

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Électrotechnique

Spécialité : Commandes électriques

Par : ATTAR Fadia Malek et BOUKHARI Imane

Sujet

**Étude et simulation d'un système photovoltaïque pour
une ferme agricole**

Soutenu publiquement, le 04 / 06 / 2024, devant le jury composé de :

Mme. BOURI Sihem

Mr. LOUCIF Mourad

Mr. BENHABIB Mohamed Choukri

Mr. MELIANI Sidi Mohammed

MCA

MCA

Professeur

Professeur

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Président

Examineur

Encadreur

Co-Encadreur



Dédicace

À mes chers parents, je souhaite exprimer toute ma gratitude pour être les phares qui ont éclairé mon chemin dans les moments les plus sombres et pour être la source constante d'encouragement qui a nourri ma détermination. Votre soutien inconditionnel et votre amour indéfectible ont été les fondations sur lesquelles j'ai pu construire mon parcours. Chaque pas que j'ai fait, chaque réussite que j'ai atteinte, je vous le dois en grande partie. Votre présence bienveillante et votre guidance précieuse ont été des cadeaux inestimables pour lesquels je serai éternellement reconnaissant.

À la personne qui a été une source d'encouragement, ses actes ont coloré ma vie d'espoir. Merci pour ta présence précieuse et ta bienveillance inépuisable.

À mes frères, bien-aimés, compagnons de mes joies. Ensemble, nous avons partagé des souvenirs qui resteront gravés dans nos cœurs pour l'éternité.

Votre amour et votre soutien ont illuminé mon chemin tout au long de ce parcours académique. Cette réussite est aussi la vôtre. Merci pour tout.

*Avec amour et gratitude,
FADIA MALEK ATTAR*



Dédicace

À ma très chère mère, affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

À la mémoire de mon Père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

À mon cher mari, Mes phares dans la nuit et ma source d'encouragement infini.

À tous personne qui occupent une place dans mon cœur et qui colorent mes jours de leur présence chaleureuse.

À ma sœur et mon frère, bien-aimés, compagnons de mes joies.

Votre amour et votre soutien ont illuminé mon chemin tout au long de ce parcours académique. Cette réussite est aussi la vôtre. Merci pour tout.

BOUKHARI Imane



Remerciement

Nous sommes profondément reconnaissants envers Monsieur BENHABIB MOHAMED CHOUKRI et Monsieur MELIANI SIDI MOHAMMED pour leur soutien tout au long de notre parcours. Leurs conseils et leurs encouragements ont été des piliers essentiels dans la réalisation de ce travail. Nous leur sommes infiniment reconnaissants pour leur générosité et leur disponibilité, qui ont grandement enrichi notre expérience académique.

Nous tenons également à exprimer notre sincère gratitude envers les membres du jury, notamment Madame BOURI SIHEM et Monsieur LOUCIF MOURAD pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Monsieur LAZREG MOHAMED HAITHAM et Monsieur LOUCIF MOURAD pour leur soutien continu et leurs conseils précieux, qui ont joué un rôle déterminant dans la réussite de ce mémoire.

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Symboles et Abréviations.....	iii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Transition vers une agriculture durable à la ferme agricole Belaidouni Mohamed	3
I.1. Introduction.....	4
I.2. Contexte et description de la ferme	4
I.3. Parc matériel	5
I.4. Diversification des cultures.....	5
I.5. Gestion des ressources hybrides	6
I.6. Irrigation dans cette ferme	7
I.7. Consommation d'énergie à la ferme	8
I.8. Transition vers l'énergie solaire.....	8
I.9. Étapes de l'utilisation du logiciel PV syst V7.4 pour le dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour le pompage.....	9
I.9.1. Orientation des panneaux photovoltaïques	13
I.9.2. Choix des caractéristiques du système de pompage.....	16
I.9.3. Exécution de la simulation	18
I.10. Conclusion	20
Chapitre II : Étude théorique des systèmes photovoltaïque.	21
II. 1. Introduction	22
II. 2. Panneau photovoltaïque.....	22
II.3. Applications des panneaux photovoltaïques.....	22
II.4. Caractéristiques techniques d'un module photovoltaïque	23
II.5. Tests des caractéristiques électriques des panneaux.....	24
II.6. Branchement des panneaux photovoltaïques.....	25
II.7. Champ photovoltaïque.....	26
II.8. Ensoleillement et inclinaison optimale.....	27
II.9. Influence de l'éclairement	27
II.10. Influence de la température	31
II.11. Limite du logiciel PV syst	35
II.12. Utilisation de l'électronique de puissance	35
II.12.1. Convertisseur boost	35
II.12.2. Convertisseur Buck-Boost.....	36
II.13. Avantages et inconvénients des convertisseurs Boost et Buck-Boost.....	37

II.14. Dimensions des composants du convertisseur Boost	37
II.15. Onduleur	39
II.16 Pompes.....	40
II.17. Conclusion	41
Chapitre III : Simulation d'un système comprenant panneaux photovoltaïques, hacheur, onduleur et moteur asynchrone.	42
III.1. Introduction	43
III.2. Étude de cas (Description de notre système)	43
III.3. Panneau photovoltaïque	43
III.4. Influence de la température et de l'irradiance sur notre système photovoltaïque.....	45
III.5. Calcul des paramètres du convertisseur Boost.....	48
III.6. Calcul de la puissance de la pompe.....	49
III.7. Commande du moteur asynchrone.....	52
III.8. Simulation du système complet.....	53
III.9. Résultats de simulation.....	55
III.10. Analyse économique des systèmes de pompage	57
III.11. Conclusion.....	58
Conclusion générale	59
Références bibliographiques	61
Annexe	66

Liste des figures

Figure I. 1: Entrée de la ferme Belaidouni Mohamed.....	4
Figure I. 2: Oranger - Ferme Belaidouni.....	6
Figure I. 3: Source d'eau 1l/s.	7
Figure I. 4: Bassin géomembrane.....	7
Figure I. 5: Moteur diesel dans la deuxième station de pompage.	8
Figure I. 6: Conception d'un projet de pompage.	10
Figure I. 7: Définir le nom du fichier du projet.....	10
Figure I. 8: Définir le site du projet.....	10
Figure I. 9: Identification le site à partir la liste	11
Figure I. 10: Identification pour crée un nouveau site.	11
Figure I. 11: Paramètre du site géographique, nouveau site.	12
Figure I. 12: Identification des coordonnées géographique et lieu du site.....	12
Figure I. 13: Enregistrement du fichier	13
Figure I. 14: Enregistrement du fichier de projet.	13
Figure I. 15: Orientation des PV.	14
Figure I. 16: Identification des différents paramètres pour l'orientation.	14
Figure I. 17: Définition du besoin d'eau.	15
Figure I. 18: Identification du circuit	16
Figure I. 19: Identification du besoin d'eau et de la pression.	16
Figure I. 20: Définir les caractéristiques du système du pompage.....	17
Figure I. 21: Caractéristique de la pompe.	17
Figure I. 22: Conception du sous champ.....	18
Figure I. 23: Lancement de la simulation.....	18
Figure I. 24: Exécution du rapport de la simulation.....	19
Figure I. 25: Bilans et principaux résultats du rapport de simulation.	19
Figure II. 1:Influence de l'éclairement.....	27
Figure II. 2:Caractéristique courant tension en fonction de l'éclairement fait par Matlab	28
Figure II. 3: Caractéristique courant tension en fonction de l'éclairement pris du Datasheet.	28
Figure II. 4: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres.	29
Figure II. 5: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres du panneau photovoltaïque.....	29
Figure II. 6: Fenêtre PV syst pour la visualisation des courbes du panneau photovoltaïque.....	30
Figure II. 7: Caractéristique courant tension en fonction de l'irradiance pris par PV syst.	30
Figure II. 8: Influence de la température.....	31
Figure II. 9: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres.	32
Figure II. 10: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres du panneau photovoltaïque.....	32
Figure II. 11: Fenêtre PV syst pour la visualisation des courbes du panneau photovoltaïque.....	33
Figure II. 12: Caractéristique courant tension en fonction de la température pris par PV syst....	33
Figure II. 13:Caractéristique courant tension en fonction de la température fait par Matlab.	34
Figure II. 14:Caractéristique courant tension en fonction de la température pris de la Datasheet.	34
Figure II. 15: Schéma du convertisseur boost.	36
Figure II. 16: Schéma du convertisseur Buck-boost.	36
Figure II. 17:Schéma d'un onduleur triphasé.....	39
Figure III. 1:Schéma générale (panneau photovoltaïque + hacheur + onduleur +moteur).	43
Figure III. 2: Paramètre des panneaux entrés en Matlab.....	44
Figure III. 3: Caractéristique U/I pour une température $T = 50^{\circ}\text{C}$	45
Figure III. 4: Caractéristique U/I pour une température idéale $T = 25^{\circ}\text{C}$	46
Figure III. 5: Caractéristiques U/I pour une température $T = 0^{\circ}\text{C}$	46
Figure III. 6: Caractéristique U/I pour une irradiance $I_r = 1000\text{W/m}^2$	47

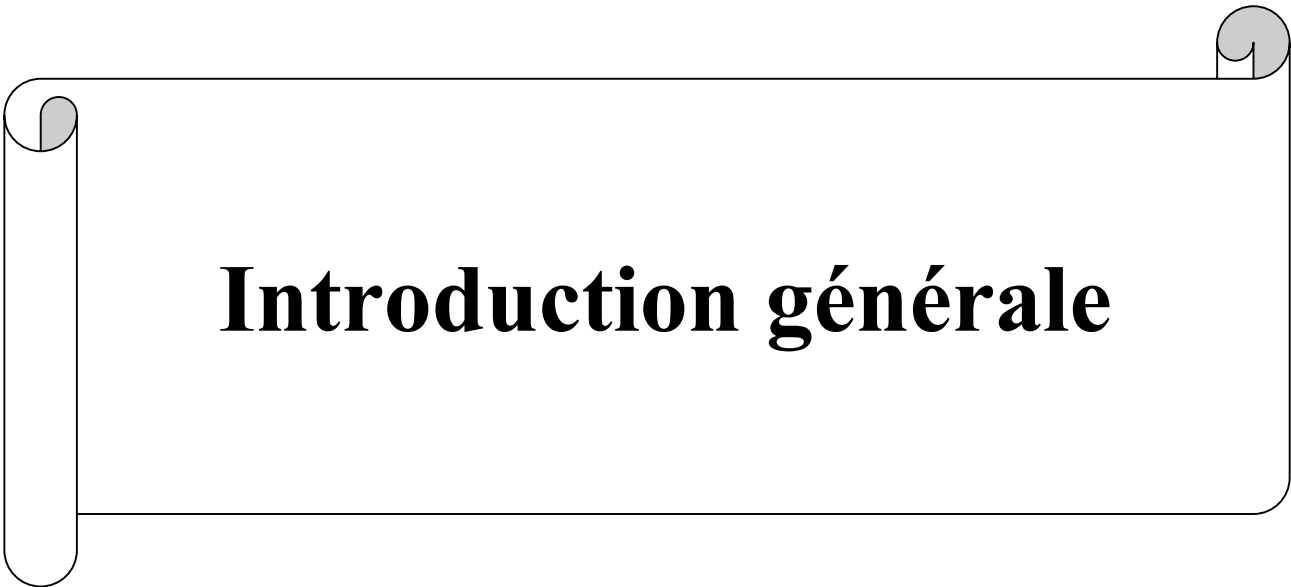
Figure III. 7: Caractéristique U/I pour une irradiance $I_r = 600 \text{ W/m}^2$.	47
Figure III. 8: Caractéristique U/I pour une irradiance $I_r = 200 \text{ W/m}^2$.	47
Figure III. 9: Schéma du convertisseur Boost.	48
Figure III. 10: Commande du moteur asynchrone.	52
Figure III. 11: Simulation du système complet.	54
Figure III. 12: schéma de la MPPT	54
Figure III. 13: Représentation des grandeurs d'entrée(a) / sortie(b) du convertisseur Boost.	55
Figure III. 14: Comparaisons entre le couple C_{em} et C_r .	55
Figure III. 15: Réponse de la vitesse de moteur en charge.	55
Figure III. 16: Représentation de l'allure du courant i_{ds} et i_{qs}	56
Figure III. 17: Représentation de l'allure du flux Q_{dr} et Q_{qr} .	56
Figure III. 18: Représentation de l'allure du courant I_{as} .	56

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Occupation de chaque culture dans la ferme pour l'année 2021/2022.	5
Tableau I. 2: Ressources hybrides.	6
Tableau II. 1: Amélioration de la tension par le biais des convertisseurs DC-DC.	36
Tableau II. 2: Avantages et Inconvénients de convertisseur Boost et Buck -Boost.	37
Tableau III. 1: Différente valeur de température à partir de L'irradiance.	48
Tableau III. 2: Différente valeur de L'irradiance à partir de la température.	48
Tableau III. 3: Caractéristiques de la pompe proposée.	52
Tableau III. 4: Prix des équipements du système de pompage PV.	57

Symboles et Abréviations

NOCT	Température nominale de fonctionnement de la cellule
STC	Condition d'essai standard
DC	Courant continue
AC	Courant alternatif
α	Rapport cyclique
F	Fréquence
V_{en}	Tension d'entrée du hacheur boost
V_{sr}	Tension de sortie du hacheur boost
PV	Photovoltaïque
MOSFET	Transistor à effet de champ à semi-conducteur
I_{mp}	Courant au point de puissance maximale
V_{mp}	Tension au point de puissance maximale
V_{oc}	Tension de circuit ouvert
N_{cell}	Nombre de cellules par module
Δh	Pertes de charge régulière
Hg	Hauteur piézométrique
HMT	Hauteur manométrique
Cmopo	Coût de la motopompe
Crégu	Coût du régulateur
Cacc	Coût des accessoires
CGPV	Coût du générateur PV

A decorative graphic of a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip in the center. The scroll is outlined in black, and the top and bottom edges of the horizontal strip are rounded. The text "Introduction générale" is centered within the horizontal strip.

Introduction générale

Introduction Générale

L'énergie est un moteur essentiel du développement social et économique dans n'importe quel pays. L'Algérie fait face à une diminution progressive de ses réserves (énergie fossile). Dans cet optique et en vue d'une transition énergétique vers un développement durable, le gouvernement algérien a lancé des programmes ambitieux en faveur des énergies renouvelables telles que le solaire. Cette transition énergétique touche plusieurs secteurs comme l'agriculture, en raison de son rôle principal dans la sécurité alimentaire. L'objectif est d'obtenir une productivité agricole, tout en réduisant l'utilisation des ressources fossiles limitées et leurs impacts sur l'environnement.

C'est dans cette optique que nous nous sommes intéressés à l'étude et la simulation d'un système photovoltaïque pour une ferme agricole. Ainsi nous allons diviser notre mémoire en trois parties, à savoir :

Dans le premier chapitre de notre mémoire, nous allons faire une description détaillée de la ferme « Mohamed Belaidouni », en dévoilant ses dimensions et son aménagement. Ensuite, nous examinerons les diverses sources d'alimentation énergétique disponibles, en mettant en lumière les possibilités d'hybridation. Nous pencherons également sur l'équipement utilisé, tout en étudiant la diversité des espèces arboricoles qui y prospèrent. De plus, nous proposerons une démarche méthodique pour réaliser une étude de pompage solaire, exploitant pleinement les fonctionnalités du logiciel PV system. Ainsi, ce chapitre mettra les bases solides nécessaires pour la suite de notre projet, en offrant une compréhension approfondie de l'environnement spécifique de la ferme "Mohamed Belaidouni" et en fournissant une méthodologie précise pour nos futures analyses et simulations.

Dans le deuxième chapitre de notre étude, nous allons plonger dans l'univers des technologies photovoltaïque, expliquant les différents types et leurs caractéristiques, mettant en évidence leurs spécificités techniques ainsi que leurs performances. De plus, nous aborderons brièvement le rôle important des hacheurs et des onduleurs dans les installations photovoltaïques. Ce chapitre offre ainsi une vue d'ensemble des composants clés des systèmes photovoltaïques.

Dans le troisième chapitre de notre étude, nous ferons une simulation détaillée du système en intégrant les panneaux solaires, l'hacheur, l'onduleur et le moteur, en utilisant une commande adéquate pour l'hacheur et l'onduleur. Cette simulation est spécifiquement faite pour la deuxième station de pompage de la ferme " Mohamed Belaidouni " pour faire l'irrigation des champs agricoles.

Introduction Générale

En utilisant des calculs précis et des paramètres spécifiques, nous allons élaborer une représentation globale du fonctionnement du système, mettant en lumière son efficacité et sa capacité à répondre aux besoins énergétiques de manière optimale. Ce chapitre constitue une étape importante dans notre projet, offrant une vision réaliste de l'application des technologies photovoltaïques dans un contexte agricole bien défini qui est le pompage et l'irrigation, tout en démontrant leur efficacité dans la pratique.



Chapitre I :

Transition vers une agriculture durable à la ferme agricole Belaidouni Mohamed

I.1. Introduction

La ferme agricole Belaidouni Mohamed, qui se situe dans un lieu qui s'appelle El fehoul, est une ferme voulant introduire une agriculture durable utilisant des énergies renouvelables pour le pompage et l'irrigation. Ainsi, ce chapitre examine le potentiel de la ferme afin d'intégrer des méthodes agricoles qui respectent l'environnement, bien sûr en préservant aussi la productivité et la rentabilité financière. Dans cette optique, nous plongerons dans les problèmes liés à l'eau rencontrée dans la ferme et plus particulièrement sur le problème de pompage et d'irrigation en utilisant les énergies renouvelables particulièrement les systèmes photovoltaïques.



Figure I. 1: Entrée de la ferme Belaidouni Mohamed.

I.2. Contexte et description de la ferme

D'après les informations qui nous ont été données lors de notre visite à la ferme agricole Belaidouni Mohamed, cette dernière couvre une surface de 211,95 hectares. Elle se concentre principalement sur la production d'agrumes et de céréales. Établie depuis plusieurs décennies, la ferme a su évoluer avec les changements du secteur agricole bien sûr en restant fidèle aux traditions locales. Son équipe est composée de 31 employés répartis entre cadres, superviseurs et travailleurs. Tous jouent un rôle fondamental dans la gestion quotidienne des activités et des opérations agricoles.

I.3. Parc matériel

Dans la ferme Belaidouni Mohamed, le parc matériel est constitué d'une gamme diversifiée d'équipements, essentiels pour les opérations agricoles quotidiennes. Parmi ces éléments, nous comptons trois tracteurs à roues, prêts à assurer les tâches de traction nécessaires.

Pour le travail du sol, il y a trois charrues à socs et deux charrues à disques, ainsi qu'un cultivateur et une herse, garantissant une préparation adéquate des champs. En ce qui concerne les opérations de semis et de traitement, il y a quatre cover crop, ainsi qu'un épandeur d'engrais et quatre pulvérisateurs, permettant une gestion efficace des cultures. Pour la récolte, ils ont une faucheuse. En matière de transport, la ferme dispose de deux remorques et d'une citerne, fournissant les moyens nécessaires pour déplacer les récoltes et les intrants agricoles. De plus, la ferme a un véhicule utilitaire qui est disponible pour les besoins de liaison et de logistique.

Enfin, pour les besoins en irrigation, deux motopompes et des asperseurs sont présents, assurant une distribution efficace de l'eau aux cultures. Avec cette panoplie d'équipements, la ferme Belaidouni Mohamed est bien équipée pour mener à bien ses activités agricoles dans les meilleures conditions possibles.

I.4. Diversification des cultures

La stratégie principale de la ferme agricole Belaidouni Mohamed repose sur la diversification de ses cultures. Elle exploite ses terres afin de cultiver du blé dur, du blé tendre et des pois chiches qui jouent un rôle crucial dans la garantie de la sécurité alimentaire à l'échelle locale et nationale. En parallèle cette ferme s'est lancée dans la culture pérenne telle que les oliviers en grande quantité, les oliviers isolés et les pistachiers. D'un autre côté la ferme abrite une activité animale prospère comme une apiculture florissante avec 25 ruches en pleine activité qui contribue à la diversité biologique de l'écosystème agricole. Le tableau I.1 montre l'occupation de chaque culture dans la ferme. Ces données nous ont été transmises lors de notre visite à la ferme.

Tableau I. 1: Occupation de chaque culture dans la ferme pour l'année 2021/2022.

Terres Nues	Blé dur	100 HAS
	Blé tendre	27 HAS
	Pois chiche	30,2 HAS
Culture Pérennes	Agrumes	35 HAS
	Olivier en masse	10,3 HAS
	Olivier en isolé	1037 P/I
	Pistachier	0,5 HAS



Figure I. 2: Oranger - Ferme Belaidouni.

I.5. Gestion des ressources hybrides

La Ferme Agricole Belaidouni Mohamed accorde une attention primordiale à la gestion efficace des ressources hybrides. Elle exploite plusieurs sources d'eau, notamment un puits, un forage, l'Oued Isser et des sources naturelles. Cependant, l'utilisation d'énergies fossiles pour faire fonctionner les stations de pompage représente un défi majeur, à la fois sur le plan financier et environnemental. La ferme cherche des moyens pour maximiser l'utilisation de ses ressources en eau tout en réduisant son empreinte carbone et diminuer les coûts. Le tableau suivant nous donne quelques informations sur les ressources utilisées. Ces données nous ont été transmises lors de notre visite à la ferme.

Tableau I. 2: Ressources hybrides.

	Nombre	Capacité ou débit	État
Puits	1	Secs	Mauvais (à sec)
Forage	1	Sec	Taris (à sec)
Autres (source)	1	1L/S	Bon
Oued ISSER	/	Saisonnière	De décembre à Avril
Bassin en dur	2	200 m ³	Bon
Bassin géomembrane	1	5000 m ³	Moyen
Bassin géomembrane	1	9000 m ³	Mauvais

Voici quelques images concernant les sources d'eau.



Figure I. 3: Source d'eau 1l/s.



Figure I. 4: Bassin géomembrane.

I.6. Irrigation dans cette ferme

Grâce à des visites à la ferme et lors des discussions avec les techniciens de la ferme, nous avons compris que le réseau d'irrigation de la ferme Belaidouni Mohamed révèle l'utilisation d'un système d'irrigation par gravitation et l'arrosage par aspersion, avec une méthode d'arrosage ciblée (arrosage des plantes au

besoin uniquement), en raison de la pénurie d'eau et de la vaste superficie occupée par la ferme. Dans ce contexte, l'adoption d'un système d'irrigation goutte à goutte représente une solution appropriée. Ce système permettrait non seulement d'économiser l'eau utilisée pour l'irrigation, mais également d'assurer une croissance optimale des plantes.

I.7. Consommation d'énergie à la ferme

Les sources d'énergie de la ferme se divisent en deux catégories, à savoir :

- Une partie électrique : La ferme est connectée au réseau électrique national, fournissant une alimentation à basse tension. Elle est utilisée afin d'alimenter les bureaux ainsi que les divers locaux, assurant l'éclairage et l'alimentation des équipements électroniques.
- Et une partie diesel : Cette source d'énergie est principalement dédiée à l'irrigation à travers l'utilisation de pompes motorisées. De plus, elle est utilisée pour faire fonctionner divers équipements à moteur nécessaires aux opérations agricoles, comme les outils roulants.



Figure I. 5: Moteur diesel dans la deuxième station de pompage.

I.8. Transition vers l'énergie solaire

La ferme Agricole Belaidouni Mohamed, établie à Tlemcen, a décidé de basculer vers l'énergie solaire pour répondre aux défis environnementaux et économiques.

Après une analyse des possibilités et des obstacles, elle a décidé d'exploiter pleinement le potentiel solaire de son site. Ainsi, la ferme va intégrer des systèmes solaires photovoltaïques pour alimenter ses stations de pompage, réduisant ainsi sa consommation énergétique et ses coûts.

Cette démarche ne se limite pas à des économies financières ; elle contribue également à la préservation de l'environnement en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et en diminuant la dépendance aux combustibles fossiles. En envisageant également le déploiement d'un micro-réseau autonome, la ferme encourage le partage efficace de l'énergie et de l'eau, qui permet de faire une gestion des ressources plus intelligente.

Après que nous avons fait une description détaillée de la ferme agricole Belaidouni Mohamed, nous nous sommes intéressés au logiciel PV syst V7.4 (essaie un mois gratuit) pour pouvoir faire une étude afin de prendre de bonnes décisions concernant les stations de pompage alimentées par un système photovoltaïque dans cette ferme.

I.9. Étapes de l'utilisation du logiciel PV syst V7.4 pour le dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour le pompage.

Dans cette partie, nous allons introduire et montrer l'utilisation du logiciel PV syst qui offre une gamme complète de fonctionnalités visant à dimensionner efficacement des systèmes de panneaux solaires. Il permet de calculer avec précision la production d'énergie, de déterminer la surface nécessaire pour l'installation des panneaux, et d'estimer la production annuelle d'électricité. De plus, le logiciel PV syst offre une analyse détaillée des conditions spécifiques du site, ce qui permet d'évaluer les possibilités d'implémentation de systèmes de pompage photovoltaïque de manière approfondie et fiable.[1]

Lorsque nous ouvrons le logiciel PV system, la première chose que nous allons faire est de cliquer sur pompage, car c'est la partie de l'étude qui nous intéresse dans notre projet. Comme il est illustré sur la figure I.6, les systèmes de pompage qui utilisent l'énergie solaire fonctionnent en accord avec le soleil. Quand il y a du soleil, la pompe tourne à fond. Quand il y en a moins, on doit malheureusement remédier à cette contrainte en jouant sur le nombre de panneaux qui sera la base de notre étude. Tout cela dépend de la météo, mais également de la quantité d'eau ou de la pression. En gros, ces pompes s'ajustent tout le temps pour s'assurer qu'elles fonctionnent au mieux, en utilisant le soleil autant que possible. [1]

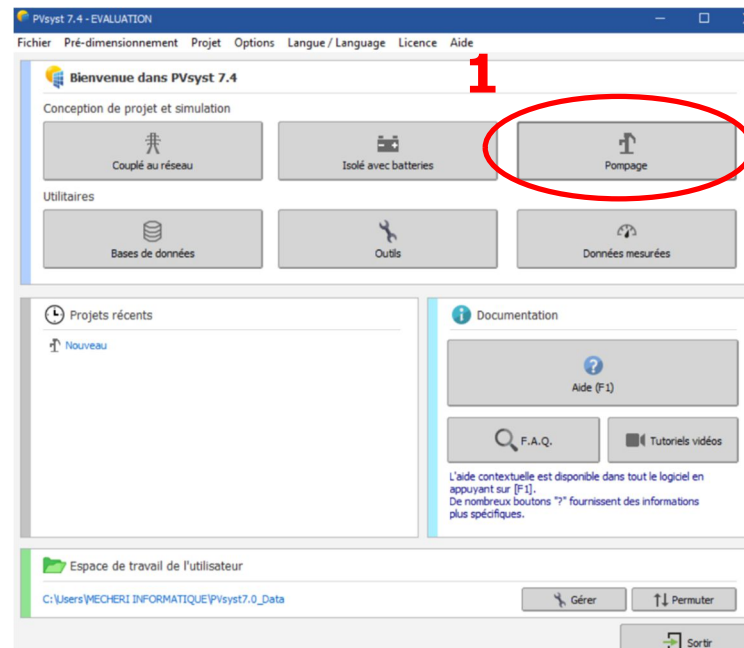


Figure I. 6: Conception d'un projet de pompage.

Ensuite, nous devons « Définir le projet » pour mettre en place un projet. Il est ainsi nécessaire de suivre deux étapes. Tout d'abord, il faut nommer le fichier et déterminer le nom du projet.

- Concernant la première étape : Il faut identifier le nom du fichier et le nom du projet.

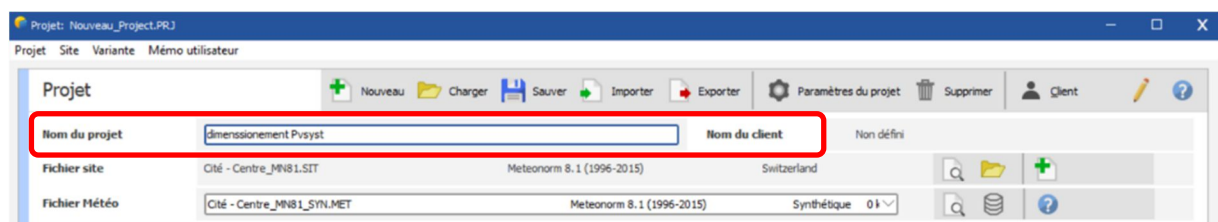


Figure I. 7: Définir le nom du fichier du projet.

- Ensuite, Il faut définir le site. Ce dernier se fait en deux étapes. Soit en cherchant le site à partir de la liste, soit en créant un nouveau site (voir figure I.8 et I.9).

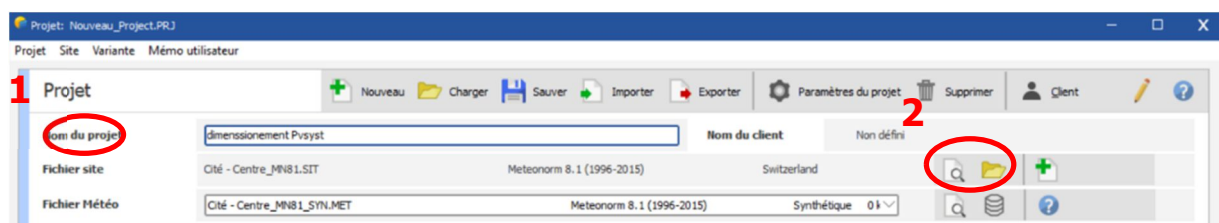
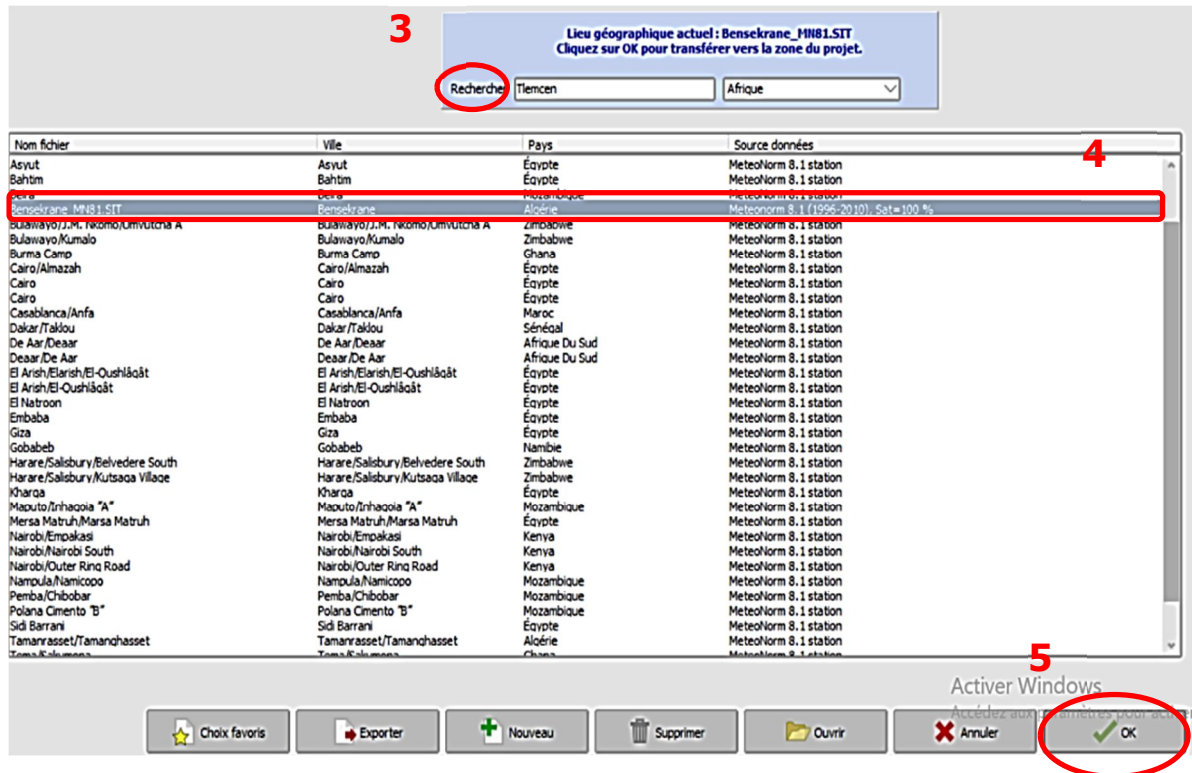
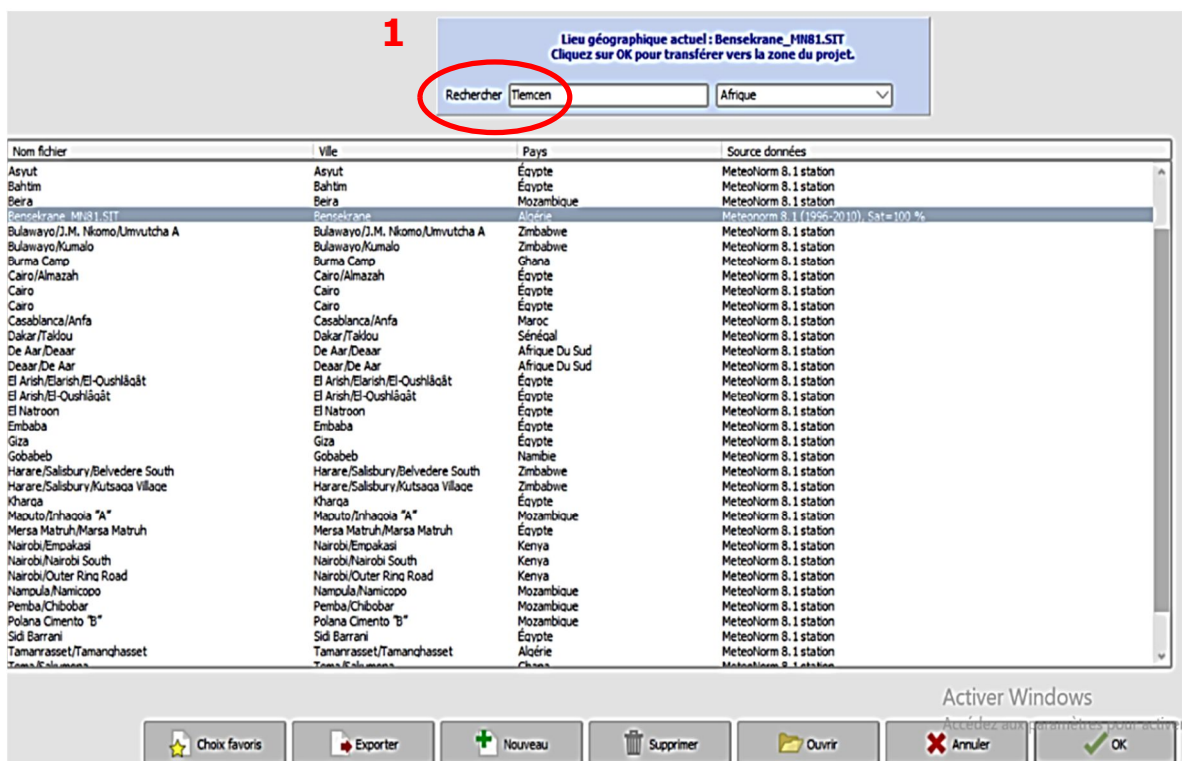


Figure I. 8: Définir le site du projet.



Lorsqu'il n'y a pas de site, la création d'un nouveau site est nécessaire à partir de cette étape (voir figure I.10). Puis nous validons le point sélectionné (voir figure I.11).



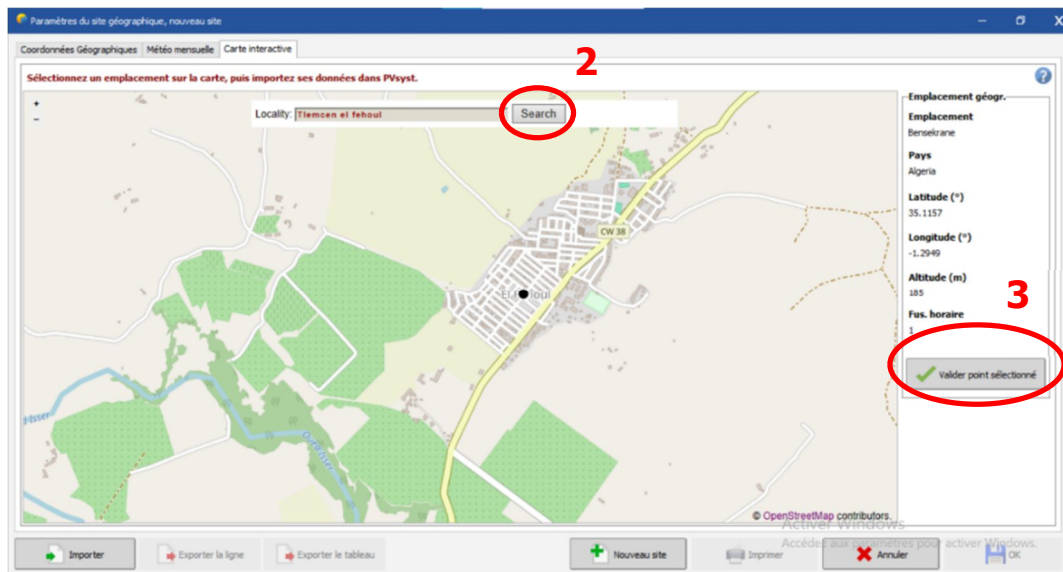


Figure I. 11: Paramètre du site géographique, nouveau site.

Ensuite, nous devons faire l'identification des coordonnées géographiques et le lieu du site (voir figure I.12). Puis nous enregistrerons le fichier (voir figure I.13) et pour terminer nous enregistrerons le projet complet (voir figure I.14).

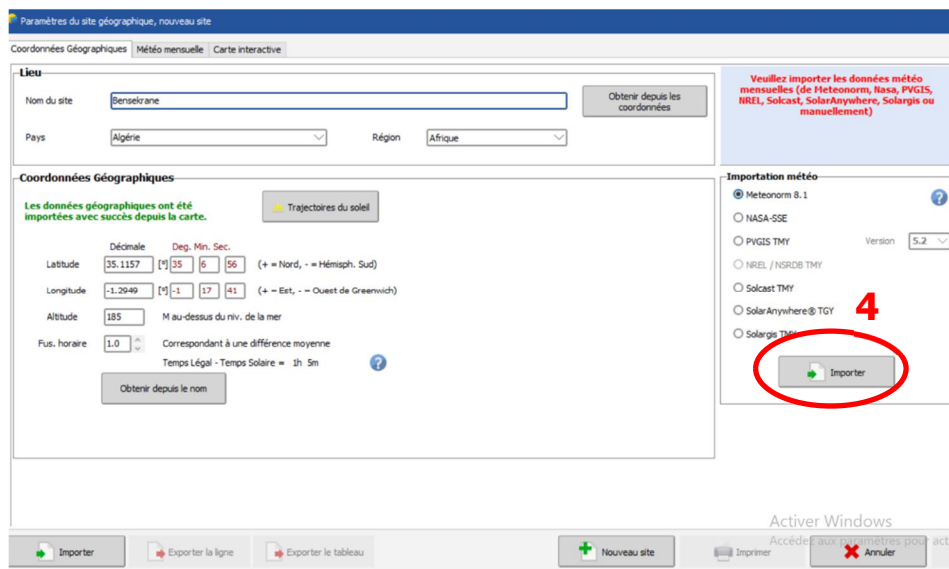


Figure I. 12: Identification des coordonnées géographique et lieu du site.

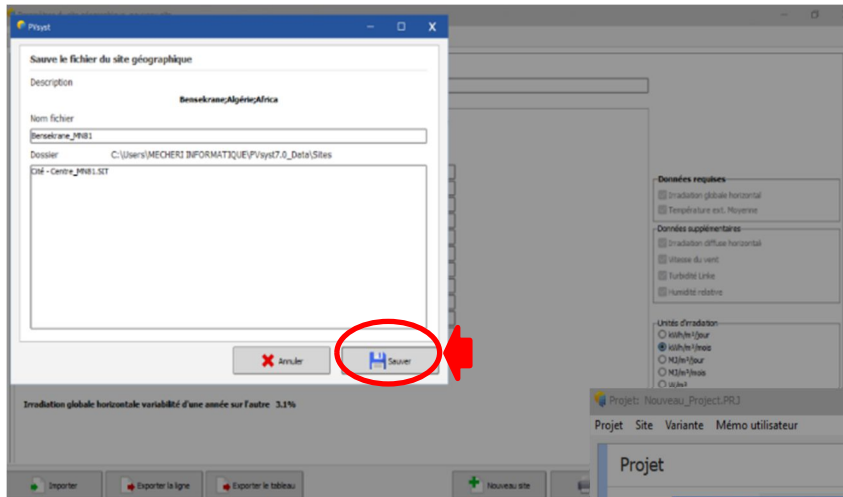


Figure I. 13: Enregistrement du fichier du site.

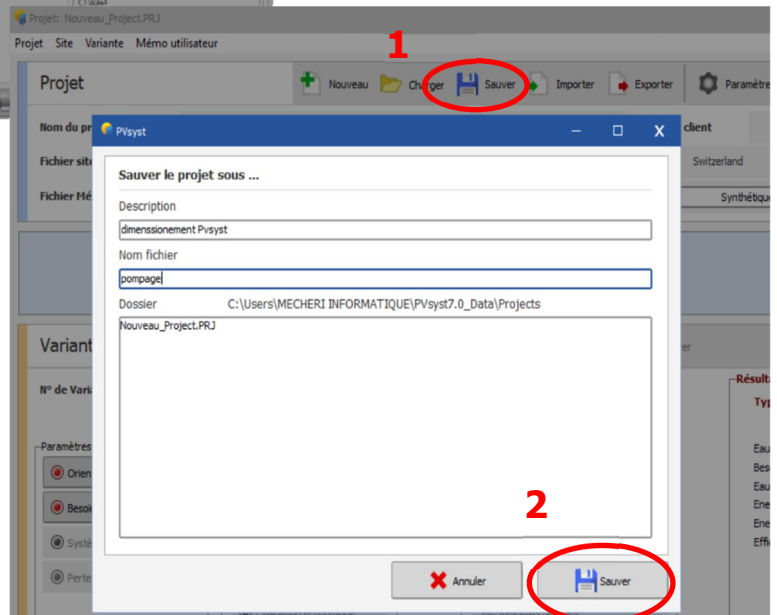


Figure I. 14: Enregistrement du fichier de projet.

Maintenant que nous avons créé notre projet, nous pouvons réaliser l'orientation des panneaux photovoltaïques et définir les caractéristiques du système de pompage.

I.9.1. Orientation des panneaux photovoltaïques

Nous remarquons à travers la figure I.15 que deux boutons sont en rouge. Cela veut dire que cette variante du projet n'est pas encore prête pour la simulation et requiert des ajustements.

Par conséquent, notre première démarche consistera à cliquer sur le bouton orientation afin de définir soigneusement l'orientation idéale des panneaux photovoltaïques, une étape primordiale pour initier efficacement le processus global.



Figure I. 15: Orientation des PV.

Nous obtenons ainsi la figure I.16

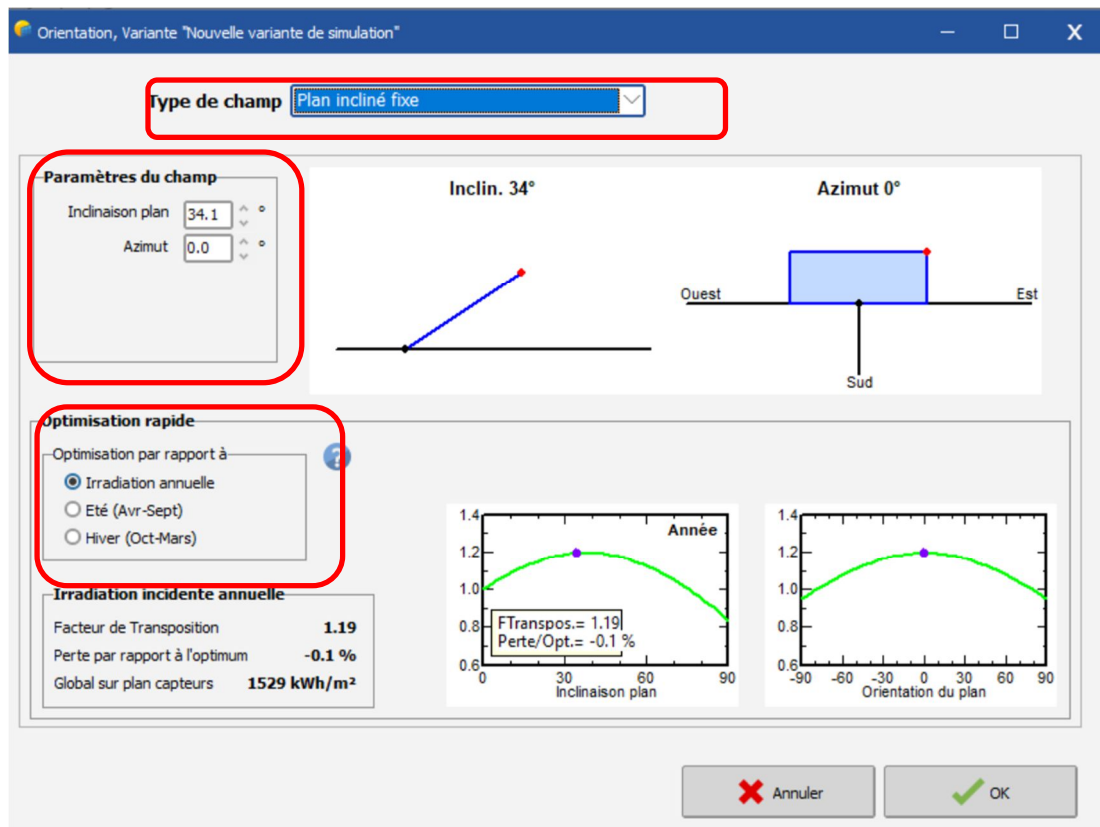


Figure I. 16: Identification des différents paramètres pour l'orientation.

Lorsqu'il s'agit de choisir l'orientation optimale des panneaux solaires, nous sommes confrontés à un éventail d'options, chacune offrant des avantages uniques adaptés à différentes situations. Parmi ces choix, nous avons la possibilité d'opter pour un plan incliné fixe, une orientation multidirectionnelle, une adaptation saisonnière de l'inclinaison, ainsi que des plans suivant un ou deux axes. Pour débiter, nous

avons décidé de nous concentrer sur le plan incliné fixe, une approche qui constitue souvent un point de départ pratique et simple pour de nombreux projets. En sélectionnant cette option initiale, nous pouvons commencer à explorer les ajustements et les paramètres spécifiques qui maximiseront l'efficacité de notre installation photovoltaïque. Dans cette optique, nous allons procéder à des modifications précises des paramètres du plan incliné fixe. Cela implique notamment de définir l'inclinaison du plan ainsi que son azimut, des ajustements cruciaux qui influenceront directement la quantité d'énergie solaire captée et convertie en électricité. En outre, nous tiendrons compte du facteur de transposition, une mesure essentielle qui évalue la variation de l'énergie solaire captée par rapport à un plan horizontal. En comprenant et en ajustant ce paramètre, nous pourrions mieux anticiper les fluctuations saisonnières et optimiser le rendement global de notre système solaire. En combinant ces ajustements avec une analyse approfondie des conditions météorologiques et environnementales locales, nous serons en mesure de concevoir une configuration sur mesure qui garantit des performances optimales et une utilisation efficace de l'énergie solaire disponible. Pour terminer nous cliquons sur le bouton « ok » pour fermer. Ensuite, nous cliquons sur le bouton « Besoins d'eau », comme il est montré sur la figure I.17

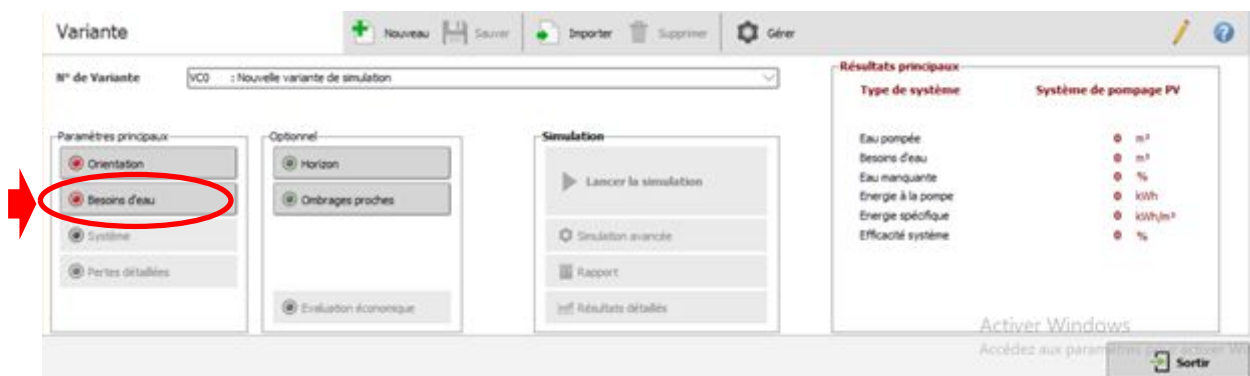


Figure I. 17: Définition du besoin d'eau.

Il est important de préciser les exigences concernant le débit d'eau et la pression dans le circuit hydraulique. Cela implique de définir avec précision la quantité d'eau devant circuler à travers le système, ainsi que la force ou la pression nécessaire pour maintenir un fonctionnement optimal du circuit. Autrement dit nous devons définir nos besoins d'eau passant par le circuit hydraulique (eau, pression). Dans le cas de notre étude, nous sommes confrontés au choix crucial du système de pompage à mettre en place. Nous devons ainsi décider entre deux options principales : le pompage depuis un lac ou une rivière vers un réservoir (Ce choix doit être en adéquation avec notre situation sinon ça change selon les cas).

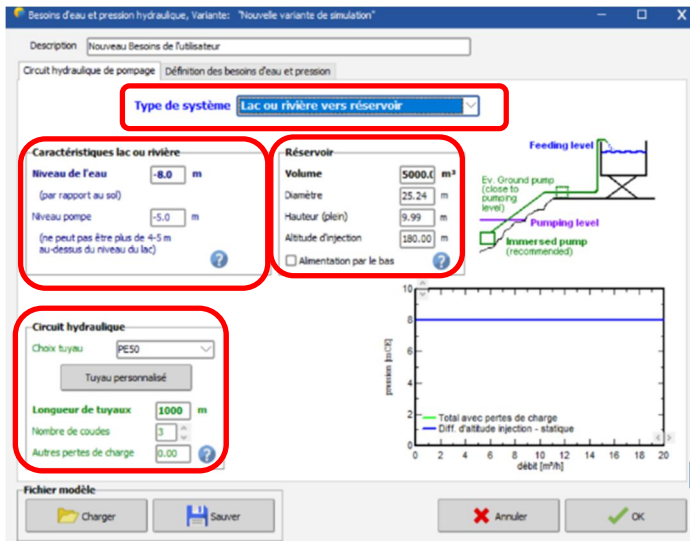


Figure I. 18: Identification du circuit hydraulique de pompage.

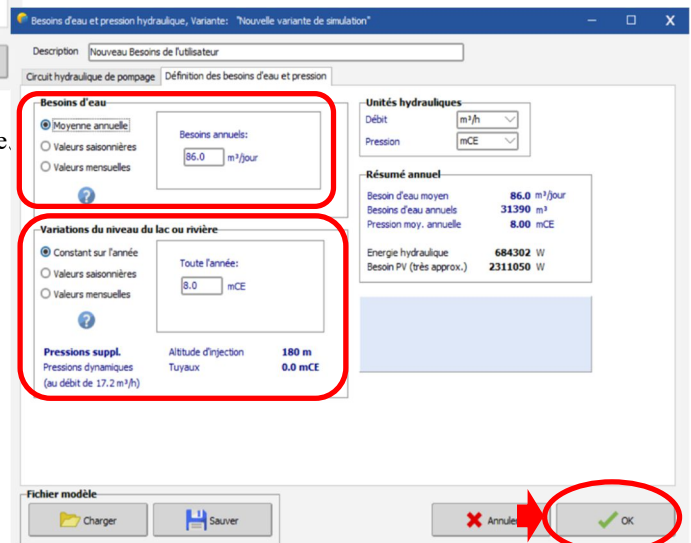


Figure I. 19: Identification du besoin d'eau et de la pression.

I.9.2. Choix des caractéristiques du système de pompage

Dans cette étape importante de notre processus, il revêt une importance capitale de procéder à une analyse approfondie pour déterminer avec précision les spécifications requises pour la pompe ainsi que pour le système de régulation du pompage. Cette étape essentielle implique non seulement d'identifier les caractéristiques techniques indispensables de la pompe, telles que son débit, sa puissance et sa capacité de pression, mais également de définir les fonctionnalités spécifiques du système de régulation, telles que la surveillance des niveaux d'eau, le contrôle de la vitesse de pompage et la gestion automatisée du débit. En garantissant une planification minutieuse et une compréhension approfondie de ces exigences, nous serons en mesure de concevoir un système de pompage optimal, parfaitement adapté aux besoins de notre projet.

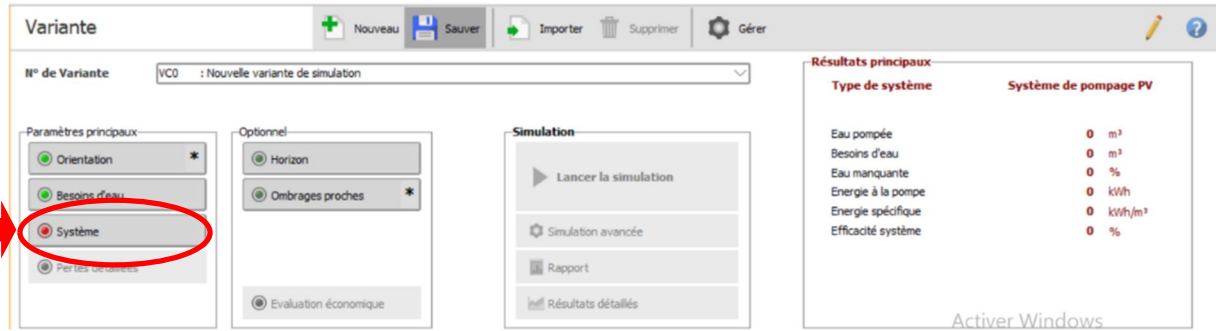


Figure I. 20: Définir les caractéristiques du système du pompage.

- **Caractéristiques de la pompe :** Pour sélectionner une pompe adéquate, plusieurs données sont nécessaires, notamment la hauteur manométrique totale, le débit requis et la puissance nécessaire. Ces informations cruciales permettent d'évaluer les besoins spécifiques du système de pompage. De plus, il est impératif de prendre en compte les recommandations fournies par le logiciel pour choisir le module de panneaux photovoltaïques approprié. En intégrant ces données et en suivant les indications du logiciel, nous pourrions prendre des décisions éclairées afin de concevoir un système de pompage connecté à un système photovoltaïque efficace et adapté à notre application.

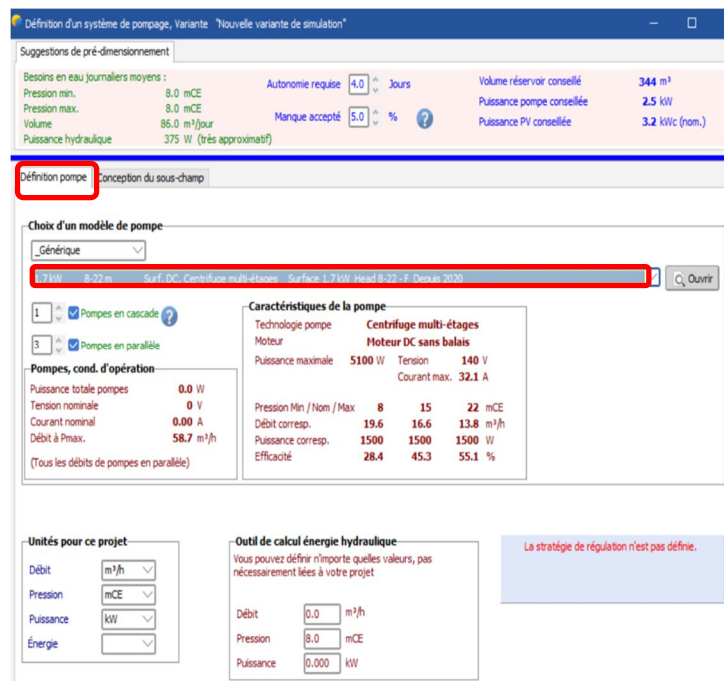


Figure I. 21: Caractéristique de la pompe.

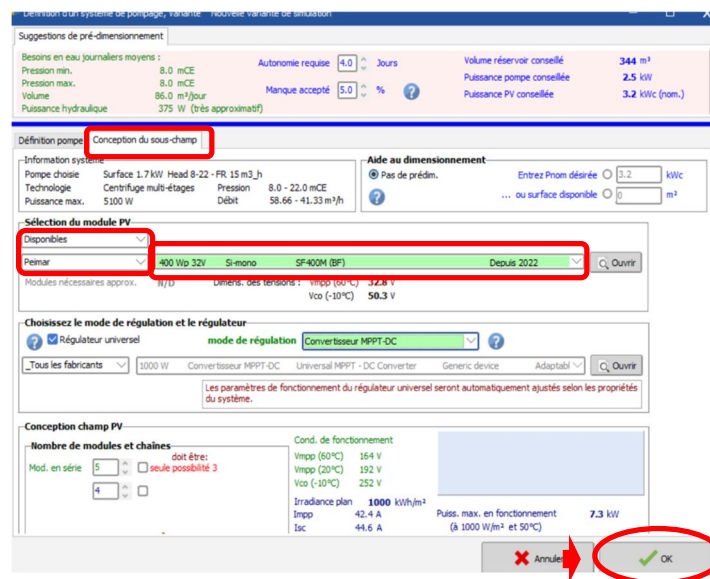


Figure I. 22: Conception du sous champ.

I.9.3. Exécution de la simulation

Après que tous les boutons des paramètres principaux soient en vert, nous procédons au lancement de la simulation, mettant ainsi en marche le processus d'évaluation et d'analyse.

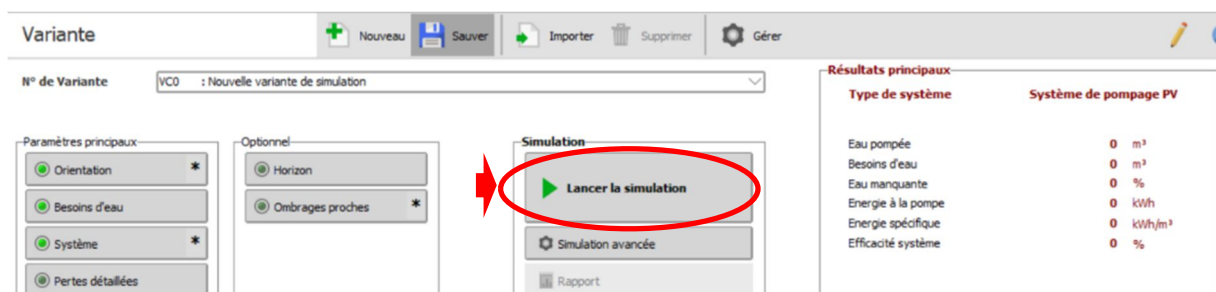


Figure I. 23: Lancement de la simulation.

Une fois la simulation terminée, nous exécutons le rapport généré, en cliquant sur l'option "rapport", pour orienter nos décisions et optimiser notre projet. C'est à ce moment que le logiciel se met en action pour compiler une synthèse détaillée de la simulation effectuée. Ce rapport offre une analyse complète, décrivant en profondeur chaque aspect du processus simulé, des résultats obtenus aux paramètres utilisés. En explorant ce rapport, nous pouvons accéder à une mine d'informations précieuses, nous permettant de comprendre pleinement les implications de notre simulation et de prendre des décisions éclairées pour la suite de notre projet.

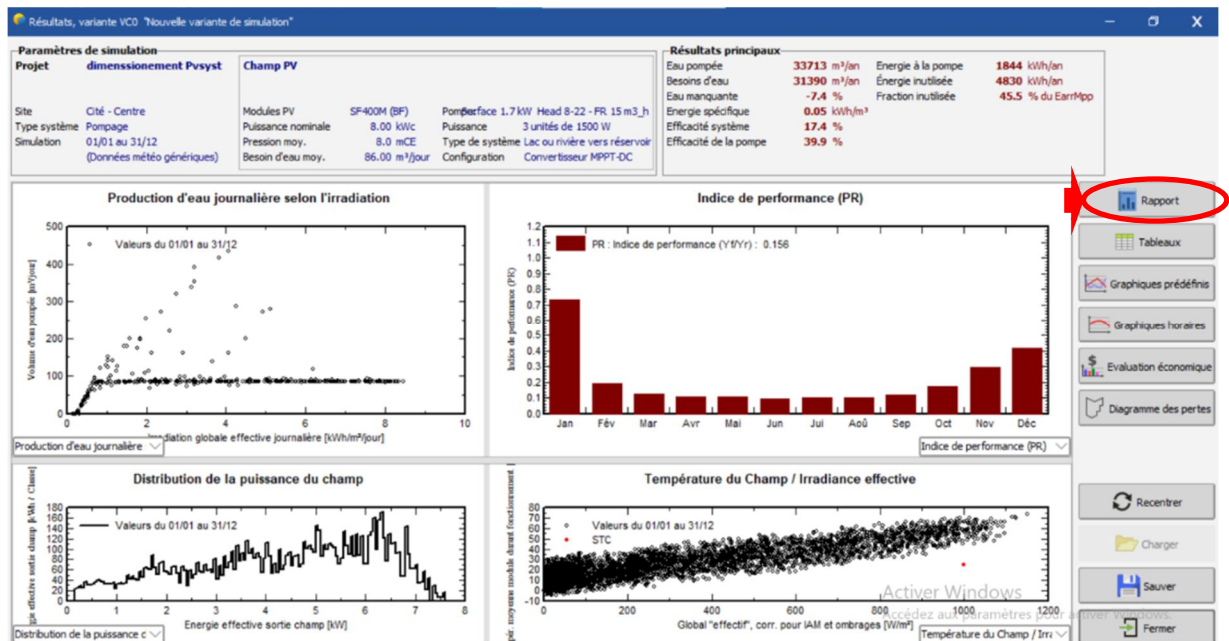


Figure I. 24: Exécution du rapport de la simulation.

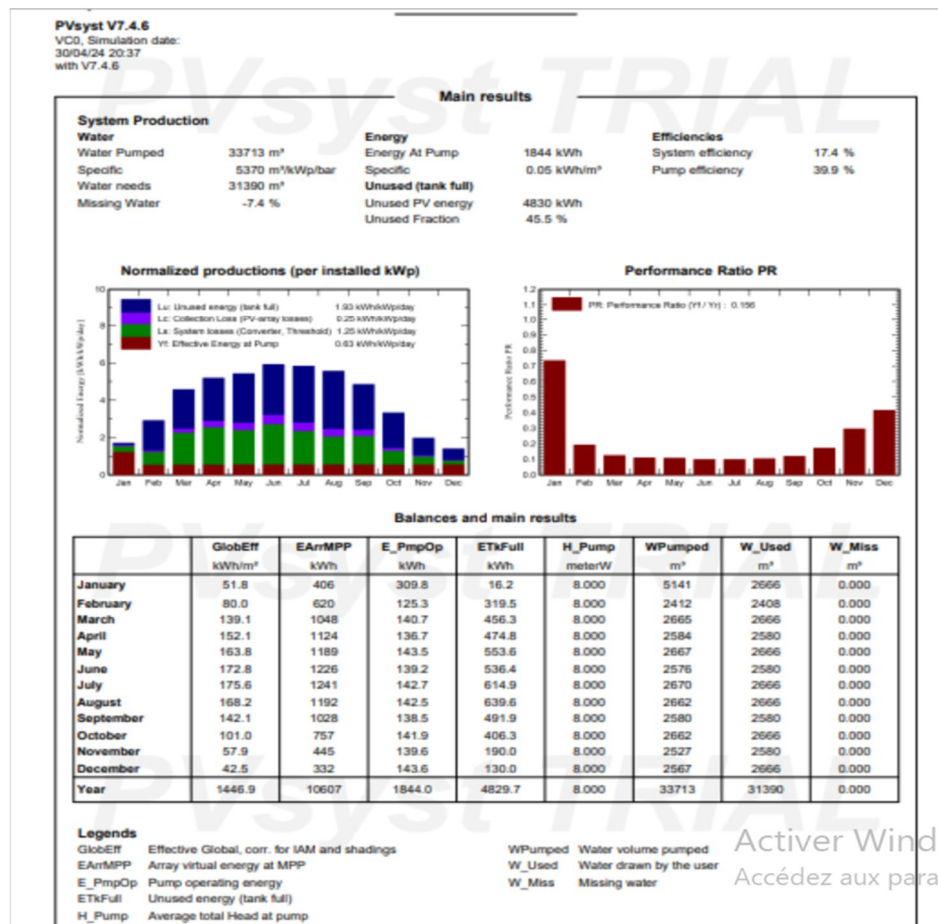


Figure I. 25: Bilans et principaux résultats du rapport de simulation.

I.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit la ferme agricole Belaidouni Mohamed. Ensuite, nous avons montré les étapes de l'utilisation du logiciel PV syst afin de pouvoir dimensionner les systèmes photovoltaïques et le système de pompage correctement. Dans le chapitre 2, nous allons utiliser le logiciel PV syst pour montrer l'influence de la température et l'irradiance due à l'énergie solaire sur la production.



Chapitre II :

Étude théorique des systèmes photovoltaïque.

II. 1. Introduction

Dans ce deuxième chapitre de notre mémoire, nous parlerons des différents types de panneau photovoltaïque qui jouent un rôle crucial dans la conversion de la lumière du soleil en électricité. Leur conception est influencée par plusieurs paramètres tels que l'efficacité, le coût et la technologie utilisée. Nous allons aussi examiner les avantages et les inconvénients des différents types de panneau photovoltaïque, ainsi que les éléments qui impact leur rendement. Nous allons également dans ce chapitre discuté de l'électronique de puissance utilisé par les systèmes photovoltaïques.

II. 2. Panneau photovoltaïque

Un panneau photovoltaïque s'appelle aussi un module photovoltaïque. C'est un ensemble de cellules, qui transforme le rayonnement lumineux en électricité. Il peut être utilisé pour répondre à de nombreux besoins. [2] Il existe différents types de système photovoltaïque, à savoir [3] :

- **Les panneaux photovoltaïques monocristallins** : Ce sont les modules photovoltaïques les plus performants du marché, avec un rendement qui varie entre 16% et 24%. Ces cellules permettent de capter la lumière et le transformer en courant continu issues d'un seul cristal de silicium. Ils sont homogènes et d'une couleur noire.
- **Les panneaux photovoltaïques polycristallins** : Ce sont des dispositifs pour la production d'électricité, avec un rendement d'environ 13%.
- **Les panneaux photovoltaïques amorphes** : Ils se caractérisent par leurs flexibilités, leurs légèretés et leurs capacités à se plier. Leurs teintes généralement grises leur permettent de s'intégrer facilement sur diverses surfaces.

II.3. Applications des panneaux photovoltaïques

Parmi les applications des panneaux photovoltaïque, nous avons pour :

- **Les installations résidentielles** : Certains individus utilisent des panneaux photovoltaïques pour alimenter leurs maisons en électricité, ce qui permet de réduire les factures d'électricité au fil du temps.
- **Les installations commerciales** : Pour réduire les coûts d'énergie électrique, certaines Entreprises équipent leurs bâtiments de panneaux photovoltaïques.
- **Les systèmes autonomes** : Dans les systèmes autonomes, nous pouvons utiliser des panneaux photovoltaïques, par exemple dans les stations météorologiques et les tours

de communication, ou ces systèmes peuvent fonctionner indépendamment du réseau électrique.

- **L'électrification rurale** : Nous pouvons utiliser des panneaux photovoltaïques pour fournir de l'électricité aux régions rurales éloignées et/ou isolées.
- **Les véhicules électriques** : Certaines voitures électriques intègrent désormais des panneaux photovoltaïques dans leurs conceptions pour recharger leurs batteries, réduisant ainsi leur dépendance aux stations de recharge externes.
- **Les applications portables** : Pour économiser de l'énergie pendant les déplacements ou les voyages, les gens utilisent des chargeurs solaires ou des sacs à dos solaires équipés de panneaux photovoltaïques.
- **L'éclairage public** : Désormais, les lampadaires fonctionnent en collectant l'énergie solaire pendant la journée et éclairent les espaces publics la nuit en s'appuyant sur des panneaux photovoltaïques. [4]

II.4. Caractéristiques techniques d'un module photovoltaïque

Pour les modules de petite puissance, généralement inférieurs à 75Wc, la tension d'utilisation se situe typiquement entre 12 et 15 volts. Lorsque nous avons besoin de modules de puissance supérieure, nous augmentons le nombre de cellules en série et le nombre de branches de cellules en parallèle. Cela permet d'obtenir des tensions d'utilisation plus élevées, par exemple 24 volts ou plus, en fonction de la configuration du système à alimenter. La tension délivrée par le module dépend directement du nombre de cellules connectées en série. En augmentant ce nombre, la tension de sortie du module augmente proportionnellement. C'est pourquoi les modules de plus grande puissance ont souvent une tension de sortie plus élevée, ce qui les rend adaptés à des applications nécessitant une tension plus élevée pour fonctionner efficacement. En résumé, la tension de sortie d'un module photovoltaïque est influencée par la manière dont les cellules individuelles sont connectées et agencées dans le module [5] et [6].

Les principales caractéristiques d'un module photovoltaïque comprennent [5] et [6] :

- **La puissance nominale (ou puissance crête)** : C'est la puissance maximale que le module peut produire dans des conditions standardisées, exprimée en watts-crête (Wc).
- **La tension à la puissance nominale** : C'est la tension de sortie du module lorsque celui-ci produit sa puissance nominale, généralement exprimée en volts (V).

- **Le courant à la puissance nominale** : C'est le courant de sortie du module lorsque celui-ci produit sa puissance nominale, généralement exprimé en ampères (A).
- **La tension de circuit ouvert** : C'est la tension de sortie maximale du module lorsque celui-ci n'est pas connecté à une charge, exprimée en volts (V).
- **Le courant de court-circuit** : C'est le courant de sortie maximal du module lorsque les bornes sont court-circuitées, exprimé en ampères (A).
- **La température NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)** : C'est la température à laquelle le module fonctionne typiquement dans des conditions de fonctionnement nominales, généralement spécifiée en degrés Celsius (°C).
- **Le coefficient de température** : C'est un coefficient qui décrit comment la puissance du module varie en fonction de la température, généralement exprimé en %/°C.
- **Le poids et les dimensions du module** : Le poids total du module et ses dimensions physiques, importantes pour l'installation et l'intégration dans un système photovoltaïque.
- **La garantie et la certification** : Les garanties fournies par le fabricant concernant la durabilité et la performance du module, ainsi que les certifications de conformité aux normes de qualité et de sécurité.

Ces caractéristiques sont essentielles pour évaluer la performance, la fiabilité et la compatibilité d'un module photovoltaïque pour différentes applications.

II.5. Tests des caractéristiques électriques des panneaux

Les panneaux photovoltaïques doivent pouvoir fonctionner efficacement quel que soit le temps. Pour s'assurer de leur fiabilité, ils sont soumis à une batterie de tests standardisés évaluant leurs performances électriques, leur résistance mécanique et leur capacité à résister au vieillissement accéléré. Parmi ces tests nous avons :

- **Conditions d'essai standard (STC)** : Les panneaux photovoltaïques sont testés selon les conditions standardisées (STC), impliquant un ensoleillement de 1000 watts par mètre carré et une température de 25 °C. Cette méthode permet une comparaison juste des performances des panneaux solaires, quel que soit leur fabrication. [7]

- **Température normale des cellules en fonctionnement (NOCT) :** Certaines fiches techniques incluent la température de fonctionnement de la cellule, connue sous le nom de NOCT (Nominal Operating Cell Temperature). La NOCT représente la température interne atteinte par la cellule à l'intérieur du panneau lorsque celui-ci est en circuit ouvert, sous un ensoleillement de 800 watts par mètre carré, une température ambiante de 25°C et un vent de 1 mètre par seconde. Une NOCT trop élevée peut réduire l'efficacité du panneau. Les valeurs standard de la NOCT se situent généralement entre 40°C et 50°C. Au-delà de ces valeurs, la cellule perd en rendement. Des simulateurs solaires sont utilisés pour déterminer la température NOCT ainsi que les performances électriques dans la condition standard et les conditions NOCT. [7]
- **Rupture du verre :** Lorsque le verre trempé constituant la surface externe du module photovoltaïque subit une force externe, telle qu'une installation incorrecte ou un impact violent, il peut se briser sur toute sa surface. Cette rupture entraîne généralement une réduction notable des performances du module, pouvant aller de 30 % à 50 %. [7]

II.6. Branchement des panneaux photovoltaïques

Il existe trois types de branchement, à savoir :

- **Branchement série**

Le montage en série consiste à connecter les panneaux photovoltaïques de manière à ce que les bornes positives d'un panneau soient reliées aux bornes négatives du panneau suivant, formant ainsi une chaîne continue. Cette configuration est largement utilisée dans les installations photovoltaïques à grande échelle. Ses avantages principaux incluent une tension plus élevée et une efficacité accrue. Ce schéma permet d'atteindre des tensions plus élevées, ce qui est souvent nécessaire pour l'intégration au réseau électrique ou pour minimiser les pertes de transmission sur de longues distances. [8]

- **Branchement parallèle**

Un branchement en parallèle est un type de montage permettant d'additionner le courant des panneaux photovoltaïques. Cette configuration est privilégiée pour les projets d'installations résidentiels. [8]

- **Branchement mixte**

Le branchement mixte combine les caractéristiques du branchement en série et en parallèle, offrant ainsi une solution qui tire parti des avantages des deux configurations précédentes. Cette méthode est particulièrement adaptée aux projets confrontés à des ombrages partiels, car elle permet de maximiser à la fois la tension et le courant tout en réduisant les effets des ombres sur la performance globale du système [8].

II.7. Champ photovoltaïque

Un champ photovoltaïque est composé d'une série de panneaux photovoltaïques disposés soit au sol soit sur un toit, dans le but de convertir l'énergie solaire en électricité. Ces panneaux sont souvent agencés en série, en parallèle ou en string, et sont montés ensemble sur une structure commune, interconnectés entre eux. Ils sont ensuite raccordés à un onduleur central, qui les relie au réseau électrique. Cependant, il est important de noter que le terme "champ photovoltaïques" ne désigne pas simplement quelques panneaux solaires installés dans un jardin ou sur un toit. Il se réfère aussi à une installation de panneaux photovoltaïques de plus grande envergure, couvrant généralement une superficie significative, parfois de plusieurs centaines de mètres carrés au sol [9].

Pour intégrer les modules au niveau du système, nous pouvons associer le champ photovoltaïque à un régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking). Ce régulateur permet d'optimiser en permanence la puissance électrique fournie par le champ en ajustant le point de fonctionnement des modules sur leur courbe caractéristique, en fonction des conditions d'ensoleillement et de température en temps réel. Pour connecter le champ au système global, nous pouvons utiliser deux types de convertisseurs électriques différents.

Nous pouvons ainsi utiliser un convertisseur DC/DC (hacheur élévateur ou abaisseur de tension, selon le niveau de tension cible). Ce convertisseur permet de relier le champ photovoltaïque à un bus continu, auquel sont connectées aux différents systèmes, telles que la charge (l'utilisateur final), ou d'autres sources d'énergie (pile à combustible, batteries, autres sources renouvelables). Il permet également de lisser les fluctuations de tension des composants au niveau du bus commun. En outre, un onduleur (DC/AC) peut être utilisé lorsque le champ photovoltaïque est connecté au réseau électrique ou aux systèmes comprenant un bus alternatif.

II.8. Ensoleillement et inclinaison optimale

La position des panneaux photovoltaïques par rapport au soleil est cruciale pour obtenir le maximum d'énergie. Ainsi, lorsqu'ils sont correctement orientés face au soleil, ils captent plus efficacement son énergie. Mais si les panneaux sont mal orientés par rapport au soleil, ils captent moins d'énergie. En ajustant l'angle des panneaux photovoltaïques tout au long de la journée et des saisons, nous nous assurons qu'ils sont positionnés de manière à recevoir le maximum d'énergie solaire possible [10]. Les dispositifs de suivi du mouvement du soleil dans le ciel seraient idéaux s'ils n'étaient pas sujets à quelques inconvénients : ils sont complexes, fragiles et coûteux. De plus, leur utilisation ne peut être justifiée en l'absence de couverture nuageuse. Par conséquent, l'inclinaison optimale d'un panneau solaire est généralement fixe. Nous la sélectionnons de manière à maximiser la production d'énergie pendant le moins d'ensoleillé dans la période d'exploitation envisagée. Dans l'hémisphère nord, l'orientation optimale est vers le sud, avec un angle d'inclinaison d'environ 30° par rapport à l'horizontale. L'angle optimal dépend de la latitude du site considéré. En d'autres termes, l'angle idéal d'inclinaison varie en fonction de la latitude du lieu [10].

II.9. Influence de l'éclairement

Pour étudier la relation entre l'éclairement et l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques, nous utilisons une approche graphique. Dans le logiciel MATLAB, nous entrons un ensemble de valeurs d'irradiance (exprimées en watts par mètre carré), telles que 200, 400, 600, 800 et 1000. Ensuite, en utilisant les paramètres appropriés dans le bloc dédié aux panneaux photovoltaïques, nous générons cinq courbes distinctes représentant l'énergie produite pour chaque valeur d'irradiance. En cliquant sur "plot", ces courbes sont affichées graphiquement, permettant ainsi une visualisation claire de la relation entre l'irradiance et l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques.

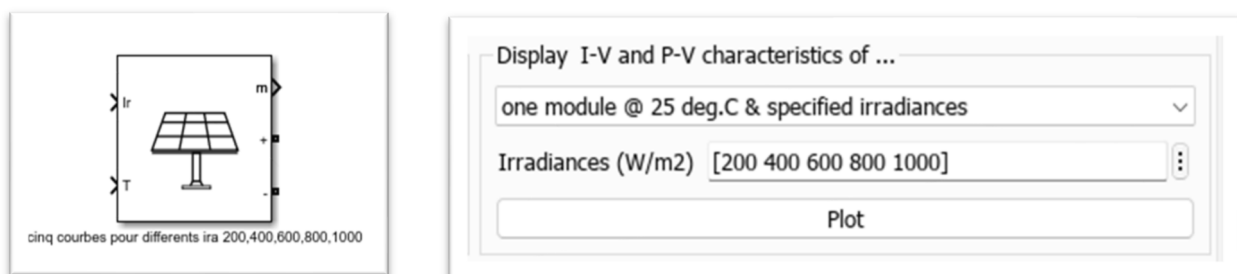


Figure II. 1:Influence de l'éclairement.

La production de l'énergie électrique dépend essentiellement de l'éclairement reçu par la cellule.

Les deux figures suivantes (Simulation et Datasheet) représentent les caractéristiques courant en fonction de la tension pour différents éclairements avec une température et une vitesse de circulation d'air ambiant fixes.

Nous voyons clairement que le rayonnement influe directement sur le courant autrement dit le courant est directement proportionnel à l'éclairement. Par contre, la tension varie peu en fonction de l'éclairement.

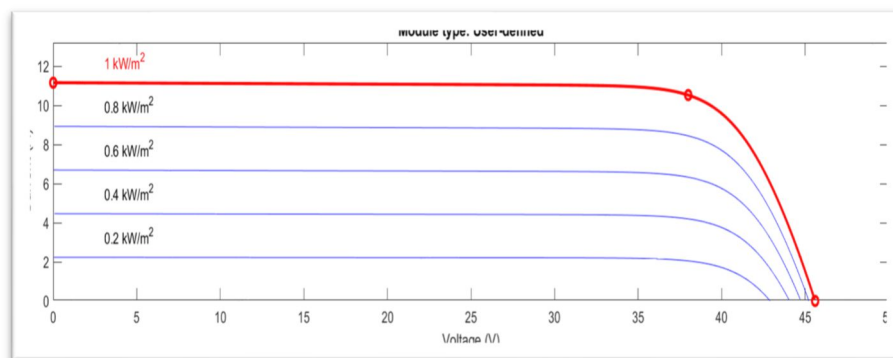


Figure II. 2:Caractéristique courant tension en fonction de l'éclairement fait par Matlab

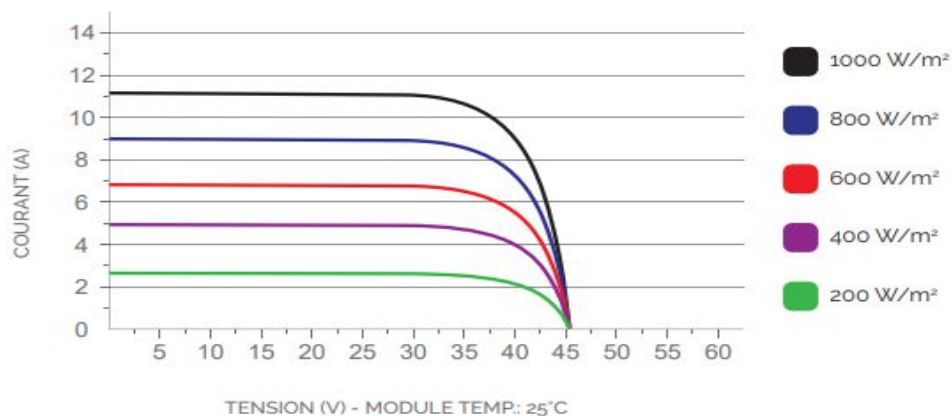


Figure II. 3: Caractéristique courant tension en fonction de l'éclairement pris du Datasheet.

Pour étudier l'influence de l'irradiance sur la production, nous pouvons aussi utiliser le logiciel PV syst en suivant des étapes simples. Tout d'abord, nous choisissons des données précises de l'irradiance qui correspond à celle du Datasheet. Ensuite, nous entrons ces données dans PV Syst qui nous permet d'enter différentes valeurs de I_r et d'analyser leur impact sur la production d'énergie des panneaux photovoltaïques.

- Pour commencer, nous cliquons sur l'icône "Ouvrir", située juste à côté de la section du type de panneaux. Cela nous permet d'accéder aux paramètres spécifiques de notre panneau photovoltaïque comme le montre la figure.

Figure II. 4: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres.

Ensuite, nous cliquons sur l'icône "Graphiques", qui permet de choisir les valeurs d'irradiance ainsi que les paramètres qui correspond à notre panneau.

Figure II. 5: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres du panneau photovoltaïque.

Enfin, nous cliquons sur l'icône "Graph. complet", qui permet de visualiser différentes courbes correspondant à diverses valeurs d'irradiance.

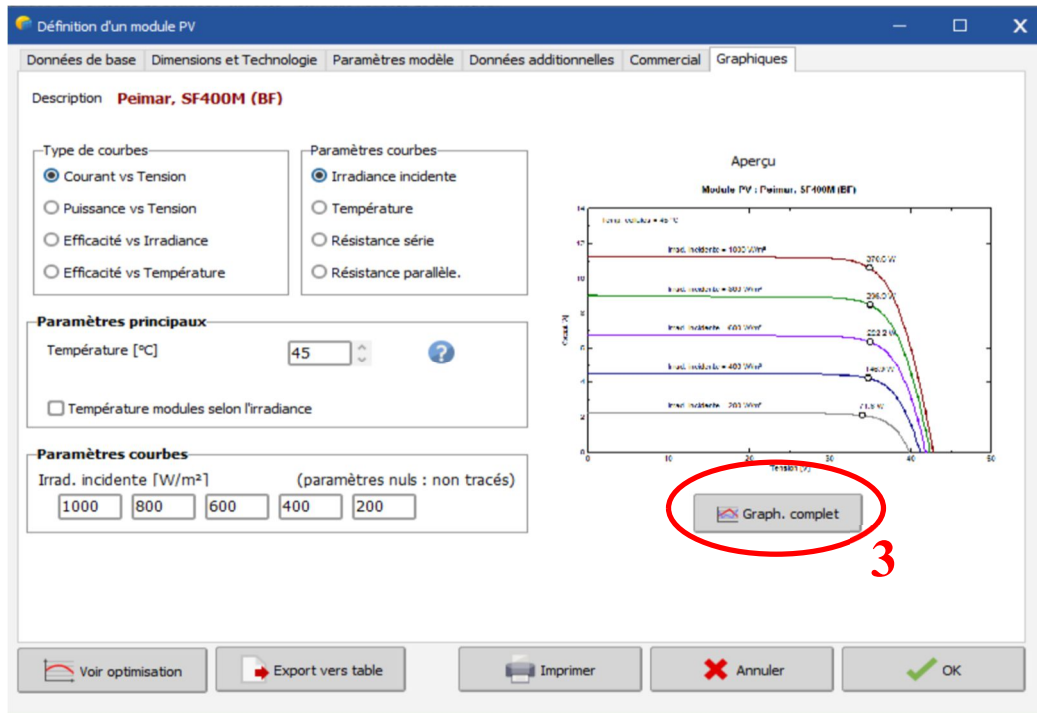


Figure II. 6: Fenêtre PV syst pour la visualisation des courbes du panneau photovoltaïque.

Ces courbes nous aident à comprendre comment chaque niveau d'irradiance affecte la production énergétique, nous permettant ainsi d'optimiser l'installation de notre système photovoltaïque pour maximiser ces performances.

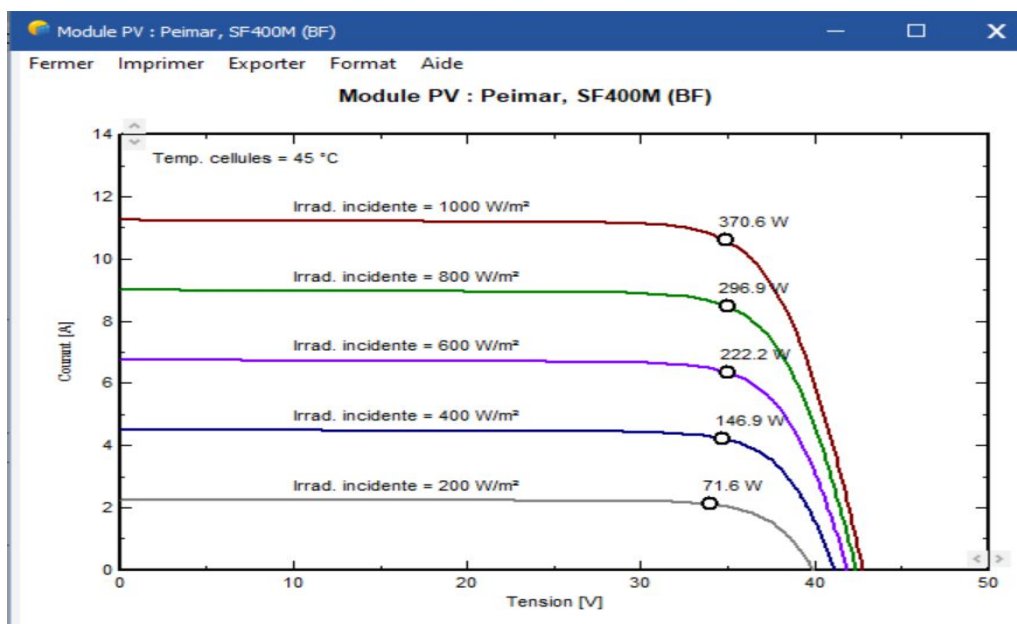


Figure II. 7: Caractéristique courant tension en fonction de l'irradiance pris par PV syst.

Nous remarquons de ces courbes que plus l'irradiance diminue, plus la puissance maximum diminue.

II.10. Influence de la température

Pour étudier la relation entre la température et les caractéristiques courant-tension des panneaux photovoltaïques, nous utilisons également une méthode graphique. Dans MATLAB, nous saisissons différentes valeurs de température, telles que 0°C, 25°C et 50°C, dans les paramètres du bloc dédié aux panneaux photovoltaïques. Ensuite, en cliquant sur "plot", nous générons trois courbes distinctes représentant les caractéristiques courant-tension pour chaque valeur de la température. Ces courbes nous permettent d'observer visuellement comment la température affecte les performances électriques des panneaux photovoltaïques.

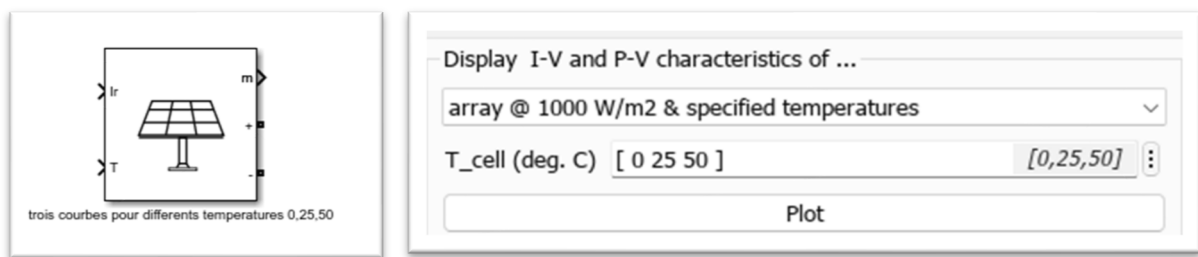


Figure II. 8: Influence de la température.

Pour étudier l'influence de la température sur la production, nous pouvons aussi utiliser le logiciel PVsyst en suivant des étapes simples. Tout d'abord, il est nécessaire de sélectionner des données de température précises correspondant à celles indiquées dans le datasheet. Ensuite, nous saisissons ces données dans PVsystem, ce qui nous permet d'entrer différentes valeurs de température et d'analyser leur impact sur la production d'énergie des panneaux solaires.

- Pour commencer, nous cliquons sur l'icône "Ouvrir", située à côté de la section du type de panneaux photovoltaïque. Cela nous permet d'accéder aux paramètres spécifiques de notre panneau, comme il est illustré sur la figure.

Définition d'un système de pompage, Variante "Nouvelle variante de simulation"

Suggestions de pré-dimensionnement

Besoins en eau journaliers moyens :	Autonomie requise	4.0 Jours	Volume réservoir conseillé	120 m³
Pression min. 30.0 mCE	Manque accepté	5.0 %	Puissance pompe conseillée	3.6 kW
Pression max. 34.3 mCE			Puissance PV conseillée	4.6 kWc (nom.)
Volume 30.0 m³/jour				
Puissance hydraulique 526 W (très approximatif)				

Définition pompe Conception du sous-champ

Information système

Pompe choisie	Surface 0.7 kW Head 15-40 - FR 4 m3_h
Technologie	Centrifuge Pression 15.0 - 40.0 mCE
Puissance max.	700 W Débit 4.94 - 2.53 m³/h

Aide au dimensionnement

☐ Pas de prédim. Entrez Pnom désirée 4.6 kWc

☐ ... ou surface disponible 22 m²

Sélection du module PV

Disponibles

Peimar

400 Wc 32V Si-mono SF-400M (BF) Depuis 2022

Modules nécessaires approx. 11 Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) 32.8 V Vco (-10°C) 50.3 V

Choisissez le mode de régulation et le régulateur

☒ Régulateur universel mode de régulation Convertisseur MPPT-DC

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

Conception champ PV

Nombre de modules et chaînes

Mod. en série 1 doit être: seule possibilité 1

3 entre 9 et 14

Cond. de fonctionnement

Vmpp (60°C)	33 V
Vmpp (20°C)	38 V
Vco (-10°C)	50 V

Irradiance plan 1000 kWh/m²

Imp 31.8 A

Isc 33.5 A

Puiss. max. en fonctionnement 1.1 kW (à 1000 W/m² et 50°C)

A cause de la cavitation et de l'amorçage, le niveau de la pompe ne peut pas être à plus de 5 mètres au-dessus du niveau du lac !

Annuler OK

Figure II. 9: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres.

Ensuite, nous cliquons sur l'icône "Graphiques", ce qui nous permet de sélectionner les valeurs d'irradiance et d'ajuster les paramètres correspondant à notre panneau.

Définition d'un module PV

Données de base Dimensions et Technologie Paramètres modèle Données additionnelles Commercial **Graphiques**

Modèle SF-400M (BF) Fabricant Peimar

Nom fichier Peimar_SF_400M_(BF).PAN Source données Datasheet 2022

Base de données PVsyst originale Prod. depuis 2022

Puissance nom. 400.0 Wc Tol. +/- 0.0 3.0 %

(aux STC)

Technologie Si-mono

Spécifications fabricant ou autres mesures

Cond. de référence	GRef	1000 W/m²	TRef	25 °C
Courant de court-circuit	Isc	11.160 A	Circuit ouvert Vco	45.60 V
Point de Puissance max.	Imp	10.530 A	Vmpp	38.00 V
Coefficient de tempér.	muIsc	4.5 mA/°C	Nb. cellules en série	66 en série
	ou muIsc	0.040 %/°C		

Résumé du modèle

Paramètres principaux

R parall.	400 Ω
Rparall(G=0)	1600 Ω
R série model	0.24 Ω
R série max.	0.25 Ω
R série apparent	0.39 Ω

Paramètres modèle

Gamma	0.986
IoRef	0.02 nA
muVco	-139 mV/°C
muPMax fixé	-0.37 /°C

Résultats du modèle interne

Cond. de fonctionnement	GOper	1000 W/m²	TOper	25 °C
Point de Puissance max.	Pmpp	400.2 W	Coeff. de température	-0.36 %/°C
Courant	Imp	10.60 A	Tension Vmpp	37.8 V
Courant de court-circuit	Isc	11.16 A	Circuit ouvert Vco	45.6 V
Efficacité / Surf. cellules		22.00 %	/ Surf. module	20.10 %

Voir optimisation Export vers table Imprimer Annuler OK

Figure II. 10: Fenêtre PV syst pour introduire les paramètres du panneau photovoltaïque.

Chapitre II : Étude théorique des systèmes photovoltaïque

Enfin, nous cliquons sur l'icône "Graph. complet", ce qui nous permet de visualiser différentes courbes correspondant à diverses valeurs d'irradiance.

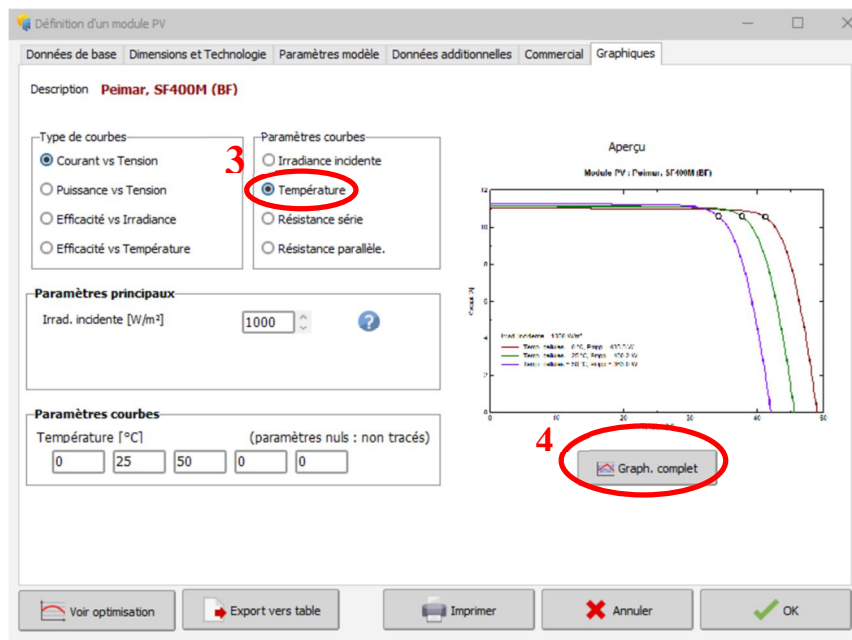


Figure II. 11: Fenêtre PV syst pour la visualisation des courbes du panneau photovoltaïque.

Ces courbes nous aident à comprendre l'impact de chaque niveau de la température sur la production d'énergie, nous permettant ainsi d'optimiser l'installation de notre système photovoltaïque pour maximiser ses performances.

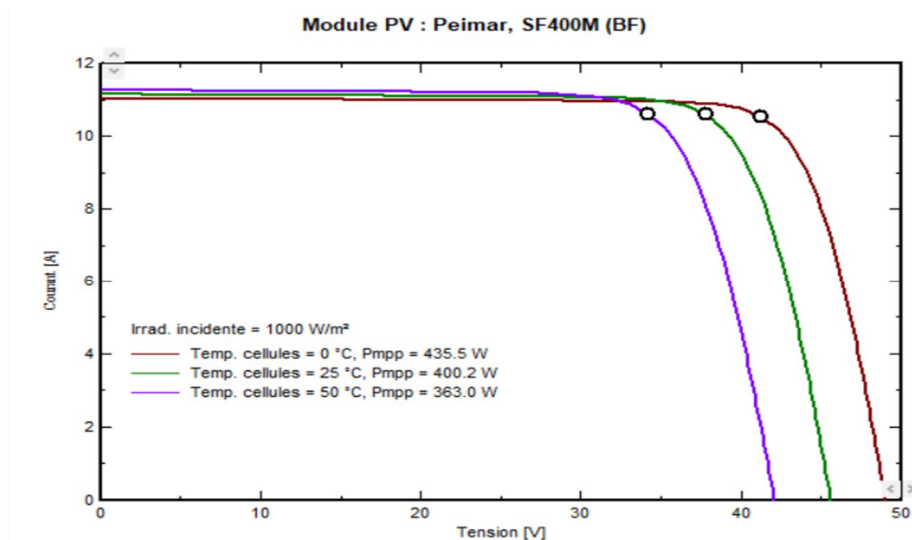


Figure II. 12: Caractéristique courant tension en fonction de la température pris par PV syst.

Nous remarquons des figures ci-dessous que la température exerce un impact significatif sur la conception des systèmes photovoltaïques, étant donné que les cellules sont soumises à l'irradiation solaire, ce qui peut les chauffer. De plus, une proportion du rayonnement solaire capté n'est pas transformée en électricité, mais plutôt dissipée sous forme de chaleur. Cette chaleur supplémentaire peut affecter les performances des cellules, réduisant leur efficacité et leur durabilité. Ainsi, la gestion de la température est un aspect crucial dans la conception des systèmes photovoltaïques, nécessitant des stratégies de refroidissement efficaces pour maintenir les performances optimales des panneaux et garantir leur fiabilité à long terme.

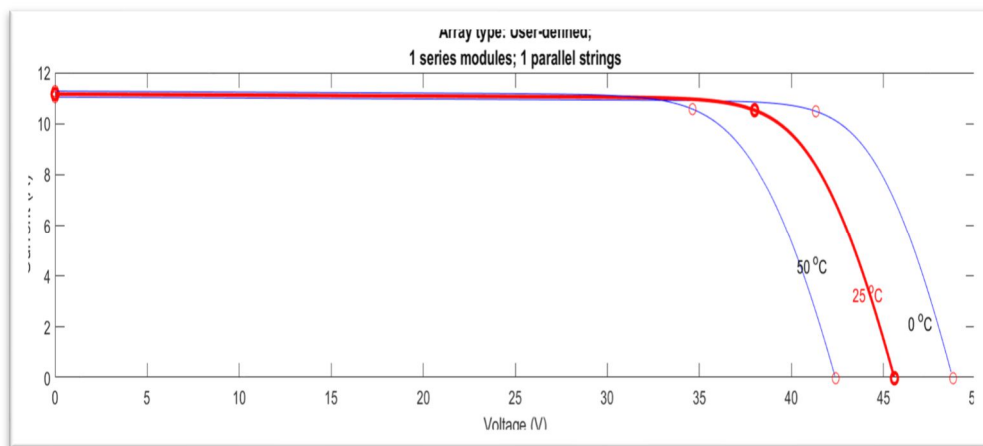


Figure II. 13:Caractéristique courant tension en fonction de la température fait par Matlab.

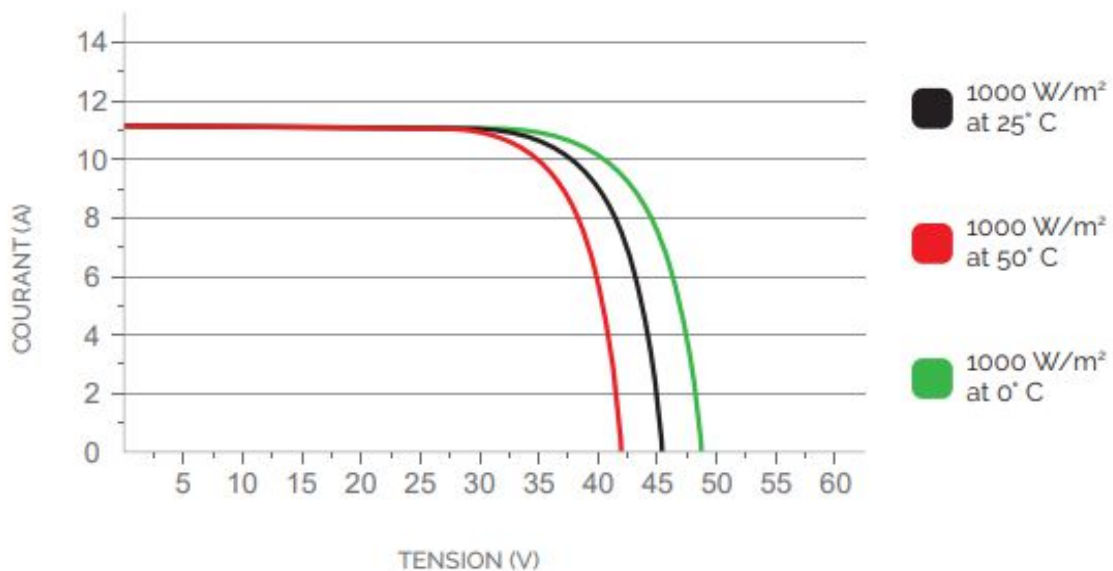


Figure II. 14:Caractéristique courant tension en fonction de la température pris du Datasheet.

II.11. Limite du logiciel PV syst

Dans notre étude initiale, nous avons exploré la possibilité d'utiliser le logiciel PV syst pour notre projet de transport d'eau du bassin vers les systèmes d'irrigation. Cependant, nous avons constaté après plusieurs essaye que cela n'était pas possible. Cependant, ce logiciel nous a aidés à étudier l'influence de température ainsi que l'influence de l'irrigation sur la production.

Après avoir réfléchi, nous avons eu une idée : considérer la terre à irriguer comme un autre bassin. Ça aurait pu aider à utiliser le logiciel disponible. Mais en y regardant de plus près, nous nous sommes rendus compte que ça ne marcherait pas aussi. En effet, le logiciel ne permettait pas de prendre en compte les particularités de notre système de transport d'eau. Malgré cette limitation, nous reconnaissons l'utilité générale du logiciel dans de nombreuses applications. Cette limitation ne nous a pas permis d'aller plus loin dans notre étude par simulation avec ce logiciel.

II.12. Utilisation de l'électronique de puissance

Les systèmes photovoltaïques dépendent des systèmes à base d'électroniques de puissance pour réguler la tension continue des panneaux solaires. Ces systèmes utilisent en général au début des convertisseurs de type DC-DC qui modifie la valeur de la tension continue. Le choix de ce type de convertisseur est déterminé par le type de charges utilisées [11].

Il existe plusieurs types d'hacheurs, chacun a des caractéristiques et des applications spécifiques, parmi les convertisseurs DC-DC, nous pouvons citer :

- Le convertisseur élévateur « Boost »,
- Le convertisseur abaisseur « Buck »,
- Et le convertisseur abaisseur élévateur « Buck-Boost » [12] et [13]

II.12.1. Convertisseur boost

Commençons par l'hacheur élévateur, appelé aussi hacheur boost, qui a la capacité d'augmenter la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée. [14]

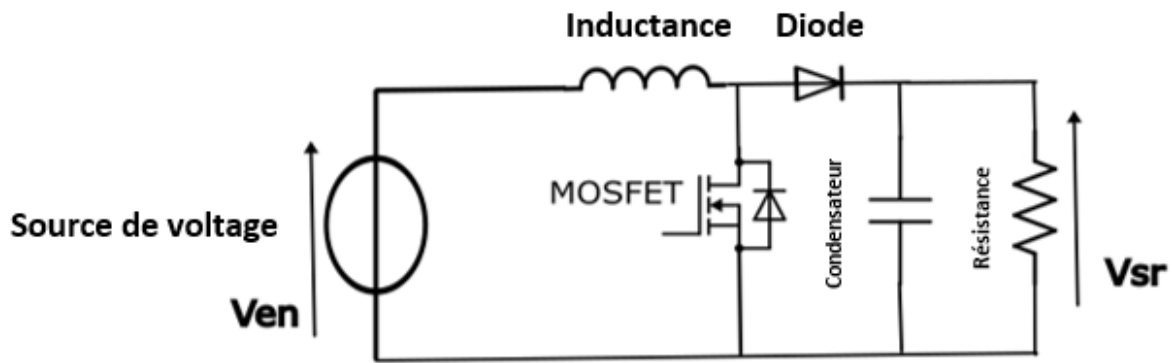


Figure II. 15: Schéma du convertisseur boost.

II.12.2. Convertisseur Buck-Boost

Ce type de convertisseur DC-DC est à stockage inductif de type indirect. Il est alimenté par une source de tension continue, avec un filtrage capacitif en parallèle. La charge en sortie est de type source de tension, avec un condensateur en parallèle à une charge résistive. [12]

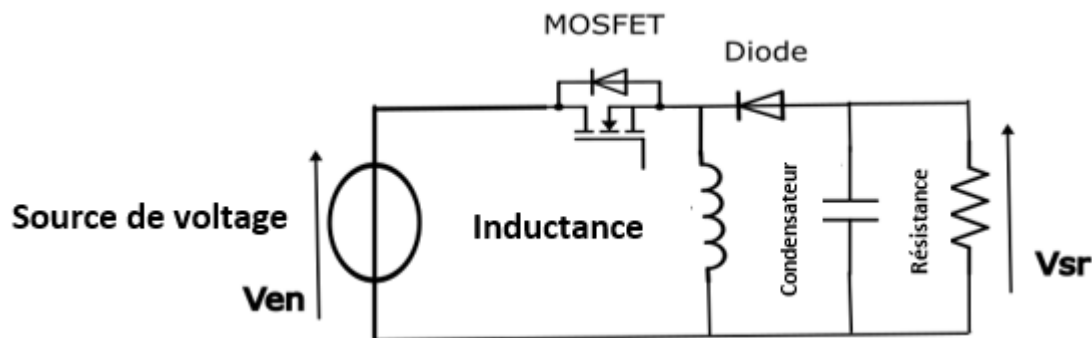


Figure II. 16: Schéma du convertisseur Buck-boost.

Le tableau suivant résume les principaux rapports de transformation en fonction du rapport cyclique pour les différentes structures de convertisseurs statiques, Où α désigne le rapport cyclique du convertisseur. [11]

Tableau II. 1: Amélioration de la tension par le biais des convertisseurs DC-DC.

	Boost	Buck-Boost
Gain en tension	$\frac{1}{1 - \alpha}$	$\frac{\alpha}{1 - \alpha}$
Courant de source	Continu	Discontinu

- Dans un convertisseur Boost, le courant de source est continu, ce qui assure une alimentation stable et moins de bruit dans le circuit.

- Par contre, dans un convertisseur Buck-Boost, le courant de source est discontinu, entraînant des variations significatives et des périodes de courant nul, pouvant générer plus de bruit dans le circuit.

II.13. Avantages et inconvénients des convertisseurs Boost et Buck-Boost

Les avantages et inconvénients des convertisseurs Boost et Buck-Boost ont été regroupés dans le tableau ci-dessous. [15] et [16]

Tableau II. 2:Avantages et Inconvénients de convertisseur Boost et Buck -Boost.

	Boost	Buck-Boost
Avantages	Le convertisseur boost permet d'augmenter la tension de sortie d'un panneau photovoltaïque.	Le convertisseur Buck-boost permet d'abaisser ou d'augmenter la tension de sortie d'un panneau photovoltaïque.
	Limite maximale de puissance.	Limite maximale de puissance.
	Adaptabilité avec des conditions différentes.	L'efficacité élevée.
	Le convertisseur boost est utilisé même dans des applications de faible puissance.	Il assure une tension de sortie stable lorsqu'il est régulé malgré les variations de la tension d'entrée, ce qui est crucial pour les équipements électroniques sensibles.
Inconvénients	Circuit complexe	Circuit complexe
	Dimensionnement des composants réalisé pour un fonctionnement efficace et fiable.	Les variations de charge sensible

II.14. Dimensions des composants du convertisseur Boost

Nous allons dans cette partie montrer uniquement le dimensionnement des composants du convertisseur Boost car nous allons l'utiliser dans le prochain chapitre. Ainsi, les paramètres du convertisseur élévateur sont déterminés comme suit : [17]

Pour obtenir le rapport cyclique, il suffit d'utiliser l'expression suivante :

$$V_{st} = \frac{V_{en}}{1-D} \quad (II.1)$$

Ce qui nous donne :

$$D = \frac{V_{sr} - V_{en}}{V_{sr}} \quad (\text{II.2})$$

Avec

- V_{sr} : la tension de sortie du hacheur Boost (V)
- V_{en} : la tension d'entrée du hacheur Boost (V)
- α : le rapport cyclique

Ensuite, pour déterminer la tension aux bornes de l'inductance il suffit d'utiliser les expressions suivantes :

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (\text{II.3})$$

A partir de là l'éq II.3, nous obtenons :

$$V.T = L \Delta I_L \quad (\text{II.4})$$

Donc

$$\Delta I_L = D \frac{V_{en}}{f \times L} \quad (\text{II.5})$$

Sachant que l'ondulation de la tension est égale à :

$$\Delta V = D \frac{1}{f \times C} \quad (\text{II.6})$$

Pour dimensionner le condensateur il suffit d'utiliser l'expression suivante :

$$\Delta V_{sr} = \frac{I_s \times D}{f \times C} \rightarrow C = \frac{I_s \times D}{f \times \Delta V_{sr}} \quad (\text{II.7})$$

Avec :

- ΔV_{sr} : l'ondulation de la tension
- I_s : le courant de sortie
- f : la fréquence

Enfin, pour déterminer la valeur de l'inductance, il suffit d'utiliser l'expression suivante :

$$L = D \frac{V_{en}}{f \times \Delta I_L} \quad (\text{II.8})$$

Avec :

- V_{en} : la tension d'entrée de l'hacheur boost (V)
- f : la fréquence
- ΔI_L : l'Ondulation du courant

II.15. Onduleur

Dans notre projet, nous avons également utilisé un onduleur. Ce dernier est un système à base d'électronique de puissance qui convertit la tension continue en une tension alternative. Il est utilisé pour alimenter des appareils en courant alternatif à partir d'un générateur photovoltaïque par exemple. Dans la plupart des domaines nous utilisons les onduleurs à source de tension.[18] La figure suivante montre un onduleur triphasé.

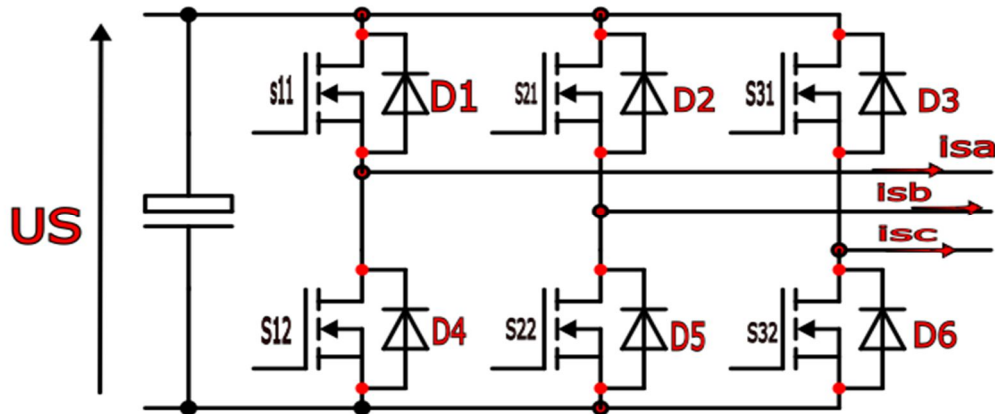


Figure II. 17:Schéma d'un onduleur triphasé.

Les différents interrupteurs sont supposés parfaits, c'est-à-dire que les phénomènes causés par les interrupteurs sont négligeables. Nous pouvons remplacer les interrupteurs d'un bras de l'onduleur par des interrupteurs à deux positions modélisées par une fonction booléenne qui décrit l'état de chaque interrupteur. Sa valeur est 1 si l'interrupteur est fermé et 0 s'il est ouvert. Cette fonction est définie par :

$$F_i \begin{cases} 0 & \text{Si } S_{i1} \text{ est fermé et } S_{i0} \text{ est ouvert} \\ 1 & \text{Si } S_{i1} \text{ est ouvert et } S_{i0} \text{ est fermé} \end{cases}$$

Avec :

$$i = 1, 2, 3.$$

L'onduleur est contrôlé à partir de l'ouverture et la fermeture des interrupteurs. [19] et [20]

Avec :

- '1' si l'interrupteur est « ON »
- '0' si l'interrupteur est « OFF »

Les relations entre ces différentes fonctions sont alors exprimées à travers l'expression : [19] et [20]

$$\begin{cases} s_{11} = 1 - s_{10} \\ s_{21} = 1 - s_{20} \\ s_{31} = 1 - s_{30} \end{cases} \quad (\text{II.9})$$

En utilisant les fonctions de connexion, les tensions combinées de l'onduleur sont alors exprimées comme suit : [19] et [20]

$$\begin{cases} V_{saa} = U_s(s_{11} - s_{21}) \\ V_{sbb} = U_s(s_{11} - s_{21}) \\ V_{scc} = U_s(s_{11} - s_{21}) \end{cases} \quad (\text{II.10})$$

Ainsi l'expression sous forme de matrice des tensions simples de l'onduleur est obtenue par les fonctions logiques de connexion à partir des équations suivantes : [19] et [20]

$$\begin{bmatrix} V_{sab} \\ V_{sbc} \\ V_{sca} \end{bmatrix} = \frac{U_s}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ s_{31} \end{bmatrix} \quad (\text{II.11})$$

II.16 Pompes

La pompe est un dispositif essentiel pour transférés les liquide et les gaz. À partir du XVIIIe siècle, les pompes modernes ont commencé à être développées et aujourd'hui, nous utilisons une variété de pompes telles que les pompes diesel et aussi électriques, qui sont capables de pomper des liquides à des débits très élevés. Ces pompes sont utilisées dans plusieurs domaines.[21]

Il existe plusieurs types de pompes dont nous allons vous les résumés en quelque lignes.

- **Pompe centrifuge** : ce type de pompe est utilisé afin de faire déplacer un liquide en utilisant la force centrifuge qui est générée par une rotation de la roue. [22]
- **Pompe à piston** : elle se compose d'un cylindre ou il existe un piston qui joue le rôle fondamental dans le fonctionnement de ce type de pompe (comprimer et déplacer le liquide). [23]
- **Pompe à engrenage** : leur principe de fonctionnement est simple. Elle utilise l'engrenage afin de faire pousser le liquide dans la chambre de pompage. [24]
- **Pompe a péristaltiques** : Elle est aussi appelée pompe à galet. Elle est utilisée pour deux fluides liquides. Elle comprime le fluide en utilisant une série de rouleaux dans un tube flexible. [25]

- **Pompage solaire** : Les pompes solaires tirent leur énergie de manière innovante : elles sont alimentées par des panneaux photovoltaïques qui transforment l'énergie solaire en électricité. Cette méthode offre une solution respectueuse de l'environnement et elle est durable. [26]

On distingue principalement deux types de pompes solaires, à savoir :

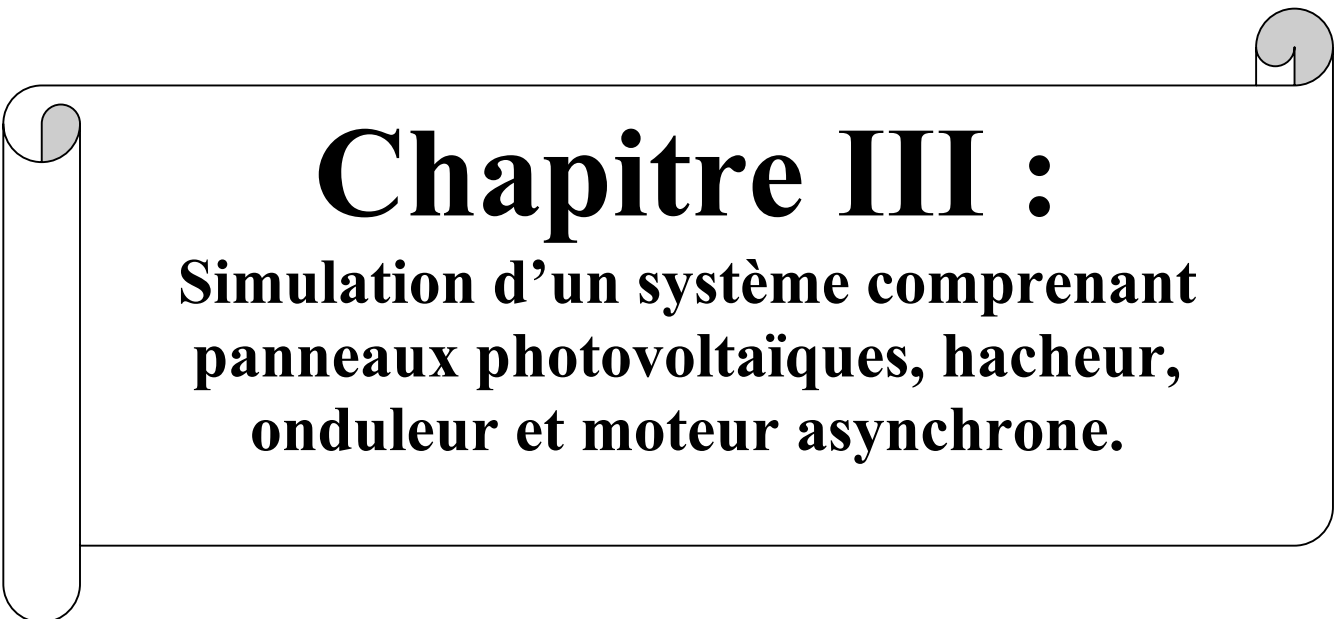
- **Les pompes de surface** : Ces pompes sont faites pour tirer de l'eau depuis des endroits profonds où la pression n'est pas très forte. Pour les mettre en marche, nous devons d'abord remplir la partie du tuyau qui se trouve avant la pompe avec de l'eau. Cela démarre le processus pour aspirer l'eau. [26]
- **Les pompes immergées** : Dans le cas des pompes immergées, elles sont placées sous l'eau avec le moteur. Le moteur peut être soit immergé avec la pompe, surtout dans le modèle monobloc, soit installé à la surface. Pour les faire fonctionner, un arbre relie la pompe au moteur pour transmettre la puissance nécessaire. [26]

Parmi les avantageuses des pompes solaires, nous avons [26] :

- Un fonctionnement grâce à une énergie propre (énergie solaire).
- Un coût faible à entretenir.
- Un faible nombre de pièces qui s'usent, donc elles nécessitent très peu de réparations.

II.17. Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'explorer les technologies des panneaux photovoltaïques disponibles sur le marché. Ensuite, nous avons présenté plusieurs types de panneau photovoltaïque en montrant leurs avantages spécifiques pour répondre aux divers besoins en matière d'application de l'énergie solaire. Nous avons aussi présenté le choix du type de panneau photovoltaïque qui dépend de plusieurs facteurs. Nous avons ensuite utilisé trois méthodes différentes (datasheet, PV system, Matlab) pour savoir l'impact du I_r ainsi que l'influence de la température et de l'irradiance sur la production. En simulant notre installation par les deux logiciels (pour la validation de nos résultats), nous avons trouvé les mêmes résultats que ceux donnés par le constructeur.

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical bar on the left and horizontal bars at the top and bottom. The corners are rounded and feature scroll-like details.

Chapitre III :

**Simulation d'un système comprenant
panneaux photovoltaïques, hacheur,
onduleur et moteur asynchrone.**

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous étudierons un système complet comprenant pompage-photovoltaïque, qui comprend le dimensionnement et la simulation du système de pompage d'eau en examinant de près les composants clés et les considérations essentielles pour assurer son efficacité et sa fiabilité.

III.2. Étude de cas (Description de notre système)

Dans notre système photovoltaïque, que nous allons faire l'étude d'un groupement panneau photovoltaïque pour capturer la lumière du soleil et le convertir en source de courant continu. Ce dernier passe ensuite par un hacheur élévateur pour augmenter la tension. Puis, un onduleur triphasé connecté à ce dernier convertit le courant continu en courant alternatif. Enfin, nous utilisons un moteur asynchrone utilisé par notre pompe. Chaque partie constituant notre système sera étudié en détail.

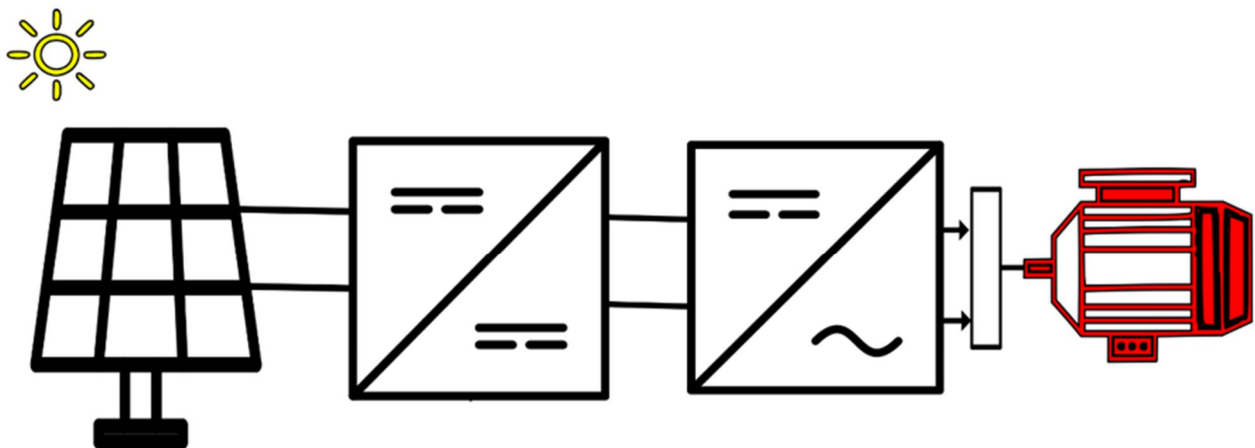


Figure III. 1:Schéma générale (panneau photovoltaïque + hacheur + onduleur +moteur).

III.3. Panneau photovoltaïque

Pour garantir une reproduction précise des caractéristiques de notre panneau photovoltaïque monocristallin, de marque « Premier SF400M » en simulation, nous avons suivi une approche rigoureuse. Tout d'abord, nous avons sélectionné le modèle du panneau photovoltaïque disponible dans MATLAB en raison de sa précision et de sa fiabilité dans la modélisation des cellules solaires. Ensuite, nous avons procédé à un ajustement de tous les paramètres du modèle pour qu'ils reflètent fidèlement les

Chapitre III : Simulation d'un système comprenant panneaux photovoltaïques, hacheur, onduleur et moteur asynchrone.

spécifications techniques de notre panneau « Premier SF400M ». Ainsi les paramètres que nous avons utilisé pour ce panneau, sont :

- Nombre de cellules par module (Ncell) : 66
- Tension de circuit ouvert (Voc en V) : 45.6V
- Courant de court-circuit (Isc en A) : 11.16A
- Tension au point de puissance maximale (Vmp en V) : 38V
- Courant au point de puissance maximale (Imp en A) : 10.53A
- Coefficient de température de la tension de circuit ouvert (%/°C) : -0.28%/°C
- Coefficient de température du courant de court-circuit (%/°C) : 0.042%/°C

Ces paramètres sont ensuite introduits dans le bloc de simulation de notre panneau photovoltaïque, comme il est illustré sur la figure suivante :

Block Parameters: PV Array1

Allows modeling of a variety of preset PV modules available from NREL System Advisor Model (Jan. 2014) as well as user-defined PV module.

Input 1 = Sun irradiance, in W/m2, and input 2 = Cell temperature, in deg.C.

Parameters Advanced

Array data

Parallel strings 1

Series-connected modules per string 4

Module data

Module: User-defined

Maximum Power (W) 400.14

Cells per module (Ncell) 66

Open circuit voltage Voc (V) 45.6

Short-circuit current Isc (A) 11.16

Voltage at maximum power point Vmp (V) 38

Current at maximum power point Imp (A) 10.53

Temperature coefficient of Voc (%/deg.C) -0.28

Temperature coefficient of Isc (%/deg.C) 0.042

Model parameters

Light-generated current IL (A) 11.1713

Diode saturation current I0 (A) 1.5924e-11

Diode ideality factor 0.98646

Shunt resistance Rsh (ohms) 261.1612

Series resistance Rs (ohms) 0.22699

Display I-V and P-V characteristics of ...

array @ 1000 W/m2 & specified temperatures

T_cell (deg. C) [25]

Plot

OK Cancel Help Apply

Figure III. 2: Paramètre des panneaux entrés en Matlab.

En faisant la simulation, nous avons réussi à obtenir des courbes de simulation qui correspondent aux données fournies dans la documentation technique du panneau photovoltaïque. Ce processus garantit que notre modèle de simulation reproduit fidèlement le comportement électrique du panneau photovoltaïque pour divers conditions de fonctionnement. Après avoir utilisé ces paramètres, les autres paramètres du modèle seront calculés automatiquement. Cela inclut le courant généré par la lumière (I_L en A), le courant

de saturation de la diode (I_0 en A), le facteur d'idéalité de la diode, la résistance shunt (R_{sh} en ohms) et la résistance série (R_s en ohms).

Ensuite, nous faisons le calcul du nombre exact de panneaux nécessaires dans notre cas pour alimenter notre moteur asynchrone de 1,5kw, qui est donné par l'expression suivante :

$$N_p = \frac{\text{puissance de moteur}}{\text{puissance du panneau}} \quad (\text{III.1})$$

$$N_p = \frac{1500}{400,14} = 4 \text{ panneaux} \quad (\text{III.2})$$

Par conséquent, notre système de pompage nécessite 4 panneaux photovoltaïques (dans les conditions idéales) mais par mesure de sécurité nous allons ajouter un cinquième ou même un sixième pour tenir compte des changements météorologiques.

III.4. Influence de la température et de l'irradiance sur notre système photovoltaïque

Dans le cadre de notre projet de pompage solaire à la deuxième station de pompage de la ferme Belaidouni, nous devons examiner toutes les situations possibles en ce qui concerne la température et l'ensoleillement pour garantir que la ferme Belaidouni a toujours suffisamment d'eau pour ses besoins.

- Ainsi, pour notre premier cas, nous avons constaté que la température influe sur la production lorsque l'ensoleillement est fixe. Lorsque la température atteint 50°C, c'est le cas le plus défavorable pour notre système de pompage solaire, car à cette température élevée, les panneaux photovoltaïques voient leur efficacité en diminution.

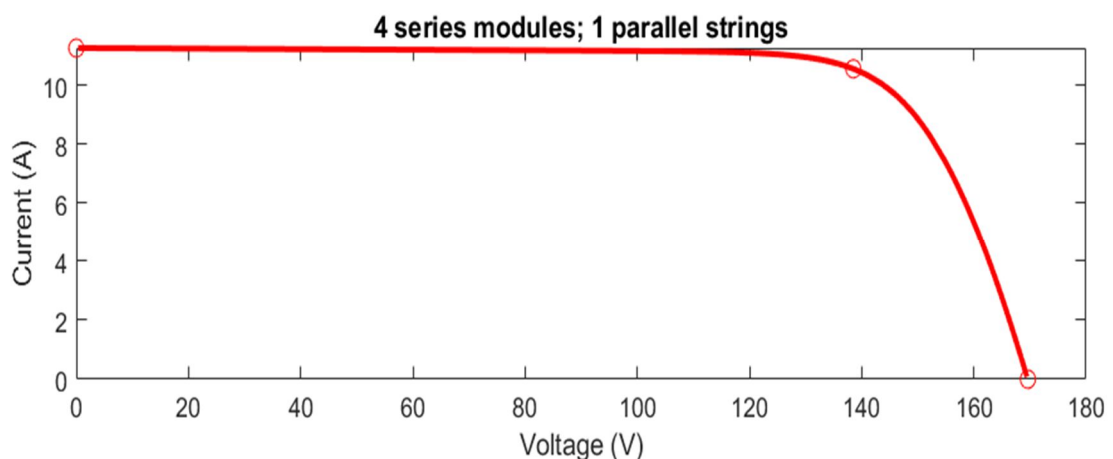


Figure III. 3: Caractéristique U/I pour une température $T = 50^\circ\text{C}$.

- Lorsque la température atteint 25°C, considérée comme une température idéale pour notre système de pompage solaire, à cette valeur, les panneaux photovoltaïques fonctionnent efficacement.

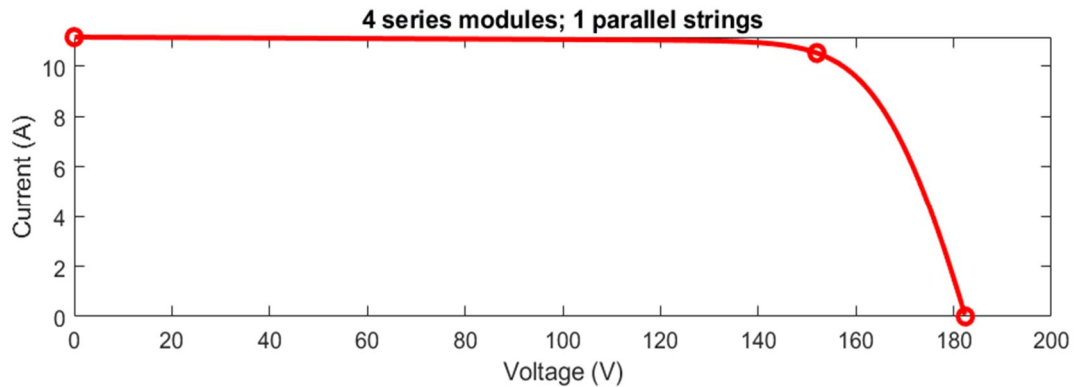


Figure III. 4: Caractéristique U/I pour une température idéale $T = 25^{\circ}\text{C}$.

- Lorsque la température atteint 0°C malgré que ce cas soit très rare dans la ferme Belaidouni, notre système continuera à fonctionner même s'il fera froid.

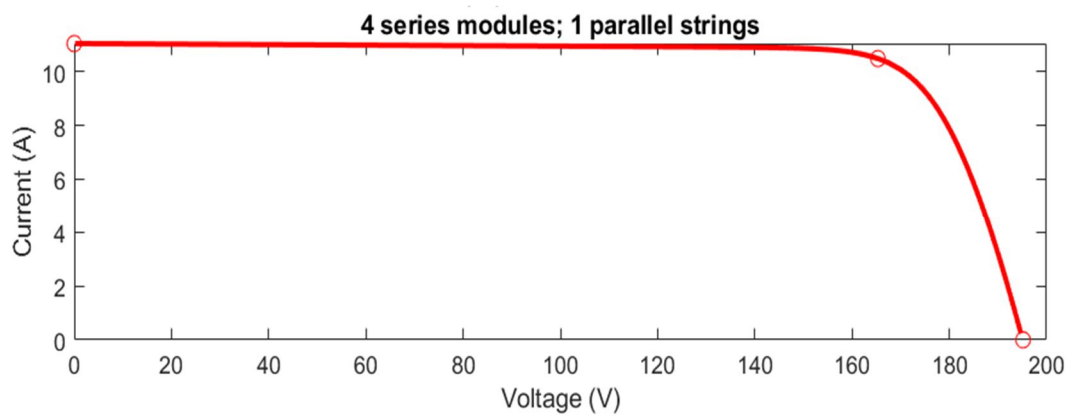


Figure III. 5: Caractéristiques U/I pour une température $T = 0^{\circ}\text{C}$.

Maintenant, pour notre deuxième cas, nous fixons la température à 25°C et on étudie l'impact de l'irradiance sur notre système de pompage, en examinant comment il se comporte. Nous pourrions ainsi voir comment il fonctionne pour différentes situations. Cette étape est importante pour garantir que la ferme reçoive toujours suffisamment d'eau quand elle en a besoin.

- Ainsi lorsque nous avons une valeur de 1000 w/m^2 (qui est la plus favorable) dans le cas où le ciel est clair et il n'existe aucun nuage, nous remarquons que le système fonctionne très bien.

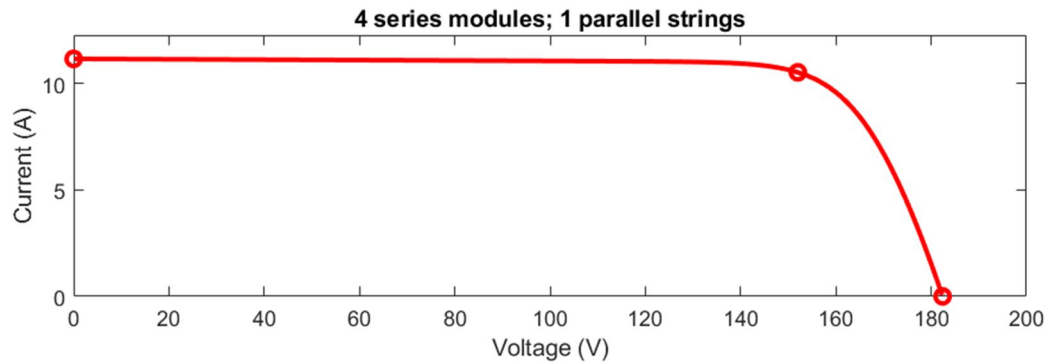


Figure III. 6: Caractéristique U/I pour une irradiance $I_r = 1000 \text{ W/m}^2$.

- Maintenant nous allons utiliser une valeur de 600 W/m^2 . Cette valeur correspond à un ciel nuageux et/ou comme en début ou enfin de la journée. Nous remarquons que les performances diminuent un tout petit peu.

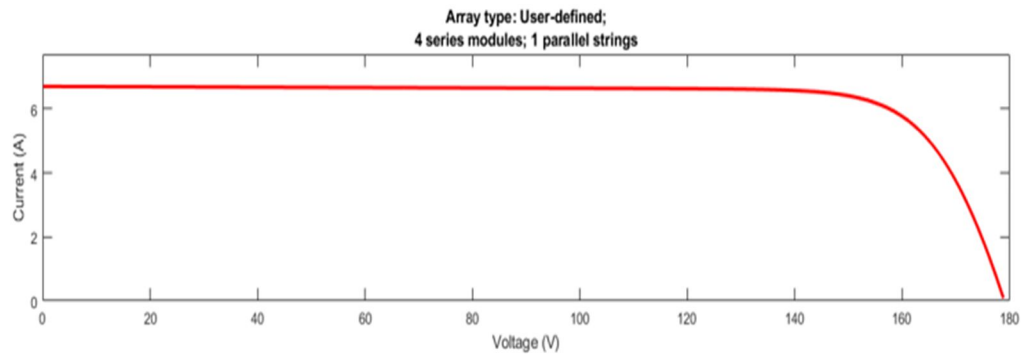


Figure III. 7: Caractéristique U/I pour une irradiance $I_r = 600 \text{ W/m}^2$.

- Lorsque nous avons une de 200 W/m^2 . Cette valeur correspond à une journée vraiment nuageuse. Nous remarquons que malgré que cette irradiance soit basse, le système peu encore fonctionner mais biens sur avec des performances moindres.

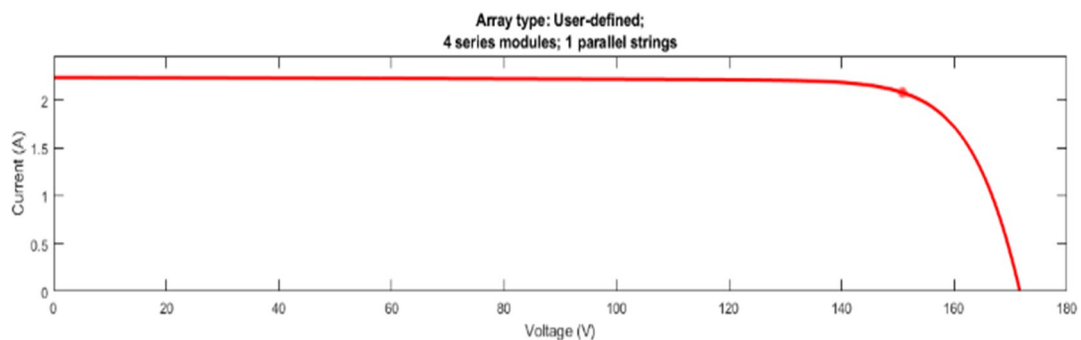


Figure III. 8: Caractéristique U/I pour une irradiance $I_r = 200 \text{ W/m}^2$.

Remarque :

A midi, c'est le moment où l'énergie du soleil est la plus forte. Mais ce qui arrive réellement dépend du ciel s'il est couvert ou si l'air est chargé de poussière. [27]

Après avoir fait une étude de tous les scénarios possibles, nous allons maintenant présenter un résumé des différents résultats obtenus pour différentes valeurs de température et d'irradiance, donné dans les tableaux suivants :

Tableau III. 1: Différente valeur de température à partir de L'irradiance.

	Température	50°C	25°C	0°C
L'irradiance (1000 w/m²)	Tension (V)	169,632 V	182,4 V	195,168 V
	Courant (A)	11,2772 A	11,16 A	11,0428 A

Tableau III. 2: Différente valeur de L'irradiance à partir de la température.

	L'irradiance	1000 w/m ²	600 w/m ²	200 w/m ²
Température (25°C)	Tension (V)	182,4 V	178,81 V	171,581 V
	Courant (A)	11,16 A	6,6967 A	2,23384 A

III.5. Calcul des paramètres du convertisseur Boost

Le schéma du convertisseur boost est simulé à l'aide du logiciel MATLAB et est illustré sur la figure suivante :

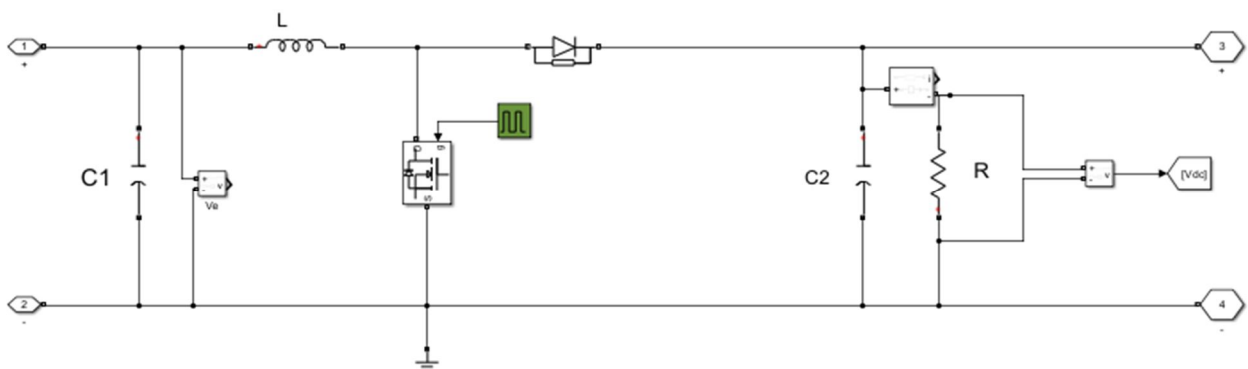


Figure III. 9: Schéma du convertisseur Boost.

Pour ce convertisseur nous avons suivi les étapes suivantes pour le calcul de ces paramètres, à savoir :

- Nous devons calculer tout d'abord le rapport cyclique. Le convertisseur boost a une tension d'entrée, qui correspond à la tension de sortie du panneau photovoltaïque, qui est égale à $V_{en} = 182$ V, et une tension de sortie souhaitée, qui correspond à la tension supportée par notre onduleur, qui est égale à $V_{sr} = 538$ V. Nous obtenons ainsi une valeur du rapport cyclique : [33]

$$D = \frac{V_{sr} - V_{en}}{V_{sr}} = \frac{538 - 182}{538} = 0,66 \quad (III.3)$$

- Ensuite nous devons calculer l'inductance. En prenant une fréquence de commutation de 20 kHz et un courant d'ondulation équivalent à 30% du courant d'entrée. Nous obtenons l'expression suivante [33] :

$$L = D \frac{V_{en}}{f \times \Delta I_L} \quad (III.4)$$

- Après calcul nous obtenons

$$L = 0,66 \times \frac{182}{20000 \times 0,3 \times 11,16} = 1,793 \text{ mH} \quad (III.5)$$

- Ensuite nous devons calculer le condensateur. En prenant une fréquence de commutation de 20 kHz et une tension d'ondulation égale à 1% de la tension de sortie.

- Nous obtenons l'expression [33] :

$$C = \frac{I_s \times D}{f \times \Delta V_{sr}} \quad (III.6)$$

- Après calcul nous obtenons

$$C = 0,66 \frac{(1 - 0,66) \times 11,16}{20000 \times 0,01 \times 538} = 23,27 \text{ } \mu\text{F} \quad (III.7)$$

Avec :

- ΔI_L : L'ondulation du Courant contrainte à 10-30% de I_L . [33]
- ΔV_{sr} : l'ondulation de la tension 1 % de V_{sr} . [33]
- $V_{sr} = 538$ V.

III.6. Calcul de la puissance de la pompe

Pour le calcul de la puissance de la pompe nous devons suivre ces étapes [36] :

- Tout d'abord nous devons calculer la hauteur manométrique. Cette dernière est obtenue par l'expression suivant :

$$HMT = H_g + \Delta h \quad (III.8)$$

Avec :

- HMT : hauteur manométrique (m)
- Hg : hauteur piézométrique (m)
- Δh : pertes de charge régulière (m)
- Ensuite nous devons calculer la hauteur piézométrique, qui est comme suit :

Ayant les données suivantes :

- L'altitude du goutteur le plus défavorable : 176m.
- L'altitude du bassin : 144m
- La profondeur du bassin 2 : 10

- Nous pouvons calculer la hauteur piézométrique comme suite :

$H_g = \text{L'altitude du goutteur le plus défavorable} - \text{L'altitude du bassin} - \text{La profondeur du bassin 2}$

Ce qui nous donne après calcul :

$$H_g = 167 - 144 - 10$$

$$H_g = 13\text{m}$$

- Ensuite nous devons calculer les pertes de charges régulières, donné par l'expression suivante :

$$\Delta h = \frac{\lambda \times L \times V^2}{2 \times g \times D} \quad (\text{III.9})$$

Avec

- λ : coefficient de perte de charge
- V : la vitesse moyenne d'écoulement à l'intérieur du canal (m/s).
- L : la longueur du canal (m).
- D : le diamètre intérieur du canal (m).
- g : la pesanteur (9.81 m/s^2).
- Sachant que le canal s'étend sur une longueur de 1800 m et présente un diamètre interne de 0,1m. Nous pouvons Calculer d'abord la vitesse moyenne d'écoulement à l'intérieur du canal, donné par l'équation suivante :

$$Q = S \times V \quad (\text{III.10})$$

$$Q = 10 \text{ L/s} = 0.01 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{III.11})$$

- S'étant section intérieure du canal (m^2/s) et donné par l'équation suivante :

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} = 0.00785 \text{ m}^2 \quad (\text{III.12})$$

L'équation de la vitesse sera égale alors à :

$$V = \frac{Q \times 4}{\pi \times D^2} = 1.274 \text{ m/s} \quad (\text{III.13})$$

- Ensuite nous devons calculer le coefficient de perte de charge est choisi en fonction du régime d'écoulement (turbulent ou laminaire), en se référant à l'équation de Reynolds pour déterminer la corrélation appropriée.

$$\Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{III.14})$$

Avec ν : La viscosité cinématique égale $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ pour l'eau

$$\Re = \frac{1.274 \times 0.1}{10^{-6}} = 127400 \quad (\text{III.15})$$

Remarque : L'intervalle de variation des valeurs de Reynolds dépend du type d'écoulement. En général, on peut considérer les intervalles suivants :

- Écoulement laminaire : $Re < 2000$
- Transition vers l'écoulement turbulent : $2000 < Re < 4000$
- Écoulement turbulent : $Re > 4000$
- Pour notre cas l'écoulement est turbulent car $Re > 4000$, on utilise donc l'équation empirique de Colebrook, donné comme suit :

$$\lambda = (-2 \log(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{2.51}{\Re \sqrt{\lambda}}))^{-2} = 0,027 \quad (\text{III.16})$$

Avec :

- ε : étant la rugosité interne de la conduite. La conduite utilisée dans notre cas est PEHD sa rugosité est de $3 \times 10^{-6} \text{ m}$.

- Ainsi, la valeur des pertes de charges régulières est égale à :

$$\Delta h = \frac{\lambda \times L \times V^2}{2 \times g \times D} \quad (\text{III.17})$$

$$\Delta h = 40,2 \text{ m}$$

- Nous pouvons maintenant calculer la hauteur manométrique :

$$\text{HMT} = H_g + \Delta h$$

$$\text{Donc :} \quad \text{HMT} = 13 + 40,2 \quad (\text{III.18})$$

$$\text{HMT} = 53,2 \text{ m}$$

- Par la suite, nous devons calculer la puissance. Sachant que l'efficacité de la pompe est égale à 0,5, nous obtenons :

$$P = \frac{Q \times HMT}{\text{efficacité}} = 1,064 \text{ Kw} \quad (\text{III.19})$$

Basant sur les résultats obtenus à partir des calculs, nous avons décidé de choisir la pompe à eau Grundfos de la série CR, cette dernière est une solution fiable et qui répondra à nos besoins en matière de débit avec une bonne efficacité et performance.

Tableau III. 3: Caractéristiques de la pompe proposée. [28]

Type de liquide	Débit en l/min	Débit en m3/h	Tension d'alimentation	Puissance en kW
Eau claire	De 0 à 133 l/min	De 0 à 8 m3/h	380V Triphasé	1,5 kW

Après avoir choisi notre pompe, nous nous intéresserons au moteur de la pompe. Le moteur asynchrone est souvent choisi pour son efficacité, sa durabilité et sa facilité d'entretien. En fonction des données fournies par les calculs de la pompe, le moteur peut être dimensionné pour assurer des performances optimales tout en maintenant une consommation d'énergie raisonnable.

III.7. Commande du moteur asynchrone

Le système pour la commande du moteur asynchrone se compose en général de deux éléments principaux : l'onduleur et le système de commande. [29] La simulation du système complet pour la simulation est illustrée sur la figure suivante. Le détail des blocs simulation sont donnés en Annexe :

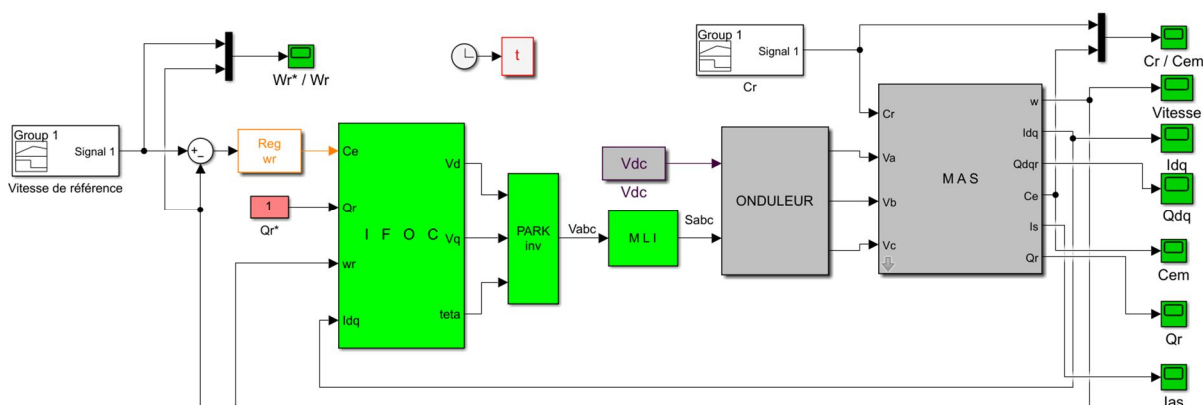


Figure III. 10: Commande du moteur asynchrone.

Nous avons, pour notre moteur asynchrone, utilisé la commande vectorielle qui a été initialement développé par Blaschke en 1972. Cette approche permet de modéliser le fonctionnement de la machine asynchrone de manière similaire à celui d'une machine à courant continu. Depuis, diverses variantes de ce concept ont été proposées et documentées dans la littérature spécialisée. [30] et [31]

La commande vectorielle est une méthode de contrôle avancée utilisée principalement dans les systèmes de commande des moteurs électriques, notamment les moteurs asynchrones et synchrones. Elle vise à améliorer les performances dynamiques et statiques des systèmes de contrôle de moteurs par rapport aux méthodes de commande traditionnelles comme la commande scalaire.[34]

Parmi les avantages de la Commande Vectorielle :

- Performance Dynamique : Permet une réponse rapide et précise du couple et de la vitesse.
- Efficacité : Optimise l'utilisation de la puissance électrique en ajustant précisément les courants.
- Contrôle Découplé : Sépare le contrôle du flux et du couple, facilitant une régulation plus fine.

La commande vectorielle est largement utilisée dans diverses applications industrielles et commerciales, surtout dans les variateurs de vitesse.

On distingue deux types des contrôles vectoriels : directe (FOC) et indirecte (IFOC) ; dans le contrôle vectoriel directe on effectue une régulation du flux qui nécessite la connaissance de celui-ci, alors que dans le contrôle vectoriel indirecte, on s'affranchit de la connaissance de ce flux en faisant quelques approximations.[34]

Dans notre cas nous avons utilisé la commande indirecte cette dernière est dite indirecte lorsque la position du flux considéré est calculée à partir de la mesure de la vitesse du rotor et d'autres grandeurs accessibles, comme les tensions ou les courants statoriques. (Schéma est indiqués en annexe B) [34]

Remarque : les équations décrivant le moteur asynchrone ont également été donnée en annexe B.

III.8. Simulation du système complet

Notre système complet pour la simulation comporte quatre panneaux photovoltaïques, un hacheur élévateur, un onduleur de tension et un moteur asynchrone utilisant une commande vectorielle. Ce système complet convertit l'énergie solaire, en énergie électrique utilisable pour entraîner un moteur asynchrone. La figure III.11 illustre le système complet que nous avons simulé dans l'environnement Matlab/Simulink, dont les paramètres sont indiqués en annexe A.

Chapitre III : Simulation d'un système comprenant panneaux photovoltaïques, hacheur, onduleur et moteur asynchrone.

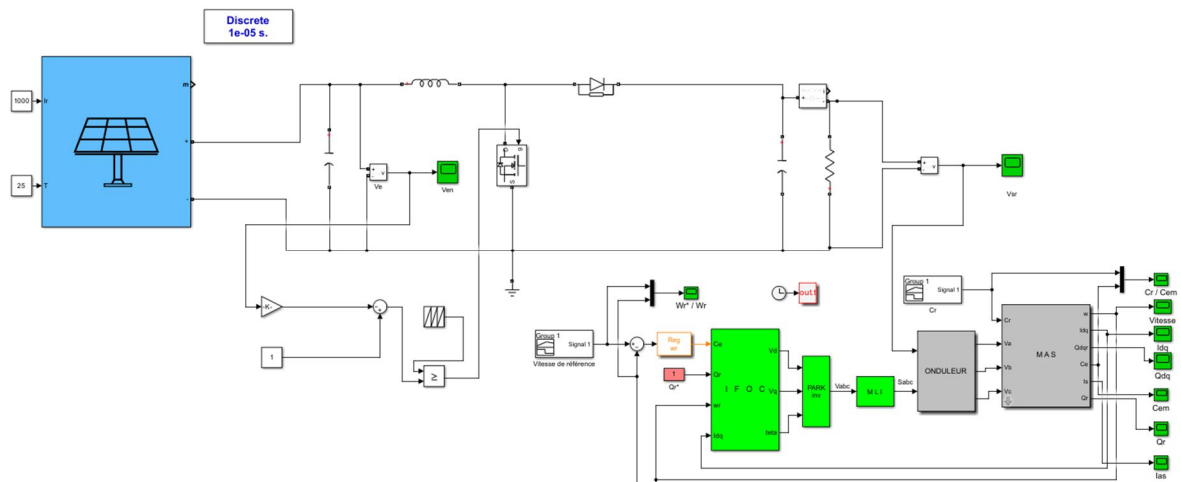


Figure III. 11: Schéma du système complet pour la simulation.

Concernant le hacheur nous avons utilisé une MPPT qui a été présentée par [35]. La figure III.12 illustre cette MPPT.

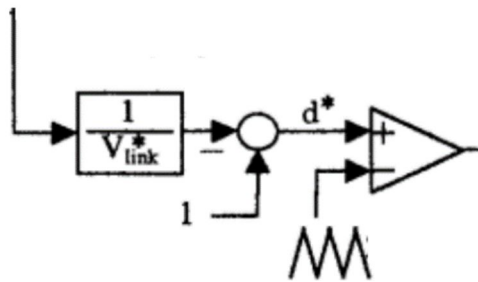


Figure III. 12: Schéma de la MPPT

Son principe est basé sur l'expression suivante :

$$d^* = 1 - \frac{V_{cell}}{V_{link}^*} \quad (III.20)$$

Cette MPPT permet d'obtenir la puissance de sortie maximale du générateur photovoltaïque. [35]

III.9. Résultats de simulation

Notre installation photovoltaïque délivre une tension de 182 V. Grâce à l'utilisation d'un hacheur, nous avons pu augmenter cette tension jusqu'à une valeur de 538 V. Cette progression démontre l'efficacité de la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. Les panneaux photovoltaïques captent le rayonnement du soleil et le transforment en électricité, puis le hacheur intervient pour réguler et augmenter cette tension. Ensuite, la tension continue régulée est dirigée vers un onduleur pour être convertie en tension alternative. Les figures suivantes représentent les résultats de simulation obtenus :

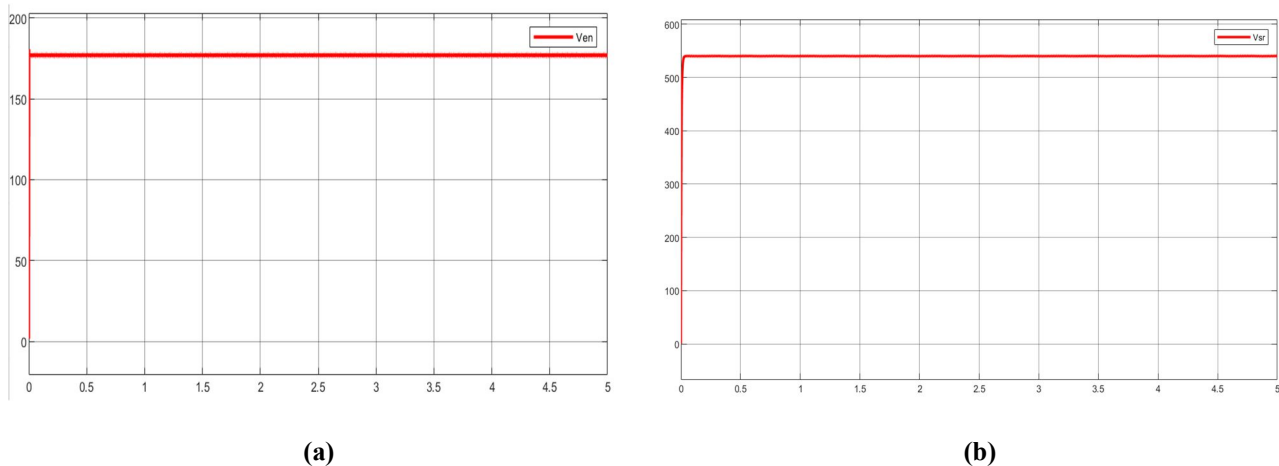
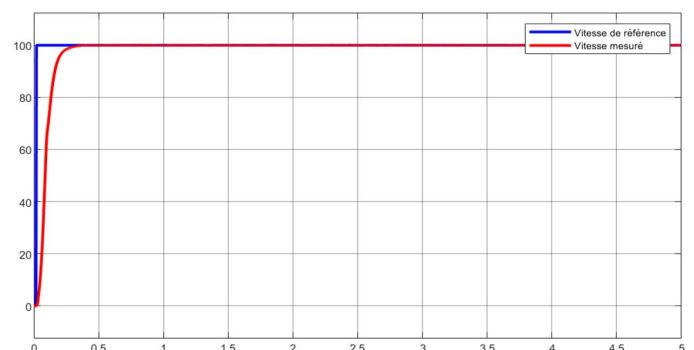
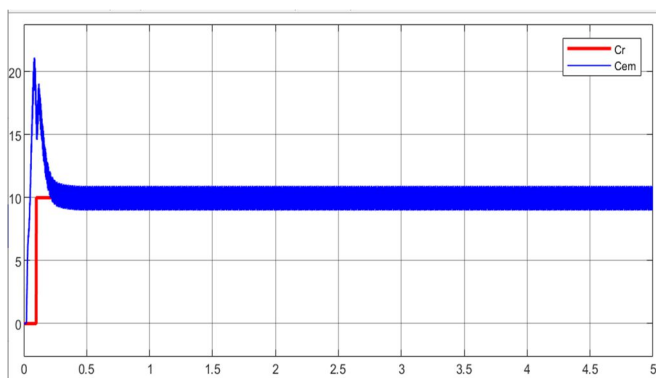


Figure III. 13: Représentation des grandeurs d'entrée (a) / sortie (b) du convertisseur Boost.

En appliquant un rapport cyclique égal à 66%, nous avons obtenu par simulation une tension de sortie égale au double de celle de la tension d'entrée qui est un résultat attendu.

La commande vectorielle du moteur asynchrone peut être utilisée pour montrer les performances du moteur selon qu'il soit en charge ou à vide en optimisant le couple, la vitesse et l'efficacité énergétique dans les deux cas. Ainsi pour ces deux régimes, les Figures III. 14 jusqu'à III.18 représentent les résultats de simulation obtenus pour deux types d'essai en charge.

➤ En charge



Au démarrage et durant le fonctionnement à vide, la vitesse de rotation rejoint sa valeur de consigne $\Omega^*=100\text{rad/s}$ à $t = 0.25\text{s}$. La vitesse suit sa consigne sans dépassement. Elle engendre une faible perturbation de vitesse puis elle converge à sa valeur de référence, cela montre une régulation efficace de la vitesse. Le moteur réagit normalement montrant que la régulation appliquée est performante. Le graphe de la vitesse de rotation montre que cette dernière suit parfaitement la consigne.

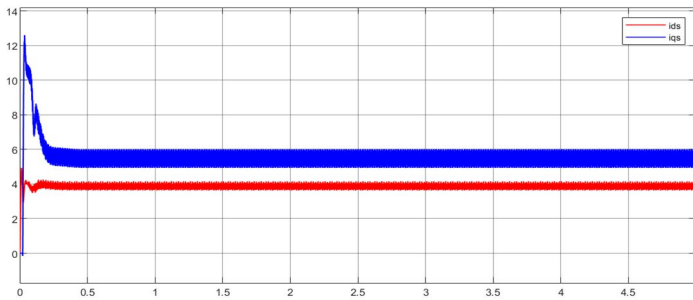


Figure III. 16: Représentation de l'allure du courant i_{ds} et i_{qs}

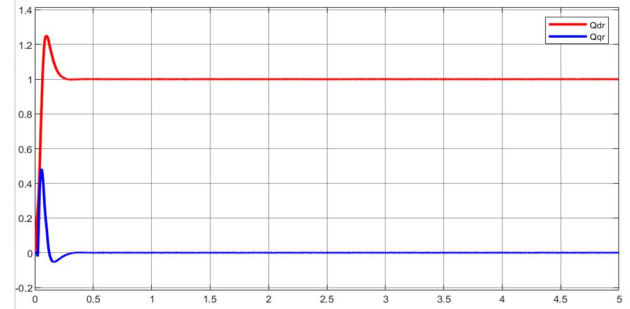


Figure III. 17: Représentation de l'allure du flux Q_{dr} et Q_{qr} .

- Nous remarquons que le courant i_{ds} reste constant durant le temps de fonctionnement et égal à 4.1 A, et il évolue pendant le régime établi identiquement au flux rotorique ϕ_r , tandis que le courant i_{qs} varie d'une manière similaire que le couple électromagnétique C_{em} . Ce résultat valide le principe de la commande vectorielle que le couple C_{em} est réglé par le courant i_{qs} et le flux rotorique ϕ_r réglé par l'autre composant de courant i_{ds} .

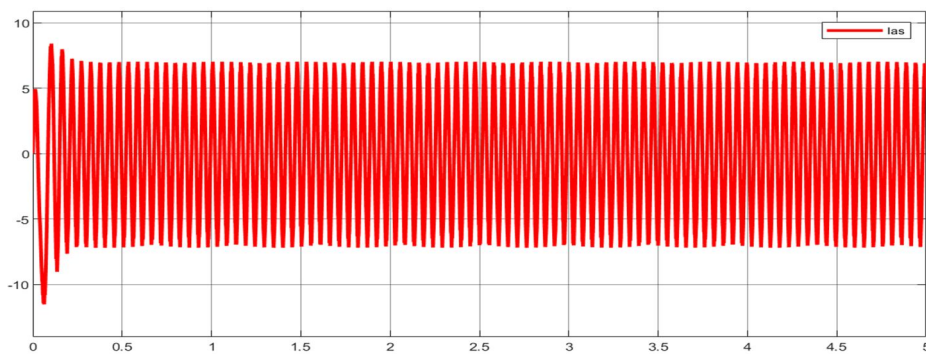


Figure III. 18: Représentation de l'allure du courant I_{as} .

Le courant statorique I_{as} durant le régime permanent il évolue d'une façon sinusoïdale.

III.10. Analyse économique des systèmes de pompage

Le coût d'un système de pompage peut être divisé en trois catégories distinctes :

- Le coût de l'équipement de pompage électrique ainsi que des composants électroniques nécessaires.
- Le coût du système photovoltaïque qui représente les panneaux solaires, les supports et le câblage.
- Les frais associés aux accessoires, tels que le câblage électrique de la pompe, les tuyaux de refoulement...
- Le coût total est calculé comme suit :

$$\text{Coût total} = \text{CGPV} + \text{Cmopo} + \text{Crégu} + \text{CAcc} \quad (\text{III. 20})$$

- Sachant que :

- Cmopo : coût du moto-pompe
- Crégu : coût du régulateur
- Cacc : coût des accessoires
- CGPV : coût du générateur PV calculé comme suit :

$$\text{CGPV} = P_{PV} \times N_{PV} \quad (\text{III. 21})$$

Avec :

- P_{PV} : Prix du module
- N_{PV} : Nombre de modules
- En appliquant les prix trouvés sur le marché, nous obtenons les montants suivants :
 - Valeur de CGPV :

$$\text{CGPV} = 20000 \text{ DA} \times 5 = 100000.00 \text{ DA}$$

Le tableau ci-dessous englobe les prix des différents équipements nécessaires.

Tableau III. 4: Prix des équipements du système de pompage PV.

Equipements	CGPV	Cmopo + Coût du boîtier électrique	Coût des accessoires
Prix (DA)	100000.00	1400000.00	300000.00

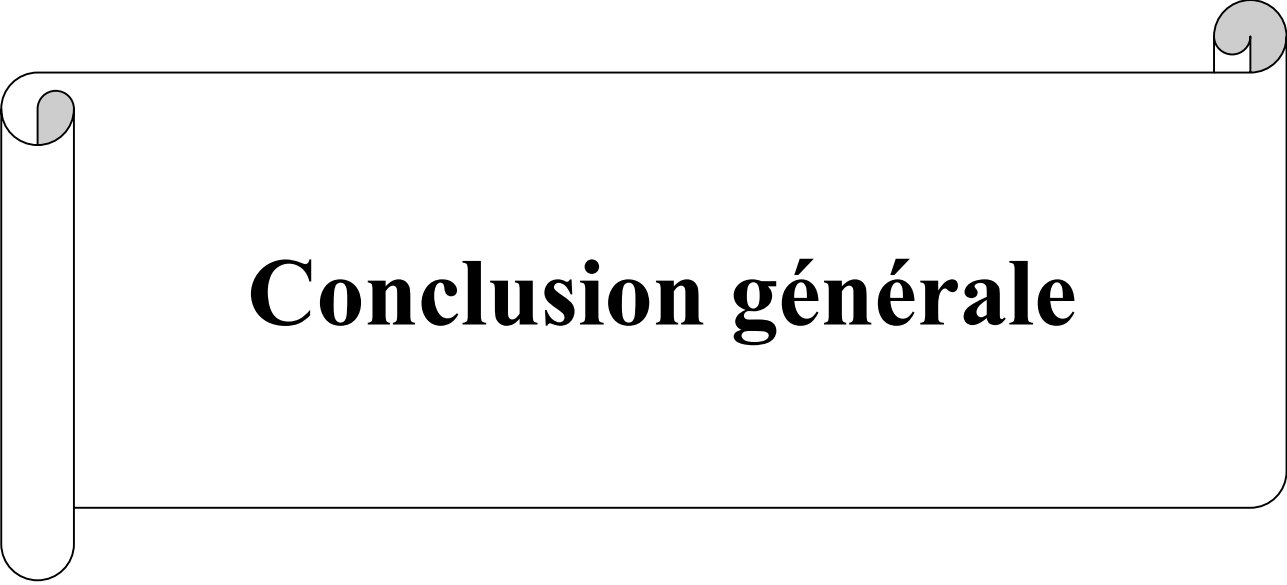
- Par conséquent, le prix total de l'installation est estimé à :

$$\text{Coût total} = 100000.00 + 140000.00 + 30000.00 = 270\,000.00 \text{ DA}$$

Ainsi le montant requis pour financer l'installation complète de la deuxième station de pompage à la ferme est environ égale à **270 000.00 DA** et ceci sans prendre en compte le transport et la main d'œuvre.

III.11. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons fait l'étude approfondie du système de pompage photovoltaïque. Nous avons examiné chaque partie et pris en compte ce qu'il faut pour le dimensionnement pour qu'il fonctionne d'une façon correcte et optimale. En utilisant nos connaissances théoriques et en faisant les simulations pour valider le bon fonctionnement de notre système. Ainsi, nous avons montré grâce à la simulation la faisabilité du pompage d'eau pour l'irrigation appliquée pour la ferme agricole Belaidouni Mohamed.

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rounded ends and a slight 3D effect.

Conclusion générale

Conclusion générale

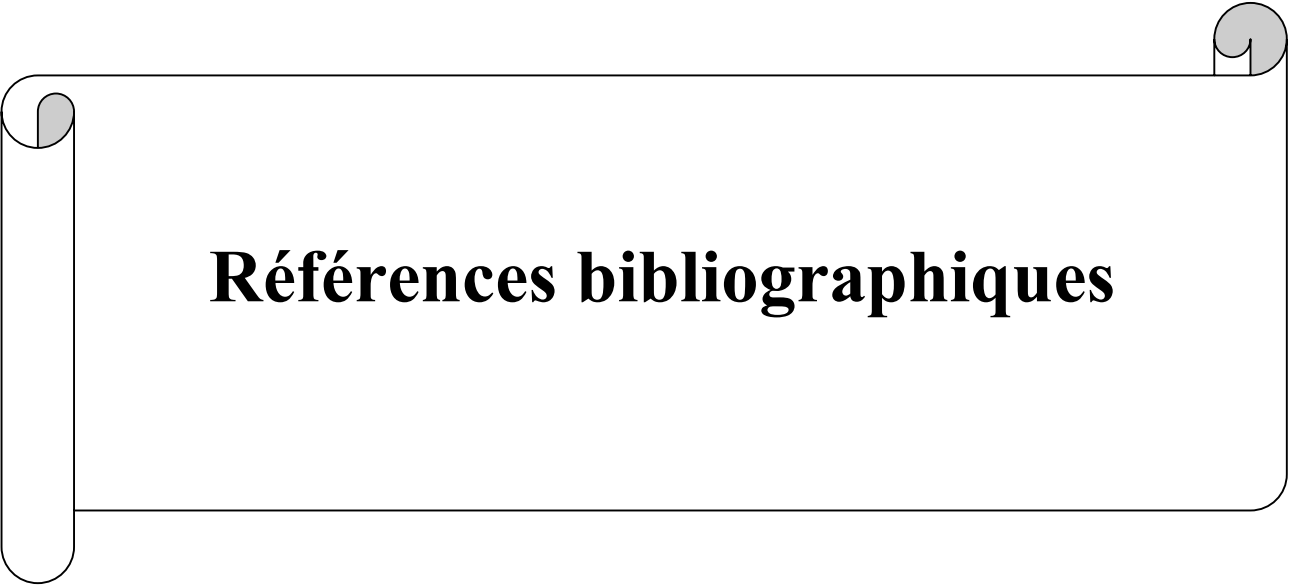
L'Algérie, comme de nombreux pays dans le monde, est confrontée à un défi énergétique majeur. Sa forte dépendance à l'égard des sources d'énergie non renouvelables. Ainsi, le passage aux énergies renouvelables est nécessaire. Ceci est également vrai dans le secteur agricole, où les besoins en énergie sont essentiels pour maintenir la production alimentaire et assurer la sécurité alimentaire du pays.

L'utilisation des énergies renouvelables et des technologies durables dans l'agriculture présente de nombreux avantages. Outre la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la préservation des ressources naturelles, ces solutions peuvent également contribuer à augmenter la productivité agricole et l'autosuffisance alimentaire. Dans cette optique, notre mémoire s'est porté sur la mise en place d'une station de pompage solaire à la ferme de Belaidouni Mohamed à Tlemcen. L'approche pour la mise en œuvre à l'aide d'outils de simulation avancés tels que PVsyst et MATLAB, vise à évaluer la faisabilité et l'efficacité d'une telle installation.

Ainsi, La première étape de notre étude consiste à évaluer les besoins énergétiques de la ferme, en identifiant les différentes charges électriques telles que les pompes, les systèmes d'irrigation, les bâtiments et les résidences. Cette analyse approfondie a permis de déterminer la taille et la puissance requises pour le système de pompage solaire. Nous avons également fait le dimensionnement de notre système photovoltaïque et de notre pompe en tenant compte des variations saisonnières de l'ensoleillement et des fluctuations de la demande en eau.

Une fois le dimensionnement terminé, nous sommes passés à la phase de simulation, au cours de laquelle nous avons utilisé un logiciel spécialisé pour modéliser le fonctionnement du système pour différents scénarios. Cette simulation nous a permis d'optimiser la conception du système et de prévoir ses performances pour différentes conditions.

Enfin, nous espérons que ce projet permettra à d'autres exploitations agricoles en Algérie et dans la région d'appliquer également ces calculs pour également introduire des pompes pour l'irrigation utilisant les panneaux photovoltaïques. Nous sommes convaincus que l'adoption généralisée des énergies renouvelables dans le secteur agricole permettra non seulement d'améliorer l'efficacité énergétique et la rentabilité des exploitations, mais aussi de réduire l'empreinte environnementale de l'agriculture dans son ensemble.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rounded ends and a slight shadow effect.

Références bibliographiques

[1] **PVSyst Help** "Dimensionnement de pompage", PVsyst 7 aide et présentation du PV system.

Lien vue 02/05/ 2024 : https://www.pvsyst.com/help/index.html?pumping_sizing.htm

[2] **Jonathan Fronhoffs** "L'installation solaire photovoltaïque de A à Z" Formation Bâtiment Durable : Installations solaires photovoltaïques, Bruxelles Environnement, Energie, 2018.

[3] **Alain Ricaud** "Systèmes photovoltaïques", cours Polytech' Savoie 5eme année, Ecole d'ingénieurs, Octobre 2011.

Lien vue le 12/05/2024 :

https://www.cythelia.fr/images/file/Syst%C3%A8mes%20PV_Polytech_Alain%20Ricaud_Oct-11.pdf

[4] **Les applications du photovoltaïque**. Energreen.

Lien vue 12/05/ 2024 : <https://www.energreen.be/faq/photovoltaique/comprendre-photovoltaique/les-applications-du-photovoltaique>

[5] **Mesrane, A., Chikh, M. et Sellami, R.** "Guide techniques des installations solaires photovoltaïques autonomes et raccordées au réseau basse tension" CEREFÉ, 2022

Lien vue 24/04/ 2024 : https://www.cerefe.gov.dz/wp-content/uploads/2022/07/Guide-Photovoltaique-Edition2022-CEREFÉ_.pdf

[6] **Sylvain Brigand** "Installations Solaires Photovoltaïque (dimensionnement de l'installation et mise en œuvre maintenance) ", Edition le moniteur (Paris), février 2011

[7] **Achouri Abdellah Takieddine et Attailia Abdelkader** "Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour une résidence En Zone Rurale", Mémoire de Master, Badji Mokhtar University Annaba, 2023.

[8] **Jade Sebastien** "Faut-il brancher ses panneaux solaires en série ou en parallèle ? " 19 octobre 2023, Mise à jour le 02 mai 2024

Lien vue 11/05/ 2024 : <https://www.hellowatt.fr/panneaux-solaires-photovoltaiques/serie-ou-parallele>

[9] **Sir Energies**. "Qu'est-ce qu'un champ solaire ? ".

Lien vue 11/05/ 2024 : <https://www.sirenergies.com/article/un-champ-solaire/>

[10] **Blog Terre Solaire**. "Panneau solaire : Inclinaison et orientation des panneaux solaires" Publié le 29 mars 2023 par terre solaire, mis à jour le 19 octobre 2023

Lien vue 10/05/ 2024 : <https://terresolaire.com/Blog/batiment-solaire/inclinaison-panneau-solaire-orientation/>

[11] **Bara Imene. Kerroum Raghed** "Development of a predictive model for photovoltaic cells performance evaluation" Master degree, Ecole Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen, 2020.

Lien vue le 10/05/2024 :

http://thesis.essa-tlemcen.dz/handle/STDB_UNAM/61?show=full

[12] **Bogdan Grabowski, Christian Ripoll** " Aide-mémoire Électronique", Edition Dunod, 5^e édition, 2008

[13] **Lequeu Thierry**, « Cours d'électronique de puissance », EDP – IUT GEII 2^{ième} année, Option EEP, 2004/2005

Lien vue le 25/04/2024 : <https://www.thierry-lequeu.fr/data/2005-2006-IUT-EDP-9.pdf>

[14] **M. Meddah, M. Bourahla et N. Bouchetata**. " Synthèse des convertisseurs statiques DC/AC pour les systèmes photovoltaïques" Revue des Energies Renouvelables ICESD'11 Adrar (2011) 101 – 112 2011.

Lien vue le 26/04/2024 : https://www.cder.dz/download/icesd2011_12.pdf

[15] **Spier, D. W., Oggier, G. G., & Oliveira da Silva, S. A.** " Modeling and Analysis of a DC-DC Boost-Buck Converter for Renewable Energy Applications" 2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), Juiz de Fora, Brazil, 2017. DOI: 10.1109/COBEP.2017.8257378

[16] **Albert Paul MALVINO, David j. BATES** " Principes d'électronique : Cours et exercices corrigés ", Edition Dunod, 9^e édition, février 2021

Lien vue le 26/04/2024 :

<https://www.dunod.com/sciences-techniques/principes-d-electronique-cours-et-exercices-corriges-0>

[17] **Lars Alminde, Morten Bisgaard, Fjølner Gudmundsson, Claus Kejser, Toke Koustrup, Christian Lodberg et Tor Viscor** " Power Supply for the AAU Cubesat " P5 - Project Group 01gr509. Aalborg University, Décembre 2001.

Lien vue le 28/04/2024 : <https://studentspace.aau.dk/cubesat/dokumenter/psu.pdf>

[18] **OUSSAMA DEGLA. TAREK SAYAH LEMBAREK** "Etude par simulation d'un onduleur" Mémoire de MASTER, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2020.

Lien vue le 28/04/2024 :

https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/25320/1/M%C3%A9moire%20Etude%20par%20simulation%20d%E2%80%99un%20onduleur_compressed.pdf

[19] **Ayachi Zakaria et Djotni Karim** "Etude et simulation d'un onduleur de tension triphasé" Projet fin d'étude licence, Université Badji Mokhtar Annaba 2021.

Lien vue le 29/04/2024 :

<https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/03/memoire-finale-Zakaria2021.pdf>

[20] "Onduleur triphasé" Programme BTS, Lycée Jean Monet Annemasse, dernière modification, 2018

Lien vue 5/05/ 2024 : <http://sa.ge.sts.free.fr/Wiki/pmwiki.php?n=SA.Onduleur3>

[21] **Wikipédia**. "Pompe"

Lien vue 5/05/ 2024 : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe>

[22] **Massinissa Djerroud** "Identification numérique des paramètres d'amélioration des performances d'une pompe centrifuge : roue, roue-volute et roue-diffuseur" Mémoire de maîtrise, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, JUIN 2011,

Lien : <https://depositum.uqat.ca/id/eprint/40/1/massinissadjerroud.pdf>

[23] "La pompe à piston WAGNER : fonctionnement, domaines d'utilisation et avantages" Wagner Group, 2024

Lien vue 20/05/ 2024 : <https://www.wagner-group.com/fr-fr/guide/nos-technologies/pompes-a-piston/>

[24] **Cortier, T.** "Hydraulique : De la mécanique des fluides à la transmission de puissance" Université de Limoges.

Lien vue 19/05/ 2024 :

https://www.unilim.fr/pages_perso/thierry.cortier/Hydraulique_cours/co/Hydraulique_-_De_la_mecanique_des_fluides_a_la_transmission_de_Puissance_105.html

[25] **Wikipédia** "Pompe péristaltique "

Lien vue 19/05/ 2024 : https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe_p%C3%A9ristaltique

[26] **Calculeo** "Tout savoir sur les pompes solaires" Groupe Effy.

Lien vue 20/05/ 2024 :

<https://www.calculeo.fr/eco-travaux/panneaux-solaires-photovoltaïques/les-pompes-solaires>

[27] **Hankins, Mark** "Installations solaires photovoltaïques autonomes" Edition Dunod, 2023

[28] **La Bonne Pompe** "Pompe à eau Grundfos CR510T 1.5 kW multicellulaire jusqu'à 8 m³/h de débit triphasé 380V"

Lien vue 20/05/ 2024 :

<https://www.labonnepompe.com/4835-pompe-a-eau-grundfos-cr510t-1-5-kw-multicellulaire-jusqu-a-8-m3-h-de-debit-triphas-380v.html>

[29] **Cherif Bilal Djamal Eddine** "Commande vectorielle indirecte d'un moteur asynchrone alimenté par un onduleur sous défaut" Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf, 2015

Lien vue le 30/04/2024 :

<https://fr.scribd.com/document/445027872/memoire-magister-CHERIF-bilal-djamal-eddine-1>

[30] **Yakoubi Tarik**. "Commande vectorielle de la machine asynchrone alimentée par un convertisseur matriciel indirect à trois niveaux" Mémoire de Master, Ecole Nationale Polytechnique, 2017

Lien vue le 30/04/2024 :

<https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/6907/1/YAKOUBI.Tarik.pdf>

[31] **Mechernene Abdelkader** "Contrôle de la machine asynchrone" Cours de Master, 2022.

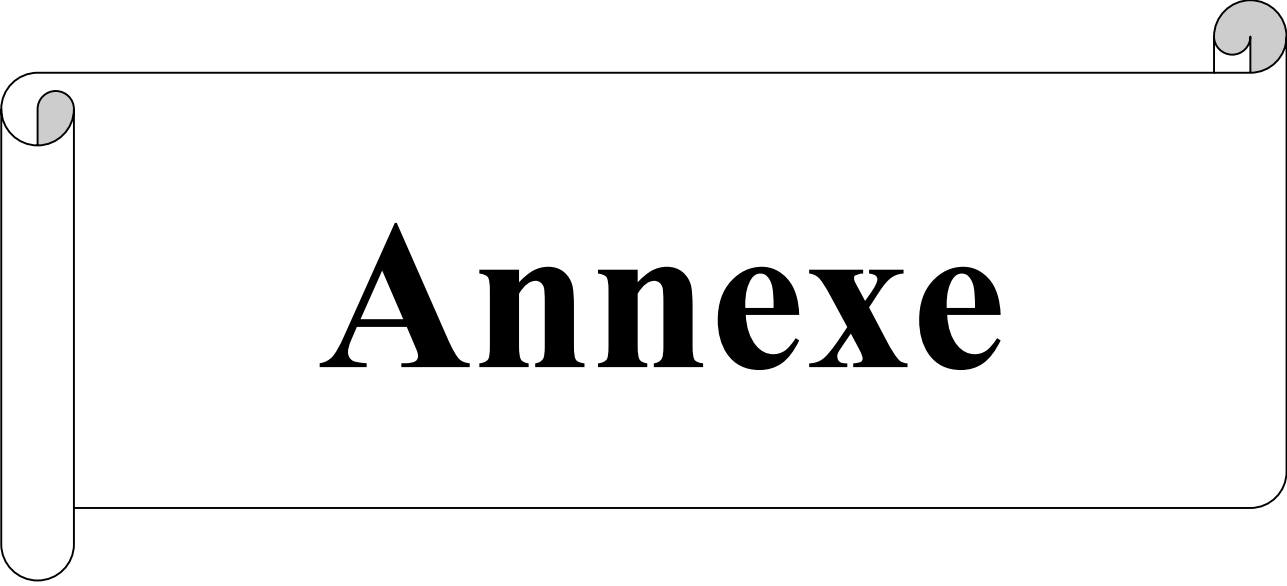
[32] https://fr.wikipedia.org/wiki/Commande_vectorielle

[33] **Eric RANGA. Macdonald PHIRI** "Study and simulation of a photovoltaic water pumping system" Memoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2021.

[34] **Mechernene Abdelkader** "Principe de la commande vectorielle" Cours de Master, 2023.

[35] **Matsui, M, Kitano, T., Xu, D.H and Yang, Z.Q.**, "A New Maximum Photovoltaic Power Tracking Control Scheme Based on Power Equilibrium at DC Link ". Proceedings of the IEEE industrial Electronics Society 25th Annual Conference, pp.804-809(1999).

[36] **Bekrit Leila & Mesli Zohra** "Étude Et Dimensionnement D'une Centrale Photovoltaïque Pour Une Autoconsommation Dans Le Secteur Agricole" Mémoire de Master, , Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2022

A decorative frame resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip on top, both with rounded ends and a slight shadow effect.

Annexe

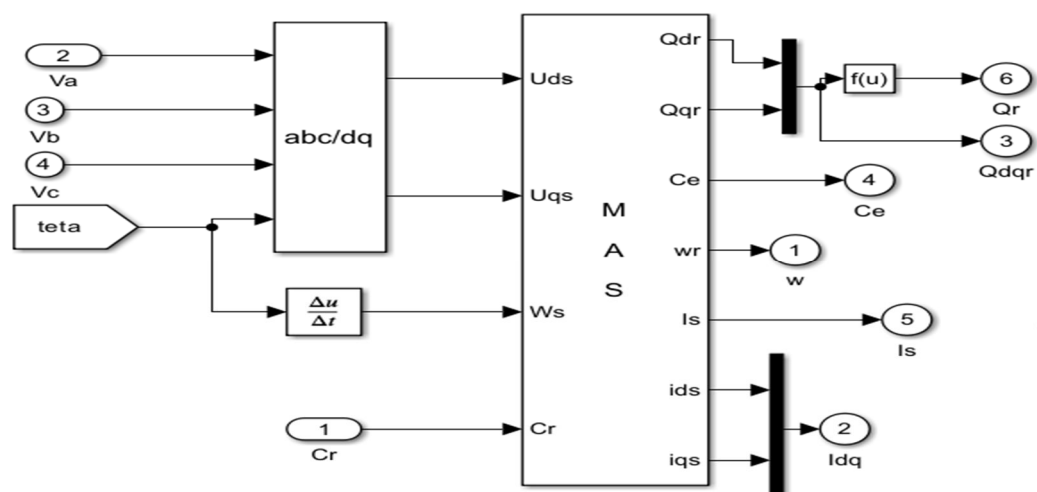
Annexe A

Paramètres de la machine asynchrone : La machine asynchrone qui a été choisie, pour l'étude par simulation numérique, est une machine à cage d'écureuil. Ses caractéristiques principales sont les suivantes :

Puissance nominale :	1.5 kW
Tension nominale :	220/380 V
Rendement nominal :	78%
Facteur de puissance nominal :	0.8
Vitesse nominale :	1420 tr/min
Fréquence nominale :	50 Hz
Courant nominal :	6.5 A
Résistance statorique :	4.850 Ω
Résistance rotorique :	3.805 Ω
Inductance cyclique statorique :	0.274 H
Inductance cyclique rotorique :	0.274 H
Inductance mutuelle :	0.258 H
Nombre de paires de pôles :	2
Moment d'inertie :	0.031 kg.m ²
Coefficient de frottement visqueux :	0.00114 N.m.s/rd

Annexe B

➤ Moteur asynchrone :



Machine sous forme d'équation d'état :

$$\dot{X} = AX + BU$$

Avec :

$$A = \begin{bmatrix} -\lambda & \omega_s & \frac{K}{T_r} & \omega_r K \\ -\omega_s & -\lambda & -\omega_r K & \frac{K}{T_r} \\ \frac{L_m}{T_r} & 0 & -\frac{1}{T_r} & \omega_{sl} \\ 0 & \frac{L_m}{T_r} & -\omega_{sl} & -\frac{1}{T_r} \end{bmatrix} ; \quad B = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma L_s} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma L_s} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Avec :

$$U = \begin{bmatrix} V_{ds} \\ V_{qs} \end{bmatrix}$$

Avec :

$$T_r = \frac{L_r}{R_r}, \quad K = \frac{L_m}{\sigma L_s L_r}, \quad \sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_r L_s}, \quad \lambda = \frac{R_s}{\sigma} \cdot \frac{1}{L_s} + \frac{L_m^2}{\sigma} \cdot \frac{R_r}{L_s \cdot L_r^2}$$

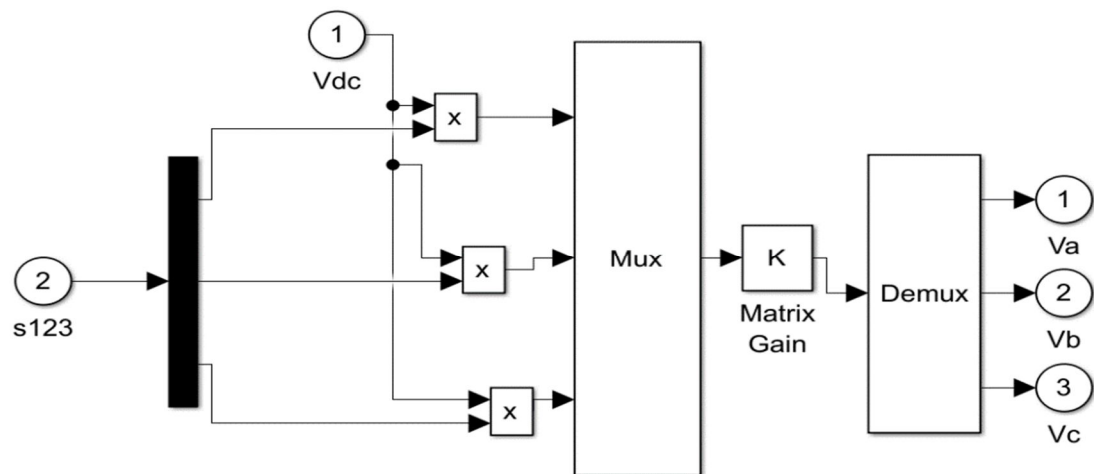
Équations électriques :

$$C_e = \frac{3}{2} p \frac{L_m}{L_s} (\phi_{dr} I_{qs} - \phi_{qr} I_{ds})$$

Équation mécanique :

$$\frac{d\Omega_r}{dt} = (C_e - C_r - f_r \Omega_r) / J$$

➤ **Onduleur :**



➤ **Commande vectorielle IFOC :**

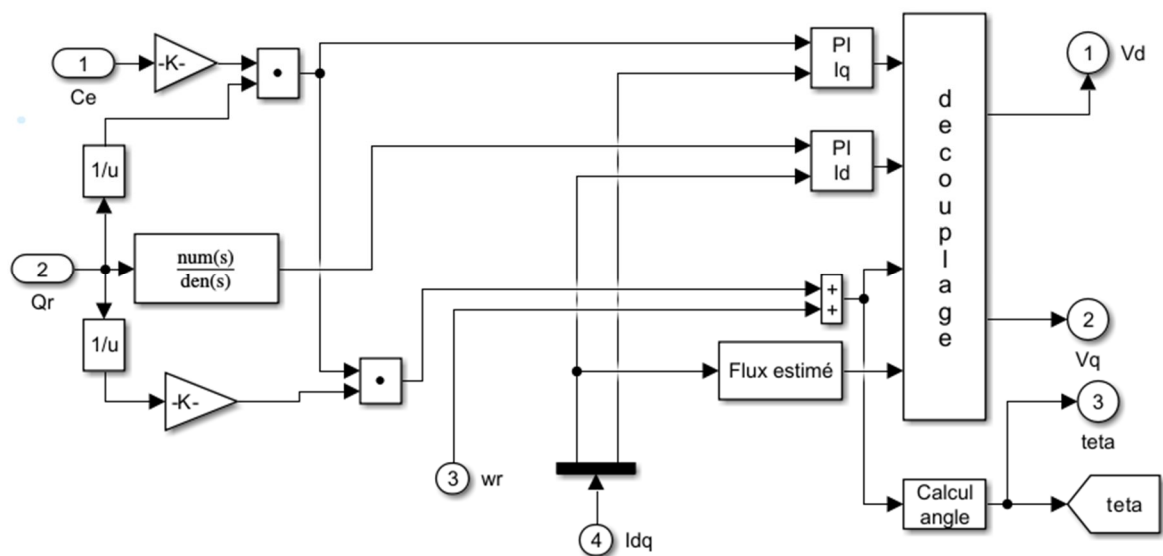
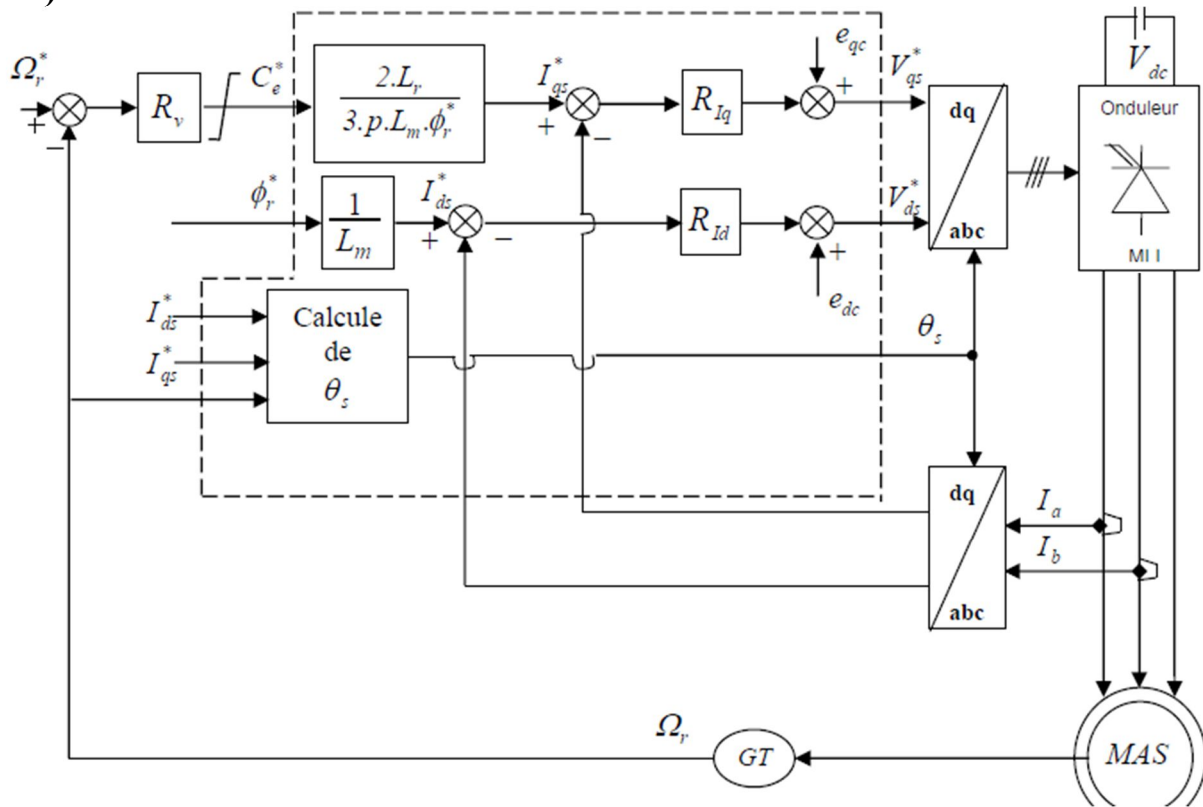


Schéma de principe d'une MAS alimentée en tension (commande vectorielle indirecte) :



Tensions statoriques s'écrivent :

$$\begin{cases} V_{ds} = \underbrace{\lambda \sigma L_s I_{ds} + \sigma L_s \frac{dI_{ds}}{dt}}_{V_{ds}^*} - \underbrace{\left(\overline{\omega}_s \sigma L_s I_{qs} + \frac{K_s}{T_r} \sigma L_s \phi_{dr} \right)}_{e_{dc}} \\ V_{qs} = \underbrace{\lambda \sigma L_s I_{qs} + \sigma L_s \frac{dI_{qs}}{dt}}_{V_{qs}^*} - \underbrace{\left(\overline{\omega}_s \sigma L_s I_{ds} - \overline{\omega}_r K_s \sigma L_s \phi_{dr} \right)}_{e_{qc}} \end{cases}$$

Résumé

L'objectif de ce projet est d'analyser et simuler un système de pompage pour l'irrigation en utilisant des panneaux photovoltaïques appliqué à une exploitation agricole. Nous avons commencé par identifier les différents équipements de la ferme afin d'estimer la demande totale en énergie électrique. Ensuite, nous avons dimensionné le système complet pour répondre aux besoins spécifiques qui est le pompage et l'irrigation. Enfin, nous avons effectué le dimensionnement puis la simulation détaillée de notre système, comprenant les panneaux photovoltaïques, l'hacheur et l'onduleur, et la pompe afin d'évaluer l'efficacité et la fiabilité pour la fourniture d'électricité pour l'irrigation à la ferme.

Mots clés

Système photovoltaïque, Onduleur, hacheur, pompe, ferme agricole, pompage et irrigation

Abstract

The aim of this project is to analyze and simulate a pumping system for irrigation using photovoltaic panels applied to a farm. We began by identifying the farm's various equipment in order to estimate the total electrical energy demand. Next, we dimensioned the complete system to meet the specific needs of pumping and irrigation. Finally, we carried out detailed sizing and simulation of our system, including photovoltaic panels, DC/DC converter and inverter, and pump to assess the efficiency and reliability of supplying electricity for irrigation on the farm.

Keywords

Photovoltaic system, Inverter, DC/DC converter, pump, farm, pumping and irrigation

ملخص

الهدف من هذا المشروع هو تحليل ومحاكاة نظام ضخ للري باستخدام الألواح الكهروضوئية المطبقة في مزرعة. بدأنا بتحديد العناصر المختلفة للمعدات في المزرعة من أجل تقدير إجمالي الطلب على الطاقة الكهربائية. بعد ذلك، قمنا بتحديد أبعاد النظام الكامل لتلبية الاحتياجات المحددة للضخ والري. وأخيراً، أجرينا تحجيم ومحاكاة مفصلة لنظامنا، بما في ذلك الألواح الكهروضوئية والمروحية والعاكس والمضخة، من أجل تقييم كفاءة توفير الكهرباء للري في المزرعة.

الكلمات المفتاحية

النظام الكهروضوئي، العاكس، المحول CD/CD، المضخة، المزرعة، الضخ و الري