550 à 600
Nombre mensuel de dépannage du groupe	4
Coût moyen d'un dépannage	6000 en moyenne
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	Néant

Grand-Popo, le 29-08-2022 

BODEHOUN Jeanmôt

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	KASSA Comlan Yves
Zone d'implantation (quartier)	Yodo - Komdji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	0,5 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	?
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	Néant
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	57 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	Néant
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5 KVA ; $\eta = 70\%$
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4 KVA $\eta = 80\%$
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	10 KW
hauteur manométrique si possible (Hm)	-
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	230.000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	6 h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	7,5 L
Coût unitaire de carburant en FCFA	600 FCFA
Nombre d'année d'utilisation du groupe	3 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	4 fois
Coût de revient d'une vidange du groupe	1000F
Nombre mensuel de dépannage du groupe	3
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 10.000
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	Néant


Yodokondji
le 27-06-20



KASSA Comlan Yves

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	Philomène OUNSOLO
Zone d'implantation (quartier)	YOBONKONOST
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	1 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	—
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	—
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	45 à 60 m ³
Source de provenance de l'eau	Puits
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	100 FCFA
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	4,8 KVA
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4,2 KW, COP = 0,80
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	3,5 m ³ /h
hauteur manométrique si possible (Hm)	12 m
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	180.000 à 250.000
Temps de fonctionnement journalier (heures)	6h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	1,56/h
Coût unitaire de carburant en FCFA	600 F
Nombre d'année d'utilisation du groupe	3 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	4 fois
Coût de revient d'une vidange du groupe	1500
Nombre mensuel de dépannage du groupe	6 selon utilisation
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 10000
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	—

Grand-Popo, le 30-06-22 
Philomène OUNSOLO

... ET SYSTEMES ENERGETIQUES A L'UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	KAKPOSSA Sébastien
Zone d'implantation (quartier)	Yodo - Kondji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	0,5 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	/
Taux d'augmentation des espaces exploités par an (hectare ou en m ²)	/
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	50 à 55 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit artésien
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	/
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	EBERTH 6,5 CV
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4,8 Kw, $\eta = 60\%$
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	60.000 L/h
hauteur manométrique si possible (Hm)	14
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	260.000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	5 à 6 h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	6 à 7,5 L
Coût unitaire de carburant en FCFA	550 à 600 F
Nombre d'année d'utilisation du groupe	4 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	4 à 5 fois
Coût de revient d'une vidange du groupe	500 à 1000 F
Nombre mensuel de dépannage du groupe	2 à 4
Coût moyen d'un dépannage	1000 à 10.000 F
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	/

Grand-Popo, le 29-06-2022



KAKPOSSA Sébastien

FICHE D'ENQUETE RELATIVE A L'ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE SOLAIRE POUR L'ALIMENTATION DES POMPES A ARROSAGE AU PROFIT DES MARAICHERS DE GRAND-POPO

FICHE D'ENQUETE	
Nom et prénoms du Maraîcher	HOUNDOLYD Sylvain
Zone d'implantation (quartier)	Yodo-Kondji
DONNEES DU CHAMPS	
Superficie totale de la terre occupée (hectare ou m ²)	0,5 hectare
Temps annuel d'exploitation (mois, semaines)	12 mois
Coordonnées géographiques	?
Taux d'augmentation des espaces exploités par un (hectare ou en m ²)	Néant
DONNEES DE L'EAU	
Volume d'eau utilisé par jour pour l'irrigation	55 m ³ voir 58 m ³
Source de provenance de l'eau	Puit
Coût d'achat de 1m ³ d'eau si possible (FCFA)	Néant
GROUPE-MOTOPOMPE	
Capacité du groupe (KVA, Cosa)	5KVA ; $\eta = 70\%$
Capacité de la motopompe (KVA, Cosa)	4KVA $\eta = 80\%$
Le débit de la motopompe (m ³ /h)	10 m ³ /h KW
hauteur manométrique si possible (Hm)	12m
Coût d'achat du groupe-motopompe (FCFA)	230.000 FCFA
Temps de fonctionnement journalier (heures)	6h
Type de carburant utilisé	Essence
Quantité journalière moyenne de carburant (Litres)	7,5 L
Coût unitaire de carburant en FCFA	600 FCFA
Nombre d'année d'utilisation du groupe	3 ans
ENTRETIEN DU GROUPE-MOTOPOMPE	
Nombre mensuel de vidange du groupe	3
Coût de revient d'une vidange du groupe	1000 F
Nombre mensuel de dépannage du groupe	3
Coût moyen d'un dépannage	1500 à 10.000
AUTRES	
Autres dépense liée à achat du matériel (groupe-motopompe et accessoires y relatifs) en FCFA	Néant

Grand-Popo
le 27-06-22


HOUNDOLYD Sylvain