الجـــــــــــــــــــــــــــــــمـهـوريـــــة الجـــــــــــــــزائـريـة الديمـــــــقـراطيـة

الـشـــــــــعبيـة

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التـــــــــــــــــــــــــــــــعـليـم العـــــــالي و البـــــــــــحث العـــــلـمـــي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جـــــــــــــــامعة أبي بكـــر بـلـقـايد – تـلمســـــــــــــــان –

Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen

Faculté de TECHNOLOGIE

MEMOIRE

diplôme de **MASTER**

En : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

Présenté par : SEDDIKI Farouk et MILOUDI Farouk

Sujet

Etude Et Dimensionnement D'une Installation Photovoltaïque Pour Le Village sefsef (Tlemcen)

Soutenu publiquement, le 11 / 06 / 2024, devant le jury composé de :

Mr : M.GHERNAOUT	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mme : L.MOKHTARI	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
Mr : A.ALIANE	MAB	Univ. Tlemcen	Examinateur

Année universitaire 4 3 4 2

Remerciements

D'abord, nous exprimons notre gratitude envers Dieu le tout-puissant qui nous a accordé la force et la volonté nécessaires pour mener à bien cette tâche.
En exprimant notre reconnaissance et notre profond respect, nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements envers les :
*Nous remercions notre superviseure, **Mme MOKHTARI Lila**, pour son précieux soutien, ses conseils et ses encouragements tout au long de notre métier. .*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers **M. GHERNAOUT** qui nous a fait l'honneur de présider le jury, ainsi qu'envers **A. ALIANE** qui nous a fait l'honneur d'examiner et d'évaluer ce travail modeste..*

Je souhaite exprimer ma gratitude sincère envers toutes les personnes qui m'ont soutenu et aidé de près ou de loin tout au long de cette tâche : Mes amis et collaborateurs.

Finalement, je vous remercie sincèrement. nos parents, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel, à lafois moral et économique, qui m'a permis de réaliser les études que je voulais et par conséquent ce mémoire.

Dédicaces

Tout d'abord .je tiens a remercier DIEU

De m'avoir donne la force et le courage de mener A bien ce modeste travail
Je tiens a dédicer cet humble travail a :Ma tendre mère et mon très cher père Mon frère :Mohammed diaa

Mes meilleurs amis :

Ilyes , kacem , Hussam , sohaib , Farouk

A tous mes amis d'enfance et du long parcours
scolaire etUniversitaire

A toute ma famille
Tout ceux qui m'aiment et que j'ai

SEDDIKI Farouk

*Je dédie cet événement marquant de ma vie à mes très **chères parents**, ainsi qu'à mes frères **Yassine** et **Imad** et mes amis Abdelbaki ,Ahmed, Abdelwahab et AbdelhadiA mon collègue MAHMOUDI Djahida*

*À toute ma famille, **MILOUDI**,*

À toutes les personnes qui m'ont soutenu ou soutenu tout au long de mon parcours scolaire..

MILOUDI Farouk

Table des matiére

Introduction Générale……... 1

Chapitre Ⅰ : Généralités …….…… 3

I Introduction 4

I.1 Le soleil 225

I.2 Le spectre de la lumière solaire ... 5

I.3 La lumière du soleil 7

I.4 La stabilité du solaire .. 8

I.5 Rayonnement direct du soleil qui tombe verticalement 228

I.6 Le rayonnement diffus 8

I.7 Rayonnement global ... 9

I.8 Les diverses méthodes de transformation de

II.1.2 Historique 219

II.1.3 La transformation photovoltaïque 19

II.1.1 Les substances solides .. 20

II.1.1.1 Un semi-conducteur ... 20

II.1.4.2 Un conducteur 21

II.1.4.3 Un isolant 2221

II.1.4.4 Niveau d'énergie 222..... 22

II.2 Les panneaux solaires photovoltaïques 23

II.2.1 Description 2 23

II.2.2 Production des panneaux photovoltaïques 24

II.2.3 Activation de silicium ... 25

II.2.3.1 Activation de type N et de type P 222222226

II.2.3.2 La jonction P- N 26

II.2.4 Association des cellules (le panneau solaire) 27

II.2.4.1 Association en série 22228

II.2.4.2 Association en parallèle . 29

II.2.5 Installation photovoltaïque (Association mixte) 2 .. 29

II.2.6 Les points forts et les points faibles d'une installation solaire photovoltaïque 31

II.2.6.1 Les points forts 31

II.2.6.2 Les points faibles 31

II Conclusion 32

Chapitre III : Étude et conception d'une installation solaire photovoltaïque dans le domaine de l'habitat et de l'agriculture ……33

III Introduction 22234

III.1 Présentation le village de la ferme . 35

III.1.1 Identification de ferme agricole 35

III.1.2 Po 35

III.1.3 Coordonnées géographiques de la ferme 36

III.1.4 Les cultures et l'irrigation 36

III.1.4.1 Caractéristiques de la pompe utilisée 222..... 38

III.1.4.2 Données sur le bassin ... 38

III.1.4.3 Les caractéristiques des tuyaux 222..... 38

III.1.5 Caractéristiques du réseau 239

III.1.5.1 Particularités du forage 39

III.2 Présentation du logiciel PVsyst .. 40

III.2.1 Dimensionnement installation du pompage solaire à dulogicielPVsystV7...41

III.2.1.1 Identification du projet 42

III.2.1.2 Orientation des panneaux photovoltaïques 2243

III.2.1.3 Définition des besoins en eau ...45

III.2.1.3.1 Circuit hydraulique du pompage 45

III.2.1.3.2 Description du système hydrauli 222 2246

III.2.1.3.3 Besoins en eau et pression 222..... 47

III.2.1.4 Description des propriétés du système de pompage solaire photovoltaïque 247

III.2.1.4.1 Caractéristiques de la pompe 222..... 48

III.2.1.4.2 Conception du sous-champ 49

III.2.1.5 Exécution de la simulation 2250

III.2.1.6 Rapport sur la conception d'une installation de pompage photovoltaïque 254

III.2.1.7 Interprétation des résultats du dimensionnement de solaire 58

III.2.1.8 ferme HAMADOUCHE 260

III.2.2 Dimensionnement d'une installation solaire connectée au réseau dans un village en utilisant le logiciel PVsystV7.4 261

III.2.2.1 réseau 22222 61

III.2.2.2 ouplée au réseau 2264

III.2.2.3 Interprétation des résultats du dimensionnement de 222..... 67

III.2.2.4 Analyse financière de l'installation d'un système photovoltaïque couplé à un réseau au niveau du village HAMADOUCHE 2. 69

III Conclusion……... 70

Conclusion Générale 2271

Liste des figures

chapitre Ⅰ

Figure I.1: L'irradiance ou le spectre solaire au sommet de l'atmosphère terrestre (AM0) et au niveau du sol (AM1.5D et AM1.5G) 6
Figure I.2: Étude spectrale du rayonnement solaire 7
Figure I.3: le rayonnement diffus..... 8
Figure I.4: composante du rayonnement solaire 10
Figure I.5: énergie solaire thermique 11
Figure I.6: modules photovoltaïques 12
Figure I.7: 2..... 12
Figure I.8: L'ensoleillement dans le monde. [9]..... 14
Figure I.9: 15

chapitre Ⅱ

Figure II.1: la conversion photoélectrique 20
Figure II.2: La visualisation des bandes d'énergie dans l'espace physique. 22
Figure II.3: Panneau solaire. 23
Figure II.4: Processus de production d'un module photovoltaïque en silicium cristallin. 25
Figure II.5: stimulation N (en utilisant un électron en plus) et P (avec une absence d'électron) 26
Figure II.6: Activation les semi-conducteurs 27
Figure II.7: Transport des électrons et des cavités 27
Figure II.8: Association es parallèle 29
Figure II.9: Panneau photovoltaïque de type STP085B-12/BEA..... 30
Figure II.10: Caractéristique issue d'une combinaison de cellules individuelles (nP+ nS) 30

chapitre Ⅲ

Figure III.1: 35
Figure III.2: Parcelle de Luzerne de la ferme HAMADOUCHE..... 37
Figure III.3: Parcelle de tomate de la ferme HAMADOUCHE. 37
Figure III.4: Parcelle de poivre de la ferme HAMADOUCHE. 39
Figure III.5: 2 2..... 40
Figure III.6: Construction et simulation un projet de pompe à l'aide du logiciel PVsyst V7.4. 42
Figure III.7: Identification du nom de projet et du fichier du site météorologique dans le logiciel PVsystV7.4. 42

Figure III.8: Identifier des coordonnées géographiques de la zone d'étude sur PVsystV7.4. 43
Figure III.9: Définition de la direction des panneaux solaires dans le logiciel PVsystV7.4. 43
Figure III.10: Orientation des panneaux photovoltaïques dans le logiciel PVsystV7.4 45
Figure III.11: Identification du circuit hydraulique de pompage sur PVsyst V7.4. 46
Figure III.12: Définition des besoins d'eau et de pression dans le logiciel PVsyst V7.4. 47
Figure III.13: Définition du système de pompage solaire dans le logiciel PV syst V7.4. 48
Figure III.14: Identification de la pompe dans le logiciel PV systV7.4. 49
Figure III.15: 2 2 50
Figure III.16: Lancement de simulation dans le logiciel PVsyst V7.4 50
Figure III.17: Paramètres de simulation dans le logiciel PVsyst V7.4. 51
Figure III.18: + 2 2 52
Figure III.19: 2 2 52
Figure III.20: cielPVsystV7.4. 53
Figure III.21: Résultats financiers de l'installation du pompage solaire dans le logiciel PVsyst V7.4. 53
Figure III.22: 2 54
Figure III.23: 2 55
Figure III.24: 2 56
Figure III.25: 2 57
Figure III.26: 2 58
Figure III.27: 2 59
Figure III.28: Tableau des bilans et résultats principaux 59
Figure III.29: 2 60
Figure III.30: Création et simulation d'un projet en lien avec le réseau. 61
Figure III.31: Définition du projet et du fichier. 61
Figure III.32: L'orientation des panneaux photovoltaïques dans le logiciel PV syst est identifiée. 62
Figure III.33: Identification de la consommation électrique mensuelle. 62
Figure III.34: Dimensionnement des composan 2 63
Figure III.35: Résultats et analyse dans le logiciel PV syst V7.4. 64
Figure III.36: Le coût de l'installation et la charge raccordée au réseau dans le logiciel PVsyst V7.4. 65
Figure III.37: Les caractéristiques financières de l'installation solaire raccordée au réseau. 65
Figure III.38: + 2 66
Figure III.39: Résultats financiers de l'installation solaire raccorée au réseau. 66
Figure III.40: Mesure de la contribution du carbone de l'installation solaire connectée au réseau dans le logiciel PV syst. 67
Figure III.41: 2 67
Figure III.42: 2 68
Figure III.43: 2 69

Liste des tableaux

Tableau I-1: 15
Tableau III-1: niveau de la ferme HAMADOUCHE. 36
Tableau III-2: Caractéristiques sur le bassin 38
Tableau III-3: La consommation d'électricité des habitants du village HAMADOUCHE. 38

تمتع الجزائر بوفرة في موارد الطاقة المتجددة، مما يجعل استخدام الطاقة الشمسية حلاً واعداً لتزويد المزارع والقرى بالكهرباء، خاصة في ظل

اعتمادها الكبير حالياً على الوقود الأحفوري والتحديات التي تواجه تطوير الطاقات المتجددة.

قامت دراستنا بتقييم تكامل الطاقة الكهروضوئية في المزارع الزراعية والسكنية. وقدمنا دراسة لتحجيمنشأة كهروضوئية مستقلة لضخ المياه في مزرعة زراعية، وتحديد حجم المنشآت الكهروضوئيةالمتصلة بالشبكة في قرية بولاية تلمسان. كان الهدف من الدراسة هو تنفيذ عملية فنية لتقييم وتحليلالربحية الاقتصادية للمشروع باستخدام برنامج PVsyst.

الكلمات المفتاحية : الطاقة الشمسية -التركيب الكهروضوئي -مزرعة مستقلة -ضخ -قرية سكنية

-مقترنة بالشبكة الشمسية - اقتران الشبكة- برنامج PVsys

Résumé

L'Algérie dispose d'abondance de ressources énergétiques renouvelables, ce qui fait de l'utilisation de l'énergie solaire une solution prometteuse pour approvisionner les fermes et les villages en électricité, surtout à la lumièrede sa forte dépendance actuelle aux combustibles fossiles et des défis auxquels est confronté le progrès dans les énergétiques.

L'analyse de notre étude a examiné l'implémentation du solaire solaire dans les exploitations agricoles et les habitations. Dans une ferme agricole, nous avons exposé une étude qui vise à évaluer la dimension d'une installation photovoltaïque autonome de pompage d'eau, et déterminer la taille des installations photovoltaïques connectées au réseau dans un village de laprovince de Tlemcen. Le but de l'étude était de mettre en œuvre un processus technique pour évaluer et analyser la rentabilité économique du projet à l'aide du programme PV syst.

Mots clés : L'énergie solaire - l'installation photovoltaïque - exploitation agricole autonome - le pompage - village résidentiel – couplée au réseau - solaire -Logiciel PVsys.

abstract

Algeria has an abundance of renewable energy resources, which makes the use of solar energy a promising solution for supplying farms and villages with electricity, especially in light of its current high dependence on fossil fuels and the challenges facing progress in energy.

Our study examined the implementation of solar power on farms and in homes. On an agricultural farm, we presented a study to evaluate the size of a stand-alone photovoltaic water pumping installation, and to determine the size of grid-connected photovoltaic installations in a village in the province of Tlemcen. The aim of the study was to implement a technical process to evaluate and analyse the economic profitability of the project using the PVsyst programme.

Keywords: Solar energy - photovoltaic installation - autonomous farm - pumping - residential village - grid-coupled - solar - PVsys Software.

Introduction Générale

Depuis l'Antiquité, l'homme s'efforce de développer des moyens d'extraction d'énergie pour faciliter son travail, économiser ses efforts et gagner du temps. Nous avons longtemps dépendu des combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole et charbon), qui posent de grands risques pour l'environnement et la santé mondiale, notamment par la perturbation climatique et les dommages à l'atmosphère. Cette situation nous pousse à rechercher des alternatives permettant d'extraire des quantités d'énergie équivalentes, mais avec moins de dégâts et de meilleurs résultats. C'est dans ce contexte qu'est née l'idée de l'énergie photovoltaïque.

L'énergie photovoltaïque offre un bon éclairage des maisons et des équipements publics, et permet aux machines de fonctionner efficacement, avec une longue durée de vie et moins d'entretien. Les zones les plus défavorisées, comme les villages et les villes dépourvus de câblage électrique, souffrent d'un manque d'éclairage domestique et d'électricité nécessaire à l'activité agricole, ce qui en fait une priorité pour bénéficier de solutions technologiques efficaces.

L'installation photovoltaïque pour un village est une initiative visant à fournir une source d'énergie durable, fiable et respectueuse de l'environnement aux communautés locales. Elle repose sur l'utilisation de panneaux solaires, qui captent l'énergie solaire et la convertissent en électricité grâce à des cellules photovoltaïques. Adaptée aux besoins spécifiques des villages, notamment ceux situés dans des régions rurales et isolées, cette solution permet de répondre aux défis énergétiques tout en réduisant la dépendance aux combustibles fossiles.

En implantant une installation photovoltaïque, le village peut bénéficier de plusieurs avantages. Tout d'abord, l'accès à une source d'énergie renouvelable et abondante permet de satisfaire les besoins en électricité des ménages, des écoles, des centres de santé et des entreprises locales. Ensuite, cela contribue à l'autonomie énergétique du village, réduisant ainsi les coûts liés à l'importation de combustibles fossiles et les impacts environnementaux associés. De plus, l'installation de panneaux solaires crée des opportunités économiques pour la communauté, notamment par la formation et l'emploi de techniciens locaux pour l'installation, la maintenance et la gestion des systèmes photovoltaïques. Enfin, en exploitant l'énergie solaire, le village participe activement à la lutte contre le changement climatique en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre.

L'énergie photovoltaïque présente des caractéristiques de modularité permettant de l'adapter à des besoins énergétiques divers, et de fournir des solutions réelles telles que l'éclairage public et domestique, le pompage d'eau pour la consommation et l'irrigation, ainsi que d'autres applications. La conversion photovoltaïque est l'un des modes les plus intéressants d'utilisation de l'énergie solaire, permettant d'obtenir de l'électricité de façon directe et autonome à l'aide de matériel fiable et de longue durée de vie, nécessitant peu de maintenance.

Initialement liée à la conquête spatiale où elle a prouvé ses qualités technologiques, la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire trouve aujourd'hui des débouchés préférentiels dans les pays en développement,

particulièrement dans des installations en sites isolés de petites et moyennes puissances. Pour améliorer la connaissance de ces systèmes, plusieurs voies sont possibles. L'expérimentation en vraie grandeur peut apporter des réponses aux questions posées, mais cette so 2
approche consiste à utiliser la modélisation et des programmes de simulation sur ordinateur permettant de traiter un grand nombre de cas en un temps et avec un coût très réduit.

Ce mémoire s'organise en trois chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur les énergies solaires. Le deuxième chapitre est consacré à la conversion photovoltaïque. Enfin, le troisième chapitre présente l'étude et la conception d'une installation solaire photovoltaïque dans le domaine de l'habitat et de l'agriculture, y compris le dimensionnement de systèmes de pompage solaire et d'installations couplées au réseau, utilisant le logiciel PVsys version 7.4.

Chapitre I

Généralités

I Introduction

Les nouvelles énergies sont un terme courant dans les pays développés quia réalisé un grand développement dansles domaines industriel et économique Parce qu'il est respecté l'environnement et permet d'obtenir un grand rendement2

de lumière et de rayonnement 2

qui se présentent sous deux formes principales : l'énergie thermique : transformation de la lumière solaire émise en chaleur Utilisé pour chauffer l'eauOu pour chauffer les maisons Ou même pour Fournir un climat approprié pour les cultures agricoles (serres). +

électrique à partir de la lumière du soleil avec Utilisation de moteurs thermiques et de convertisseurs photovoltaïques qui fournit l'électricité nécessaire à notre vie quotidienne.

+ +

maisons, des complexes résidentiels, des installations vitales et fonctionnement des moteurs électriques.

I.1 Le soleil

Le Soleil est une étoile parmi les 200 milliards d'étoiles que compte notre galaxie, la Voie Lactée. D'un point de vue physique, il est de forme sphérique, avec un diamètre d'environ 1 392 684 kilomètres, soit 109 fois le diamètre de la Terre. Sa masse est d'environ 1.989 × 10^30 kilogrammes, soit 330 000 fois la masse de la Terre. La distance moyenne entre la Terre et le Soleil est estimée à environ 149,6 millions de kilomètres, ou 1 unité astronomique (UA). La lumière parcourt cette distance moyenne en environ 8 minutes et 20 secondes. Les rayons solaires assurent un climat et une météo propices à la vie humaine sur Terre.

Chimiquement, le Soleil se compose d'environ 74 % d'hydrogène, 24 % d'hélium et 2 % d'un mélange d'oxygène, de carbone, de néon, de fer et d'autres éléments. Selon la classification stellaire, le Soleil appartient à la classe G2V. Le symbole G2 indique une température de surface d'environ 5 778 K et le symbole V indique que le Soleil est une étoile de la séquence principale.

I.2 Le spectre de la lumière solaire

La technologie des énergies alternatives se concentre sur l'utilisation de ressources renouvelables telles que l'énergie solaire. La constante solaire représente l'intégralité de l'énergie contenue dans le spectre solaire. Ce dernier se compose d'un ensemble d'ondes électromagnétiques variant en longueur d'onde de 0,11 à 4 microns. Bien que le rayonnement solaire inclue également des ondes plus longues, leur contribution énergétique demeurefaible, ne représentant pas plus de 1 % de l'énergie totale du spectre solaire.

Le spectre solaire se divise principalement en trois zones distinctes: les rayons ultraviolets, les rayons visibles et les rayons infrarouges. Les rayons ultraviolets englobent les ondes les plus courtes jusqu'à 0,4micron, tandis que les rayons visibles couvrentla plage de longueurs d'onde allant de 0,4 à 0,75 micron. Les rayons infrarouges, quant à eux, correspondent auxlongueurs d'onde dépassant 0,75 micron. La répartition spectrale du rayonnement solaire à la surface del'atmosphère est illustrée dans la figure

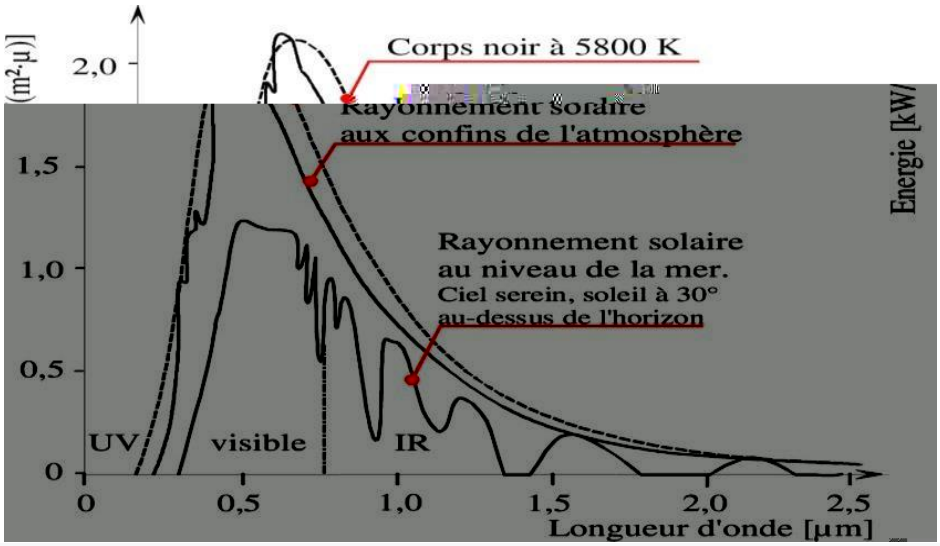


Figure I.1: L'irradiance ou le spectre solaire au sommet de l'atmosphère terrestre (AM0) et au niveau du sol (AM1.5D et AM1.5G)

I.3 La lumière du soleil

Parfois voilé par les nuages en journée ou positionné de l'autre côté de la Terre pendant la nuit, le soleil reste omniprésent. En tant qu'étoile bouillonnante où des réactions nucléaires s'embrasent continuellement, il projette son énergie sous forme de rayonnement solaire vers notre planète. Ce rayonnement entretient diverses interactionsavec la Terre. Une partie est filtrée par l'atmosphère sans atteindre la surface terrestre, tandis qu'une autre se transforme en chaleur, contribuant ainsi au réchauffement et au maintien de la vie à sa surface. Une fraction est réfléchie par les nuages, et le reste parvient directement à la surface terrestre sous forme d'énergie, suscitant ainsil'intérêt des chercheurs en énergie solaire. Ce flux énergétique est porté par des particules élémentaires appeléesphotons, qui jouent un rôle crucial dans la production d'électricité via les cellules solaires photovoltaïques. Maisque signifie exactement le rayonnement solaire ? L'irradiante solaire désigne la quantité de rayonnement solaire atteignant une zone spécifique, apte à générer de l'énergie électrique. Sur les deux millièmes de lumière solaire touchant la Terre, estimés à environ130 mégawatts par mètre carré de la surface solaire, résulte toute l'énergie thermique de la surface et de l'atmosphère terrestre (Wikipédia) .Une mesure précise de cette intensité radiative estessentielle pour la planification et projets solaires. Avant d'entamer un projet, les chercheurscollectent des données sur le rayonnement dans la zone d'étude afin de garantir une conception adéquate et une efficacité optimale durant toute sa durée d'exploitation. La lumière solaire incidente sur la surface terrestre se compose d'un rayonnement solaire direct normal (DNI) et d'un rayonnement solaire diffus horizontal (HDI), qui ensemble, selon l'équation suivante, représentent le rayonnement solaire global horizontal (GHI).

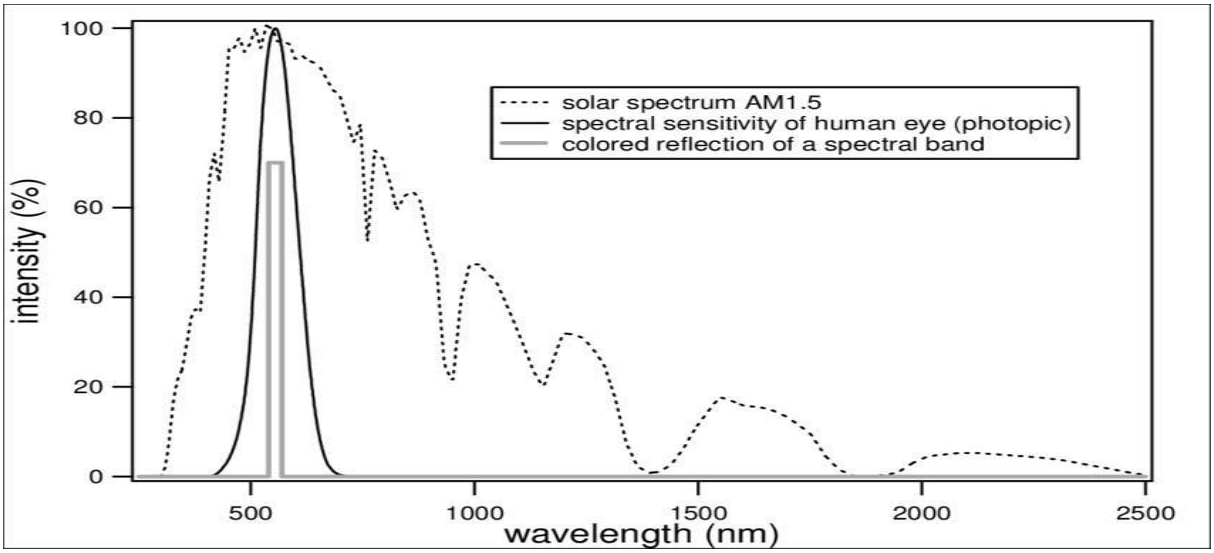


Figure I.2: Étude spectrale du rayonnement solaire

I.4 La stabilité du solaire

L'énergie solaire constante est la quantité d'énergie absorbée par unité de temps sur une surface perpendiculaire aux rayons solaires, à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre. Ce chiffre revêt une importance capitale dans le domaine de l'énergie solaire, car il établit la limite théorique de l'énergie solaire disponible. Toutefois, la quantité d'énergie réellement reçue sur Terre est inférieure à cette constante en raison de la réflexion et de l'absorption du rayonnement solaire lors de son passage à travers l'atmosphère. La valeur de la constante solaire peut être calculée en considérant le Soleil comme un corps noir à une température de 6000 degrésKelvin. Les calculs théoriques estiment la constante solaire à environ 1 600 watts par mètre carré, mais les mesurespratiques effectuées par les engins spatiaux révèlent une valeur légèrement inférieure, autour de 1 353 watts par mètre carré. Cette différence s'explique par le fait que les calculs théoriques considèrent le soleil comme un corpsnoir avec une température uniforme, alors que dans la réalité, ce n'est pas le cas.

La valeur de la constante solaire varie en fonction de la distance entre la Terre et le Soleil, étant donné que l'orbiteterrestre autour du Soleil est elliptique. Au début de janvier, lorsque la Terre est plus proche du Soleil, la constantesolaire est légèrement plus élevée, tandis qu'au début de juillet, lorsque la Terre est plus éloignée, cette constanteest légèrement plus faible. Cette variation entraîne une différence d'environ 3,5 % entre les valeurs mesurées en début de janvier et de juillet, la constante solaire étant généralement supérieure au début de janvier par rapport àsa moyenne de 1 353 watts par mètre carré.

I.5 Rayonnement direct du soleil qui tombe verticalement

Ce rayonnement est obtenu en tombant verticalement Sur une unité de surface face au soleil en tout temps .Il estconsidéré comme un combustible pour les systèmes d'énergie photovoltaïque et les systèmes d'énergie solaire concentrée, qui fonctionnent uniquement avec le rayonnement solaire direct(DNI).

I.6 Le rayonnement diffus

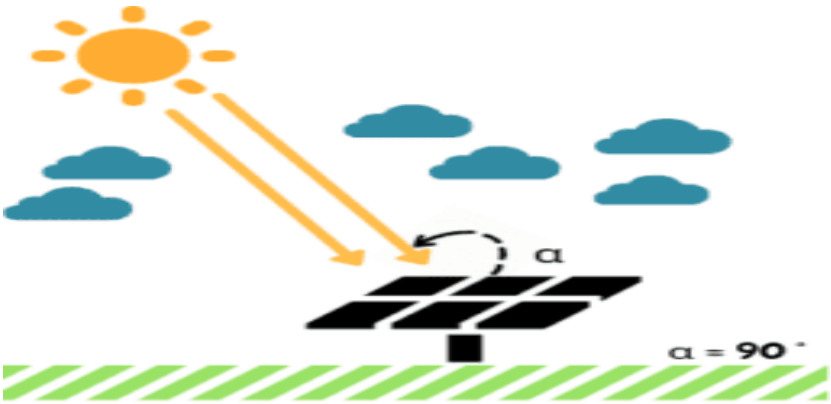
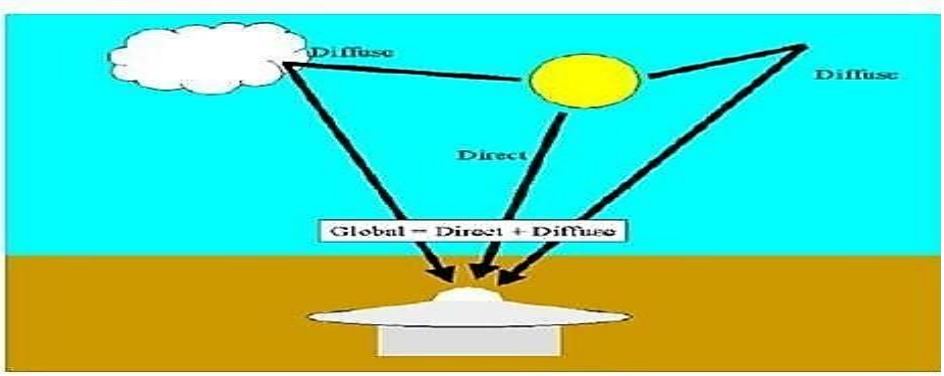


Figure I.3: le rayonnement diffus

Ce rayonnement n'atteint pas directement le sol Sauf quelques collisions avec certaines structures, bâtiments etnuages Ce qui à son tour le reflète à la surface de la Terre Aussi appelé rayonnement solaire réfléchi DHI



I.7 Rayonnement global

C'est la somme du rayonnement solaire diffus (DHI) et du rayonnement solaire direct (DNI). Il est calculé selonl'équation suivante

$GHI = DNI \times Cos(\theta) + DHI$

Il peut également être mesuré avec des appareils de surveillance atmosphérique. Symbolisé par GHI

Θ : représente l'angle entre le rayonnement solaire direct(vertical) et la position du soleil au même instant.

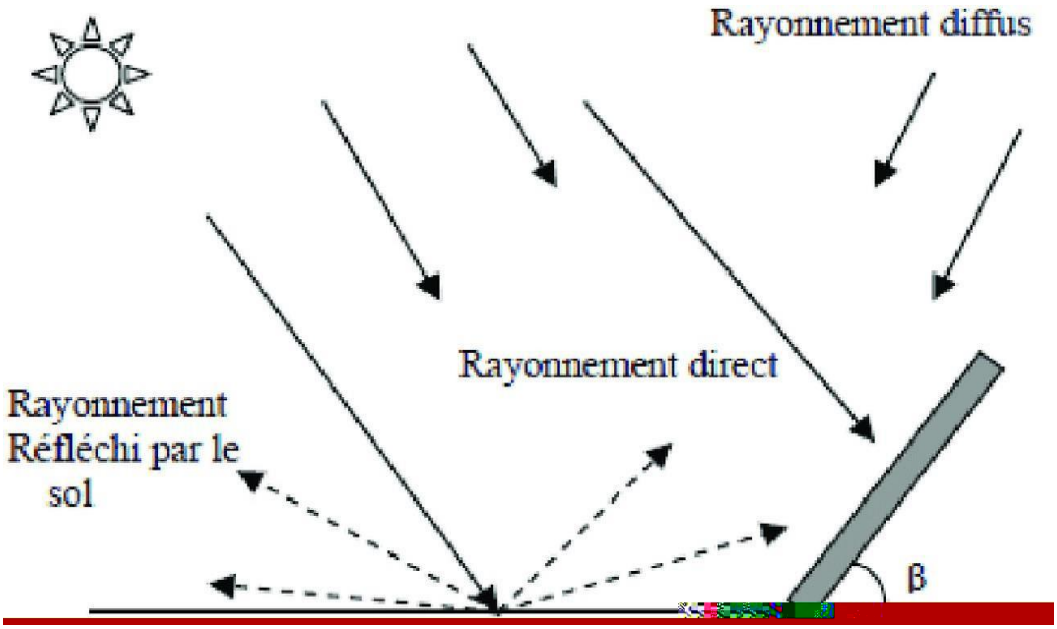


Figure I.4: composante du rayonnement solaire

I.8 Les diverses méthodes de transformation de l'énergie solaire

I.8.1 L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est une forme d'énergie renouvelable qui utilise la chaleur du soleil pour produire de l'électricité ou de la chaleur pour divers usages. Contrairement à l'énergie solaire photovoltaïque qui convertit la lumière du soleil en électricité, l'énergie solaire thermique utilise des capteurs solaires pour absorber la chaleur du soleil et la transférer à un fluide, généralement de l'eau ou un liquide caloporteur comme le glycol, qui est ensuiteutilisé pour chauffer de l'eau, de l'air ou d'autres fluides à des températures élevées. Différents types de systèmes de chauffage solaire thermique existent, tels que les systèmes à eau chaude, les systèmes de chauffage solaire à air et les systèmes de concentration solaire qui, en utilisant des miroirs ou des lentilles, concentrent la lumière solaire sur un point focal pour générer des températures extrêmement élevées. L'énergie solaire thermique est utilisée dans de nombreuses applications, telles que le chauffage domestique et commercial, la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage des piscines, la génération de vapeur pour l'industrie et même la production d'électricité àgrande échelle dans les centrales solaires thermiques. Cette forme d'énergie présente de nombreux avantages, notamment sa durabilité, son abondance, son faible coût d'exploitation et son potentiel pour réduire les émissionsde gaz à effet de serre. Cependant, elle dépend fortement des conditions météorologiques et de la disponibilité dusoleil, ce qui peut limiter son efficacité dans certaines régions ou pendant certaines saisons.

Figure I.5: énergie solaire thermique

I.8.2 L'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque exploite la puissance des rayonnements solaires pour produire de l'électricité. Ceprocessus repose sur la conversion de l'énergie des photons contenus dans la lumière en électricité, ce qui expliquepourquoi les panneaux photovoltaïques sont souvent installés sur les toits, orientés de manière optimale pour capter le maximum de lumière solaire.

trouve la cellule photovoltaïque, généralement fabriquée en silicium, qui absorbe l'énergie des photons lumineux lorsqu'elle est exposée à la lumière du soleil. Cette absorption génère un courant électrique continu, qui est ensuite converti en courant alternatif grâce à un onduleur. Cette électricité produite peut être utilisée instantanément pour alimenter divers appareils électriques ou pour l'éclairage .Toute installation solaire photovoltaïque nécessite donc trois éléments essentiels pour garantirla capture efficace des rayons solaires, leur conversion en électricité et leur distribution :

- Des panneaux photovoltaïques pour capter la lumière solaire ;
- Un onduleur pour transformer le courant continu en courant alternatif ;
- Un compteur pour mesurer la quantité d'électricité produite et distribuée ;

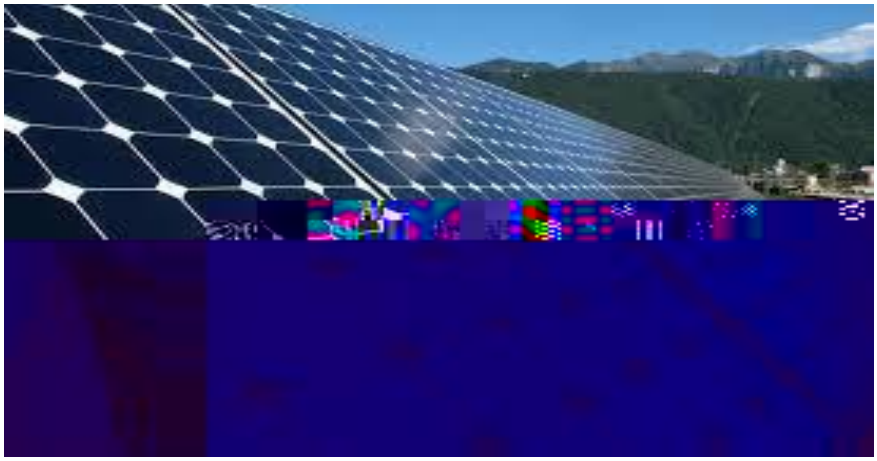


Figure I.6: modules photovoltaïques

I.8.3 L’énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique est générée par le biais de centrales solaires à concentration, qui consistent enun agencement de miroirs contenant des fluides caloporteurs, couplés à un générateur d'électricité solaire. À l'instardes panneaux solaires thermiques, ce sont les miroirs qui transforment l'énergie captée par les rayons du soleil enchaleur, laquelle atteint des températures très élevées, souvent bien supérieures à celles du moment de la collecte,pouvant varier entre 250 et 800 degrés selon la méthode utilisée. Cette chaleur est ensuite convertie en électricitéà l'aide d'une turbine et d'un alternateur, fonctionnant selon le même principe qu'une centrale thermique classique. En France, l'exploitation de cette forme d'énergie est limitée, avec seulement une centralethermodynamique, située à Llo. Cette situation s'explique en partie par le climat tempéré de la France, qui n'offrepas les conditions idéales pour cette technologie qui requiert des températures élevées. En revanche, elle est pluslargement utilisée dans des pays comme l'Espagne

Figure I.7: .

I.9 La tour de cheminée solaire

Les tours solaires représentent une méthode innovante pour concentrer et exploiter l'énergie solaire de manière plus efficace et puissante. Cette technique implique l'utilisation d'un ensemble de miroirs mobiles pour diriger et concentrer les rayons du soleil vers un récepteur situé au sommet de la tour. Le fluide caloporteur chauffé dans cerécepteur est alors utilisé pour produire de la vapeur, qui alimente une turbine reliée à un générateur électrique. Typiquement, un mélange de sels liquides est employé comme moyen de transfert et de stockage de chaleur. Cessels possèdent une capacité thermique plus élevée que l'eau, ce qui permet de stocker l'énergie thermique sur unepériode prolongée avant qu'elle ne soit utilisée pour générer de la vapeur. Par conséquent, les tours solaires peuventproduire de l'électricité de manière continue, offrant une alternative avancée aux panneaux solaires traditionnels qui ne fonctionnent que pendant la journée. Les avantages de l'utilisation des tours solaires pour la production d'énergie sont multiples :

- **Protection de l'environnement :** Les tours solaires génèrent de l'électricité propre, sans émissions ni pollution,contribuant ainsi à la préservation de l'environnement.
- **Une source d'énergie riche et durable** :

  L'énergie solaire est une ressource illimitée et renouvelable sur laquelle nous pouvons compter demanièreconstante.
- **Réduction des coûts** : Une fois construite, une tour solaire présente des coûts d'exploitation et demaintenance relativement faibles, ce qui permet de réduire les dépenses financières à long terme.

I.10 Le taux d'ensoleillement à travers le monde

L'ensoleillement dans le monde varie considérablement en fonction de la latitude, de la saison, de l'altitude et des conditions météorologiques locales. En général, les régions proches de l'équateur reçoivent plus d'ensoleillement tout au long de l'année, tandis que les régions plus éloignées de l'équateur ont des saisons avec des variations plus marquées dans l'ensoleillement. Par exemple, les régions équatoriales comme l'Afriquecentrale, l'Amazonie, et certaines parties de l'Asie du Sud-est reçoivent généralement un ensoleillement abondanttout au long de l'année. En revanche, les régions plus éloignées de l'équateur, comme l'Europe du Nord, le Canadaet la Russie, connaissent des saisons avec moins d'ensoleillement, en particulier pendant les mois d'hiver Cependant, il convient de noter que des variations dans l'ensoleillement peuvent également être observéesà l'échelle locale en raison de facteurs tels que la topographie, la couverture nuageuse et la pollution atmosphérique.

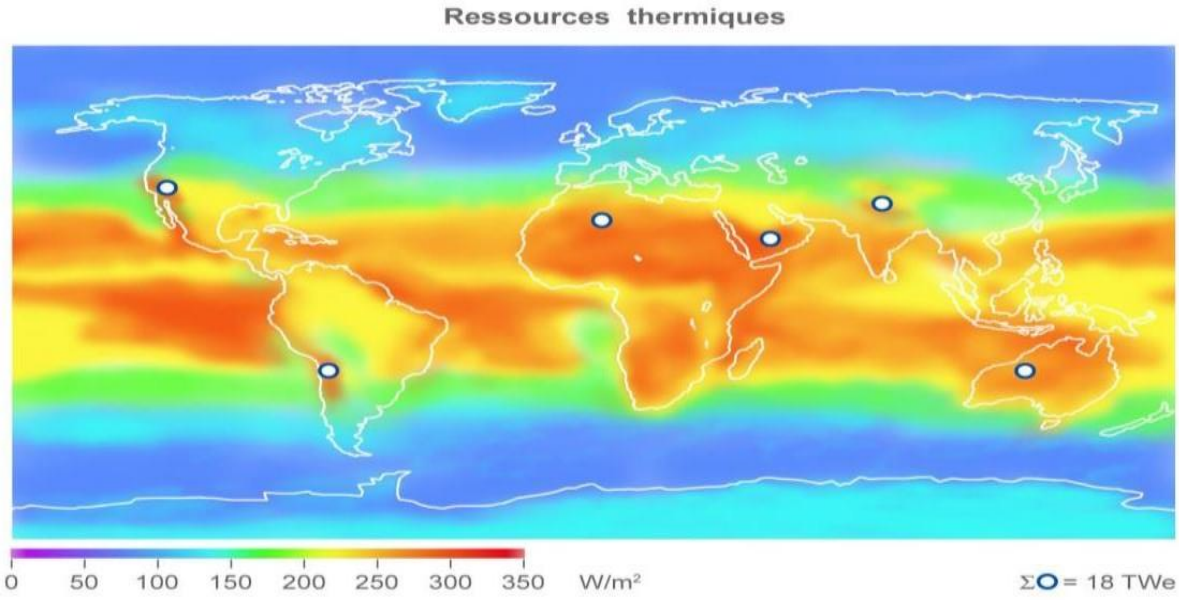


Figure I.8: L'ensoleillement dans le monde. [9]

I.11 Le taux d'ensoleillement à travers l'Algérie

La Préfecture des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique a communiqué sur sa page Facebook quel'Algérie, du fait de sa situation géographique, possède l'un des plus vastes gisements solaires au monde. Elle a souligné que la durée d'insolation sur la quasi-totalité de son territoire dépasse 2 000 heures par an et peut atteindre3 900 heures, en particulier dans les hauts plateaux et les déserts. Basée sur les cartes établies par le Centre de développement des énergies renouvelables dans son atlas des ressources énergétiques renouvelables pour l'Algérie,la préfecture a ajouté que sur l'ensemble du territoire national, le pourcentage de réception totale de l'énergie solairesur une surface horizontale d'un mètre carré varie entre 5,1 kilowattheures (environ 1860 kilowattheures par an par mètre carré) dans le nord et 6,6 kilowattheures (environ 2 410 kilowattheures par an par mètre carré) dans legrand sud.

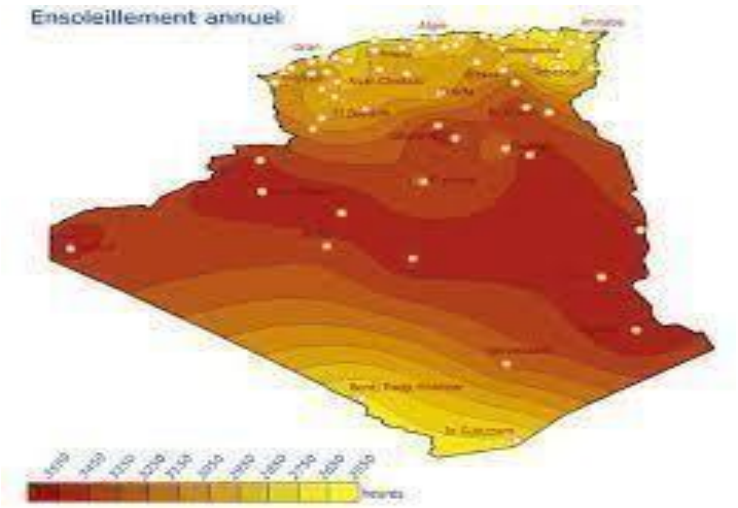


Figure I.9:

Tableau I-1:

Tableau du gisement solaire

REGIONS	COTIERES	HAUTS PLATEAUX	SAHARA
SUPERFICIE EN %	04	10	86
DUREE MOYENNE ENSOLEILLEMENT H/AN	2650	3000	3500
ENERGIE MOYENNE RECUE KWH/m²/An	1700	1900	2650

I.12 La demande énergétique en Algérie augmente

Le gouvernorat a indiqué que l'analyse de l'impact du programme d'efficacité énergétique sur la période 2010- 2019 sur la réduction de la facture énergétique a révélé une augmentation continue de la consommation finale d'énergie à un rythme annuel estimé à 5%, avec une augmentation significative de 59% du taux final. Au cours dela même période, la consommation finale d'énergie a grimpé de 31,6 millions de tonnes équivalent pétrole en 2010à 50,4 millions de tonnes équivalent pétrole en 2019, ce qui représente une augmentation d'environ 18,7 millionsde tonne équivalent pétrole par rapport à 2010. Le gouvernorat a également mentionné le programme d'efficacité énergétique approuvé par le gouvernement en 2011 et actualisé en 2015, visant à réduire la facture de consommation énergétique de 9%d'ici 2030 en appliquant des mesures dans tous les secteurs à forte demande énergétique, notamment les transports, la construction et l'industrie. L'inventaire énergétique national réalisé par le Ministère de l'Énergie sur la période 2010-2019 révélé que sur les 410 millions de tonnes d'équivalent pétrole consommées au cours de la décennie, 90 millions de tonnes d'équivalent pétrole étaient attribuées aux secteurs industriels et des travaux publics, représentant 22% de la consommation totale, tandis que le secteur des transportsa consommé 142 millions de tonnes équivalent pétrole (35%) et les secteurs des services et de l'habitat ont utilisé177 millions de tonnes équivalent pétrole. L'étude a montré une augmentation significative de la consommation énergétique dans le secteur de l'habitat et des services, avec une augmentation de 11,1 millions de tonnes équivalentpétrole (89,5%), suivi par le secteur des transports avec une augmentation de 4,2 millions de tonnes équivalent pétrole (37,4%) et le secteur de l'industrie, des travaux publics et du bâtiment, avec une hausse de 3,2 millions detonnes équivalent pétrole (40,2%). En ce qui concerne la structure de la consommation énergétique par produit, lerapport indique que 148 millions de tonnes équivalent pétrole de produits liquides (principalement des produits pétroliers) on tété consommées, représentant 36% du total, tandis que 144 millions de tonnes équivalent pétrole deproduits gazeux et 116 millions de tonnes équivalent pétrole ont été utilisées pour produire de l'électricité, représentant respectivement 35% et 29% du total. La consommation de produits liquides a augmenté de 32%, passant de 12,3 millions de tonnes équivalent pétrole en 2010 à 16,2 millions de tonnes équivalent pétrole en 2019, tandis que la consommation d'électricité a augmenté de 66%, passant de 8,6 millions de tonnes équivalentpétrole à 14,3 millions de tonnes équivalent pétrole sur la même période.

CONCLUSION

En conclusion, l'Algérie dispose d'une opportunité unique d'exploiter son potentiel solaire pour stimuler le développement durable, réduire les émissions de gaz à effet de serre, créer des emplois et améliorer la qualité devie de sa population. Un investissement stratégique dans l'énergie solaire pourrait donc apporter des bénéfices significatifs à long terme pour le pays et sa population.

Chapitre II
La conversion photovoltaïque

II.1 La convection photovoltaïque

II.1.1 Introduction

Solaire en électricité, sans nécessiter généralement de pièces mobiles ni de contraintes thermiques spécifiques. En conséquence, les systèmes photovoltaïques fonctionnent de manière silencieuse, offrent une fiabilité élevée, nécessitent peu d'entretien et ont une durée de vie prolongée. Grâce à ce processus de conversion, ils peuvent exploiter le rayonnement direct, ce qui les Le photovoltaïque se distingue des autres méthodes de production d'énergie par sa capacité à convertir directement le rayonnement rend adaptés aux climats modérés avec des niveaux de rayonnement plus élevés. De plus, la modularité du photovoltaïque permet un dimensionnement flexible des systèmes, facilitant ainsi leur intégration dans les bâtiments et diverses applications.

II.1.2 Historique

En 1887, Heinrich Hertz a été le premier à observer l'effet photoélectrique lors d'une de ses expériences, où des étincelles ont été générées entre deux petits champs métalliques dans un émetteur, provoquant des étincelles similaires entre deux champs métalliques distincts dans le récepteur. Ce phénomène a été progressivement compriscomme le processus de transfert d'énergie lumineuse aux électrons, entraînant leur libération.

Ainsi, toute variation de l'intensité lumineuse impacte directement l'énergie cinétique des électrons émis. Après denombreuses expériences, les scientifiques ont établi que la libération d'électrons ne se produit que lorsque l'intensité lumineuse attaint un seuil spécifique. Plus tard, Einstein a proposé que la lumière se compose de photons, similaires aux électrons des atomes, et non d'ondes comme on le pensait auparavant. Environ 16 ans après, Einstein a publié ses recherches sur l'effet photoélectrique et a breveté sa théorie. Les scientifiques ont alorsentrepris une série d'études successives sur ces effets, et les applications basées sur ce phénomène ont commencéà se répandre rapidement.

II.1.3 La transformation photovoltaïque

La conversion photovoltaïque joue un rôle crucial en ingénierie physique et électronique, transformant l'énergie électrique en énergie lumineuse. Ce processus repose sur l'utilisation de matériaux photovoltaïques qui, lorsqu'ilssont exposés à la lumière, génèrent un courant électrique en libérant des électrons des atomes constitutifs du matériau semi-conducteur. Cette électricité est ensuite dirigée vers des dispositifs électroniques pour les alimenter.

La conversion photoélectrique est largement répandue dans divers domaines, tels que la production d'électricité par le biais de panneaux solaires exploitant la lumière solaire, la détection de la lumière et des couleurs à l'aide de capteurs optiques, ainsi que dans les technologies d'affichage optique comme

les écrans LCD et OLED pour la visualisation d'images et de vidéos. De plus, en ingénierie physique et électronique, la conversion photovoltaïque est utilisée pour concevoir des dispositifs solaires plus performants, développer des systèmes de stockage d'énergie tels que des batteries solaires, et innover dans de nouvelles technologies visant à améliorer l'efficacité de la conversion de l'énergie électrique en lumière

Figure II.1: la conversion photoélectrique

II.1.1 Les substances solides

On peut classer les substances solides en trois catégories, les isolants, les semi-conducteurs et les conducteurs.

II.1.1.1 Un semi-conducteur

Les semi-conducteurs, matériaux indispensables en électronique contemporaine, se trouvent entre les conducteurset les isolants en termes de conductivité électrique. Leur capacité à conduire ou à isoler l'électricité selon les conditions en fait des éléments polyvalents, essentiels dans divers domaines, de la fabrication de composants électroniques à l'énergie solaire.

II.1.4.2 Un conducteur

Un conducteur est un matériau qui permet le passage facile du courant électrique. Les conducteurs sont caractérisés par une forte densité de porteurs de charge libres, généralement des électrons, qui peuvent se déplacer facilement à travers le matériau sous l'influence d'une force électrique externe.

Dans la plupart des cas, les métaux sont de bons conducteurs d'électricité en raison de leur structure atomique particulière. Dans les métaux, les électrons de valence sont libres de se déplacer à travers le matériau, ce qui permet la conduction électrique. Cependant, d'autres matériaux peuvent également agir comme des conducteurs, notamment les solution sioniques, certains liquides et certains matériaux semi-conducteurs sous certaines conditions.

Les conducteurs sont utilisés dans une grande variété d'applications, notamment dans les circuits électriques, les câblages, les composants électroniques et les dispositifs de transmission d'électricité. Les fils électriques en cuivre ou en aluminium, par exemple, sont des exemples courants de conducteurs utilisés dans les infrastructures électriques.

II.1.4.3 Un isolant

Tout à fait, un isolant est un matériau qui limite ou empêche la transmission d'énergie, que ce soit sous forme de chaleur, d'électricité, de son ou de force mécanique. Voici quel que des exemples pour illustrer ces différentes catégories :

- **Isolants électriques** : Ce sont des matériaux qui empêchent ou limitent le passage du courant électrique. Des exemples courants incluent le plastique, le verre, la céramique, etc.
- **Isolants thermiques** : Ces matériaux réduisent le transfert de chaleur entre deux systèmes. Des exemples d'isolants thermiques sont la laine de verre, la mousse de polystyrène, les fibres céramiques, etc.

II.1.4.4 Niveau d'énergie

Lorsqu'un atome de silicium (Si) est isolé, les niveaux d'énergie de ses électrons sont discrets, conformément au modèle de Bohr pour l'hydrogène. Cependant, lorsque des atomes identiques sont rapprochés, l'interaction entre eux scinde les niveaux énergétiques discrets en deux. Ce phénomène se généralise lorsque N atomes sont rapprochés, où les niveaux d'énergie se scindent en N niveaux. Ces niveaux sont étroitement espacés et, lorsque N est élevé, comme dans un cristal, ils forment une bande d'énergie continue. La distance intra-atomique d régit ce rapprochement des atomes.

En considérant maintenant des atomes de silicium (Si) disposés aux d'un réseau périodique avec une mailleextrêmement grande, On peut traiter les atomes comme s'ils étaient isolés. Les deux niveaux d'énergie les plus élevés sont appelés E1 et E2. En rapprochant les atomes de manière homogène, les états énergétiques des électrons se scindent en deux bandes continues : la bande de conduction (BC) et la bande de valence (BV), comme illustré dans la figure 1. Dans un cristal de silicium, on observe deux bandes continues d'énergie (BC et BV) séparées parune bande interdite, où les électrons ne peuvent pas accéder en état fondamental. Cette région interdite, appelée "gap", possède une largeur Eg spécifique au matériau. En notant EC l'énergie au bas de la bande de conduction et EV celle au sommet de la bande de valence, on a l'égalité Eg = EC - EV. Il est important de préciser que les bandes d'énergie BC et BV représentent simplement les énergies accessibles aux électrons dans le cristal de silicium, sans présumer de leur occupation effective.

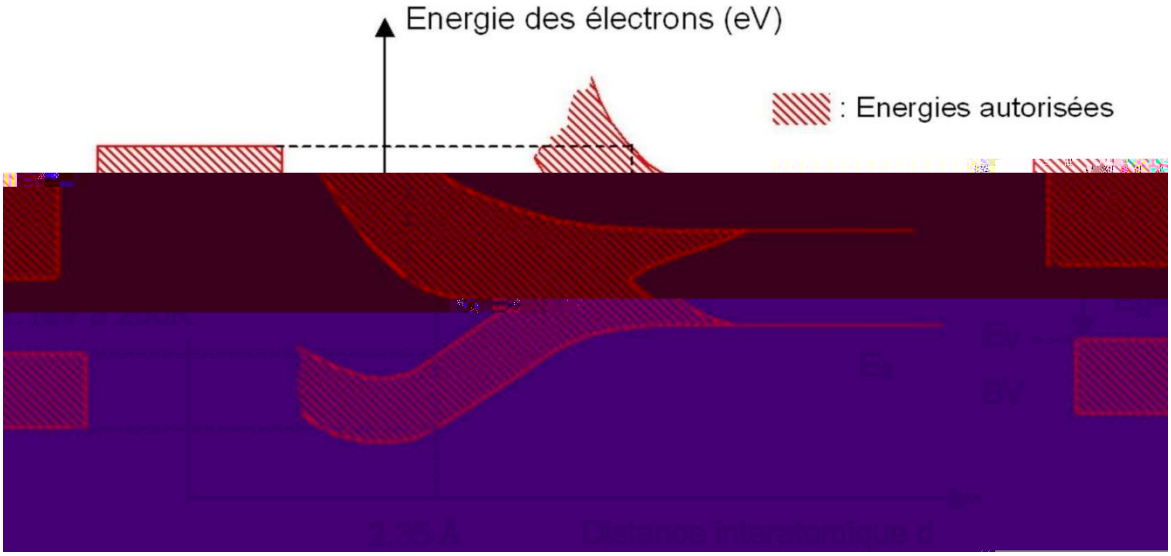


Figure II.2: La visualisation des bandes d'énergie dans l'espace physique.

II.2 Les panneaux solaires photovoltaïques

II.2.1 Description

Un panneaux solaires0 0 sur les combrières de parking par exemple qui ,
thermique qui a pour -2
cet appareil placé au sol, sur les toits ou sur les combrières qui utilise la lumière du soleil pour produire (énergie thermique qui a pour but de réchauffer des bâtiments ou de fournir de chaude).

Les deux grandes familles de panneaux solaires Les panneaux solaires thermiques (capteurs solaires thermiques)qui convertissent la lumière en chaleur transformée en eau chaude Les panneaux solaires photovoltaïques (installations photovoltaïques) qui convertissent directement la lumière en électricité solaire.

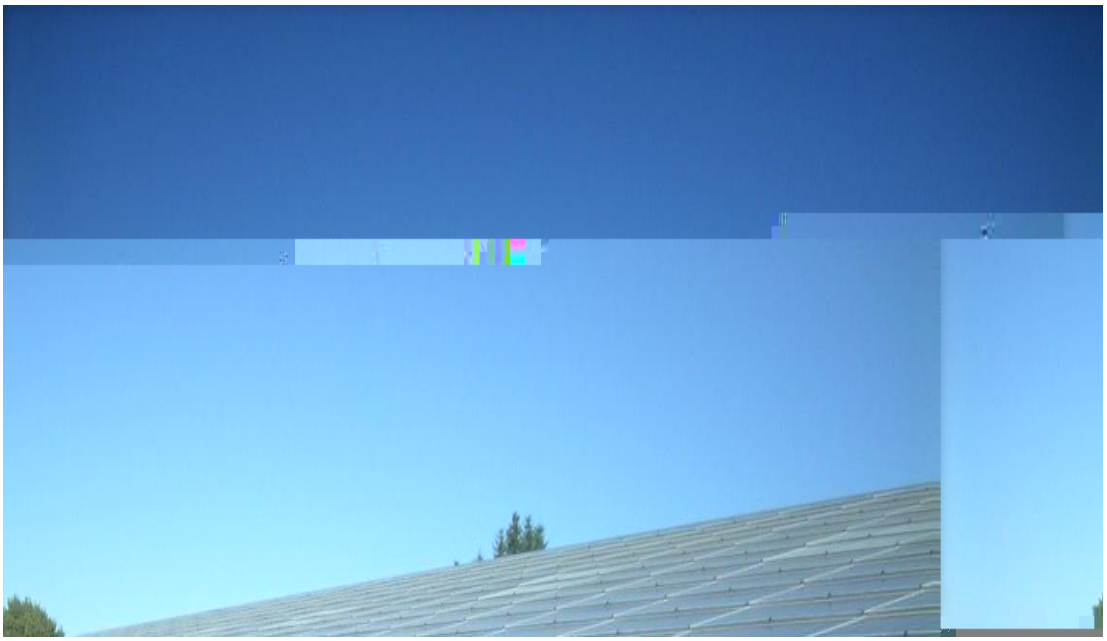


Figure II.3: Panneau solaire.

II.2.2 Production des panneaux photovoltaïques

Actuellement, la majorité des panneaux solaires sont fabriqués à partir de silicium. Le processus de fabrication commence par la production de lingots de silicium, qui sont de vastes blocs de silicium extrêmement pur, atteignant une pureté de 99,999999 %. Pour ce faire, des fragments de silicium, issus de la silice présente dans lesroches, sont mélangés à une petite quantité de bore, un élément semi-métallique proche du carbone, afin de conférer une polarité positive au silicium. Ce mélange est ensuite cuit à des températures dépassant les 1500 degrésdans un four. Après cuisson, le silicium est extrait du four sous forme de barres nommées "lingots", qui sont ensuite découpées en fines plaques appelées "wafers" à l'aide de scies à fil. Ces wafers ont une épaisseur inférieureà 200 microns, soit aussi mince qu'une feuille de papier. Ensuite, les wafers subissent un traitement chimique visant à réduire leur réflexion de la lumière, ce qui donne une texture de minuscules pyramides à leur surface, augmentant ainsi leur efficacité dans la conversion de la lumière en électricité. Pour transformer le wafer en cellule photovoltaïque, du phosphore est déposé sur sa face avant à très haute température. Ce dépôt de phosphore confèreune polarité négative à la face avant de la cellule. Ainsi, le wafer devient une cellule photovoltaïque, avec une face avant négative et une face arrière positive. Enfin, des contacts métalliques sont appliqués sur les faces avantet arrière de la cellule pour recueillir les électrons libérés dans le silicium. Chaque cellule photovoltaïque agit donccomme une pile électrique, possédant un pôle positif et un pôle négatif, mais avec l'avantage de ne jamais s'épuiser.

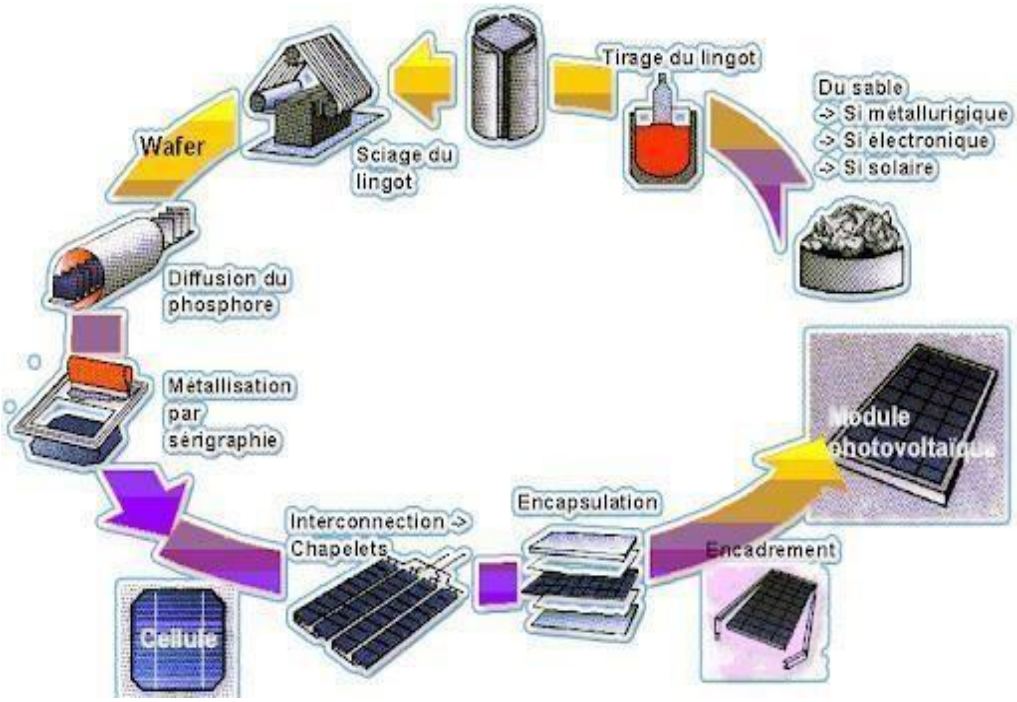


Figure II.4: Processus de production d'un module photovoltaïque en silicium cristallin.

II.2.3 Activation de silicium

En semi-conducteur, le dopage consiste à ajouter de petites quantités d'impuretés à une substance pure pour altérer ses caractéristiques de conductivité. Les semi-conducteurs sont principalement caractérisés par le nombre de porteurs de charge qu'ils renferment, à savoir les électrons ou les trous. En dopant un matériau, on insère des atomes d'un autre matériau dans sa structure cristalline, substituant ainsi certains atomes d'origine et modifiant la quantité d'électrons ou de trous disponibles. Les atomes de dopant, souvent appelés impuretés, sont présents en faible concentration, leur nombre étant insignifiant par rapport à celui des atomes constitutifs du matériau initial.

II.2.3.1 Activation de type N et de type P :

Il y a deux types de dopage à considérer dans le domaine de la semi-conductivité : Le dopage de type N, qui implique la génération d'un sur plus d'électrons, porteurs de charge négative ; Le dopage de type P, qui induit unedéficience en électrons, engendrant ainsi un excès de lacunes, considérées comme porteurs de charge positive. Les schémas ci-dessous illustrent des exemples de dopage du Silicium, l'un par du Phosphore (dopage N) et l'autrepar du Bore (dopage P). Dans le cas du dopage au Phosphore (à gauche), un électron supplémentaire est introduit. Pour le dopage au Bore (à droite), un déficit électronique est créé, formant ainsi une lacune d'électron.

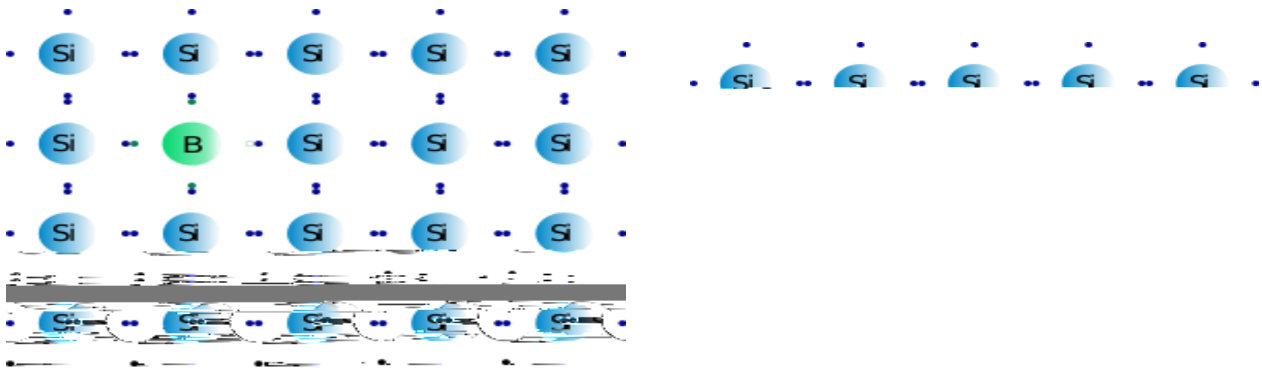


Figure II.5: stimulation N (en utilisant un électron en plus) et P (avec une absence d'électron)

II.2.3.2 La jonction P- N :

Lorsqu'un semi-conducteur de type P entre en contact avec un semi-conducteur de type N, un processus de diffusion se produit : les électrons de la zone N migrent pour remplir les lacunes dans la zone P. Cela crée une région sans porteurs mobiles, appelée zone de déplétion ou zone de charge d'espace. Une différence de potentiel se forme, générant ainsi un champ interne qui s'oppose à la diffusion des électrons de la zone N vers la zone P. Ilest important de rappeler que les électrons se déplacent dans le sens opposé au champ électrique. Une jonction PN correspond à la réunion de deux semi-conducteurs, dopé type N (contenant des électrons libres) et dopé type P (contenant des trous (emplacements libres)) tous deux électriquement neutres. Lors de cette mise en contact, les électrons de la zone N sont dirigés vers la zone P car les électrons sont attiré par la zone « P » positive (zone P) et compensent les trous existant dans cette zone par phénomène de diffusion (et inversement, les trous dela zone P sont entraînés vers les électrons de la zone N) se neutralisant les uns les autres. Une jonction PN se formelorsque deux semi-conducteurs sont combinés, l'un étant dopé de type N (avec des électrons libres) et l'autre dopéde type P (avec des trous libres), tous deux électriquement neutres. Lors de cette union, les électrons de la zone N se déplacent vers la zone P en raison de l'attraction exercée par la polarité positive de la zone P, comblant ainsiles lacunes présentes dans cette zone par diffusion. De manière réciproque, les trous de la zone P sont attirés vers

les électrons de la zone N, s'annulant mutuellement. Cette jonction donne naissance à une région chargée électriquement, connue sous le nom de "zone de charge d'espace" ou "zone de déplétion", où la zone N est dépourvue d'électrons et la zone P est dépourvue de trous, tandis que les deux zones dopées demeurent neutres.

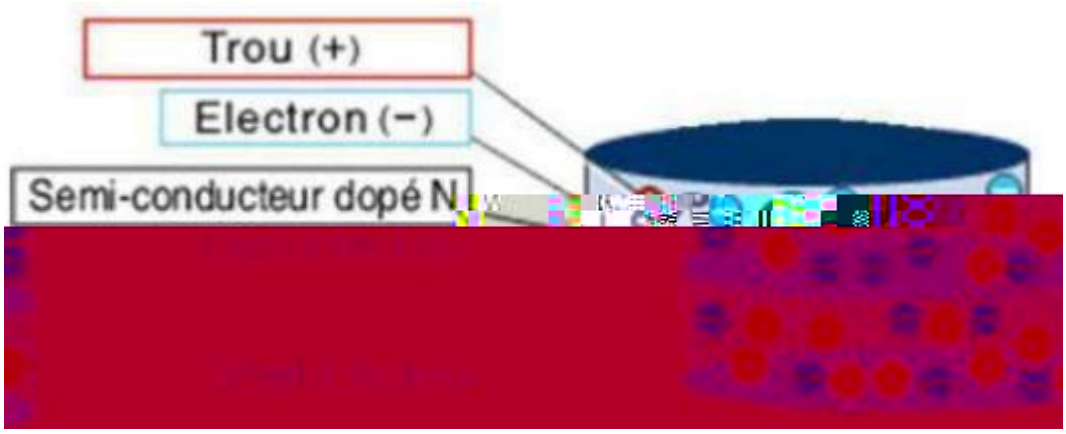


Figure II.6: Activation les semi-conducteurs

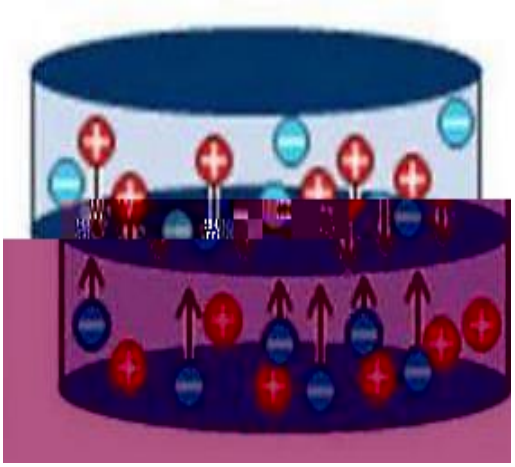


Figure II.7: Transport des électrons et des cavités

II.2.4 Association des cellules (le panneau solaire)

En conditions standardisées de test, une cellule de silicium de 100cm² produit environ 1,25 Watt de puissance maximale, ce qui en fait un générateur de puissance très limitée inadéquat pour les applications électriques courantes. Pour pallier cette limitation, les modules sont conçus en associant plusieurs cellules élémentaires en série et/ou en parallèle. L'association en série augmente la tension à un courant donné, tandis que l'association enparallèle augmente le courant pour une tension donnée. Ainsi, pour rendre l'électricité générée utilisable dans les applications électriques, il est nécessaire

d'assembler un grand nombre de cellules. Les modules, souvent présentéssous forme de panneaux, sont composés d'un nombre spécifique de ces cellules élémentaires disposées en série pour obtenir une tension de sortie utilisable. Ces modules sont ensuite agencés en réseau série-parallèle pour obtenir les tensions et courants souhaités.

II.2.4.1 Association en série

Avant de connecter des cellules, des modules et des panneaux en série, il est essentiel de s'assurer de leur uniformité. Dans ce type de configuration, le courant reste constant dans toute la branche tandis que la tension augmente proportionnellement au nombre de cellules, de modules et de panneaux. Cependant, si les cellules, modules ou panneaux ne sont pas identiques, plusieurs problèmes peuvent survenir :

- Une légère diminution de la tension d'utilisation est observée.
- Les cellules, modules ou panneaux non identiques peuvent devenir des récepteurs et se polariser eninverse.

II.2.4.2 Association en parallèle

Cette polarisation inverse peut entraîner un échauffement excessif et éventuellement la destruction par des pointschauds (voir figure 5). Par conséquent, pour prévenir ces problèmes, il est recommandé de limiter la tension inversemaximale en ajoutant une diode en dérivation (by-pass) à chaque module.

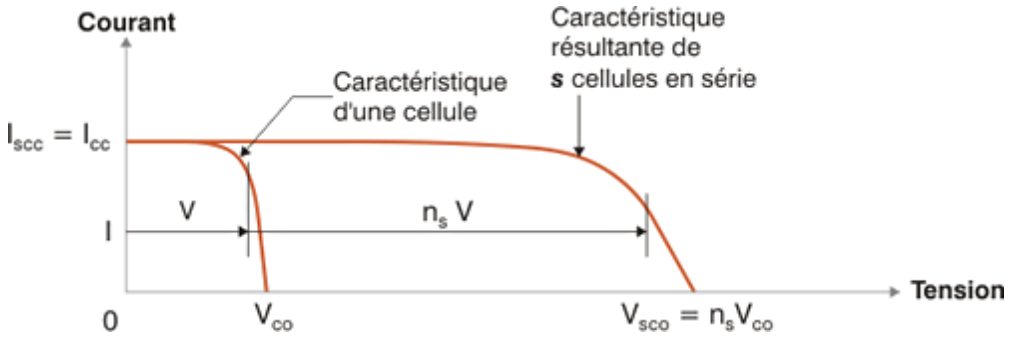


Figure II.8: Association es parallèle

II.2.5 Installation photovoltaïque (Association mixte)

Le générateur photovoltaïque est composé de nombreux modules photovoltaïques agencés en réseau série- parallèle, regroupés en panneaux photovoltaïques. La caractéristique électrique globale courant/tension du GPV est dérivée de la combinaison théorique des caractéristiques des cellules élémentaires, supposées identiques, qui le constituent, avec des affinités de rapport respectif ns et np parallèlement à l'axe des tensions et des courants, comme illustré dans la figure (I-11-b). Ici, ns et np représentent respectivement le nombre total de cellules en série et en parallèle. Igcc représente le courant de court-circuit du module résultant, tandis que Vgco indique la tension du circuit ouvert du module résultant. Les générateurs photovoltaïques sont construits soit pour augmenter la tension (groupement en série) soit pour augmenter le courant (groupement en parallèle) en associant un grand nombre de cellules élémentaires de même technologie et de caractéristiques identiques. Le câblage en série-parallèle est ainsi utilisé pour obtenir un module PV (ou panneau PV) présentant les caractéristiques souhaitées en termes de courant et de tension.

Figure II.9: Panneau photovoltaïque de type STP085B-12/BEA.

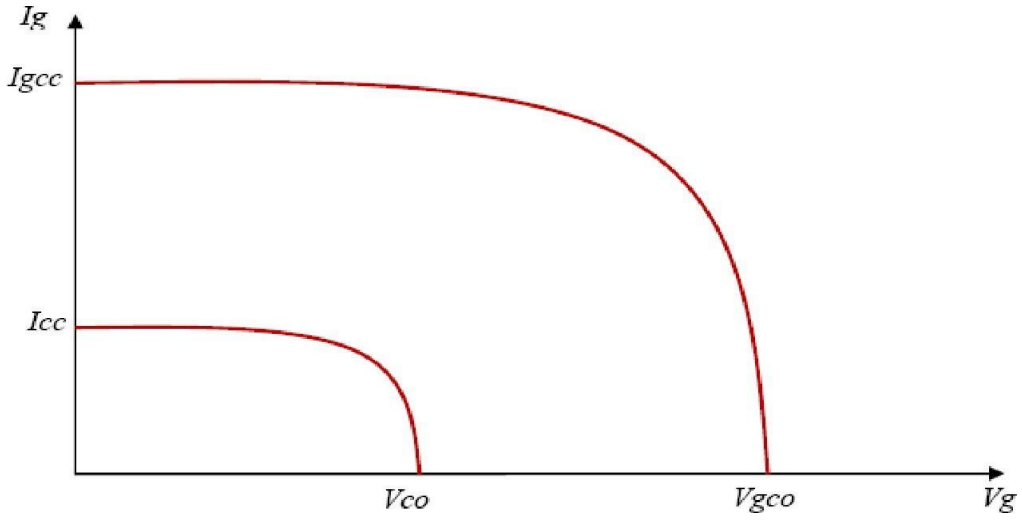


Figure II.10: Caractéristique issue d'une combinaison de cellules individuelles (nP+ nS)

II.2.6 Les points forts et les points faibles d'une installation solaire photovoltaïque

II.2.6.1 Les points forts :

L'énergie solaire présente de nombreux avantages : elle est gratuite, renouvelable, non taxée et respectueuse de l'environnement. Avec un rayonnement solaire colossal accessible à tous, elle constitue une ressource inestimable. Le portail EPICES offre un suivi précis de la production d'électricité photovoltaïque, soulignant ainsi la facilité d'accès à cette technologie. Les installations photovoltaïques sont flexibles, s'adaptant à une variété de besoins, et peuvent être facilement étendues en ajoutant des panneaux supplémentaires. Elles peuvent être installées partout, même en milieu urbain, pourvu que les toits soient bien orientés et sans ombrage. Dans les endroits isolés,elles offrent une solution pratique et économique pour l'électricité. De plus, elles ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni une expertise technique avancée. En réduisant les émissions de CO2, elles représentent une alternative aux énergies fossiles polluantes. Les matériaux nécessaires à leur fabrication sont abondants sur Terreet leurs coûts ont considérablement diminué, les rendant désormais économiquement viables.

II.2.6.2 Les points faibles :

Toutes les solutions énergétiques présentent des désavantages, et la production d'énergie photovoltaïque n'échappepas à cette règle. Le principal inconvénient réside dans le fait que cette production peut parfois être insuffisante pour couvrir intégralement les besoins d'un foyer. En effet, les taux d'autoconsommation et de production ne coïncident généralement pas parfaitement, ce qui signifie qu'en l'absence de batteries de stockage, il est nécessaire de s'approvisionner en électricité externe pour compenser ces fluctuations. Par exemple, par temps défavorable, pendant les mois d'hiver où l'ensoleillement est réduit, ou tout simplement la nuit, la quantité d'électricité produitepar les panneaux photovoltaïques diminue. Ainsi, avoir recours à une autre source d'électricité devient indispensable pour assurer l'alimentation constante du foyer. Pour éviter que cet inconvénient n'entrave l'engagement écologique, une solution consiste à opter pour une installation multi-énergies, combinant différentes sources d'énergies renouvelables telles que le photovoltaïque, l'éolien et la géothermie, afin de garantir un approvisionnement continu en électricité verte. Alternativement, il est également possible de souscrire un contratd'électricité verte au près d'un fournisseur d'électricité.

Conclusion :

En conclusion, la conversion photovoltaïque représente une solution prometteuse et durable pour répondre aux besoins énergétiques actuels et futurs. En exploitant efficacement l'énergie solaire, cette technologie offre des avantages significatifs tels que la gratuité, le caractère renouvelable, et son faible impact environnemental. Sa flexibilité et sa facilité d'installation en font une option attrayante dans divers contextes, qu'il s'agisse de zones
urbaines ou de sites isolés. De plus, avec la baisse des coûts et l'accessibilité croissante, la conversion photovoltaïque devient de plus en plus compétitive sur le marché de l'énergie.

En réduisant les émissions de CO2 et en contribuant à la transition vers des sources d'énergie plus propres, elle joue un rôle crucial dans la lutte contre le changement climatique. En somme, la conversion photovoltaïque représente un pilier essentiel de la transition vers un avenir énergétique durable et respectueux de l'environnement.

Chapitre III
Étude et conception d'une installation solaire photovoltaïque dans le domaine de l'habitat et de l'agriculture

IV Introduction

Le secteur agricole fait face à un défi crucial pour satisfaire l'augmentation de la demande en énergie, notammenten raison de la difficulté d 2
cruciale pour de diverses tâches et activités dans les fermes et les villages.
Cependant, Il existe de l'espoir quant à l'adoption de nouvelles sources d'énergie, notamment le solaire photovoltaïque, qui offre une solution prometteuse pour de 2
de ces technologies qui présente un grand potentiel est celle des pompes à eau solaires, qui peuvent être utilisées pour 2
devrait connaître une croissance significative à 2

pompe solaire photovoltaïque à ferme, ainsi que
connectée au réseau 0 2 offre de nombreux avantages en termes des facteurs techniques et économiques associés à ces systèmes à de la ferme.

IV.1 Présentation le village de la ferme

IV.1.1 Identification de ferme agricole

Le nom du village: HAMADOUCHE BOUMADIENE

Le nom de la ferme: HAMADOUCHE BOUMADIENE

Date de commencement de l'activité agricole:1963.

IV.1.2 Position géographique de La ferme.

Nord : des mont de Tlemcen.

Sud: la commune de Tlemcen.

Est: Djabal El Hadid.

Ouest: Ouzidane et Chétouane.

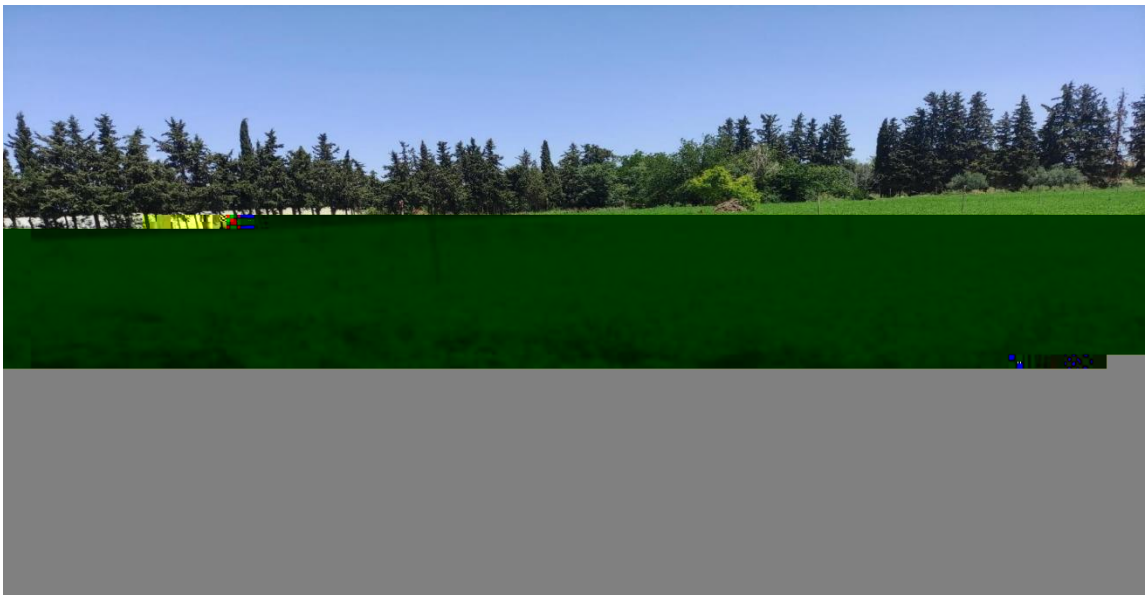


Figure IV.1:

IV.1.3 Coordonnées géographiques de la ferme

En degré decimal

Latitude :34,9074

Longitude:-1,2750

Ou bien en degré minute seconde

Longitude : -5 5 4

IV.1.4 Les cultures et l'irrigation

Tableau IV-1: HAMADOUCHE.

Type de culture	Superficie (Ha)	Type	Besoin en eau douce annuel (m3)	Source utilisée pour
Blé dur	112	Goutte a goutte	9000	eau de forage
Blé tendre	66	Gravitaire	2800	eau de forage
Orge	116	Aspersion	200	eau de forage
Les légumineuses	93	Goutte a goutte	100	eau de forage
Lentilles	6	Goutte a goutte	3000	eau de forage
Pomme de terre	86	Aspersion	250	eau de forage
Tournesol	83	Aspersion	2400	eau de forage
Raisins	82	Aspersion	8300	eau de forage
	$\sum = 64$		$\sum = 00$	

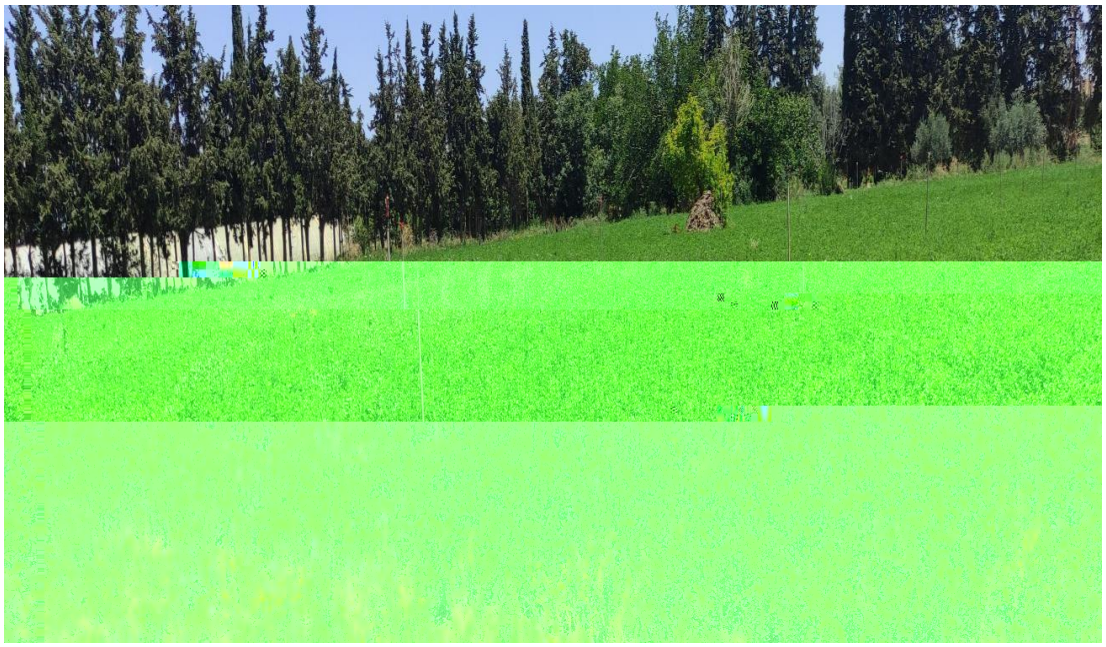


Figure IV.2: Parcelle de Luzerne de la ferme HAMADOUCHE.

Figure IV.3: Parcelle de tomate de la ferme HAMADOUCHE.

IV.1.4.1 Caractéristiques de la pompe utilisée

La puissance de la pompe utilisée : 36775 W

Type de pompe : Immergé

Profondeur d'emplacement de la pompe (m) : 69 *m*

IV.1.4.2 Données sur le bassin

Tableau IV-2: Caractéristiques sur le bassin

Volume	4480 m^3
Hauteur	4 *m*
Longueur	40 *m*
Largeur	28 *m*

IV.1.4.3 Les caractéristiques des tuyaux

La longueur de conduite entre le forage et le bassin s'élève à: 2000 *m.*

Le diamètre interne de la conduite reliant le forage au bassin est de*:* 120 *mm*.

La longueur de conduite entre le bassin et la parcelle la plus éloignée est de: 400 *m.*

Le diamètre interne de la conduite reliant le bassin à la parcelle la plus éloignée est de: 75 *mm*.

Tableau IV-3: La consommation d'électricité des habitants du village HAMADOUCHE.

Années	Trimestres	Energies(Kwh)	Total/Année(Kwh)
2021	1er trimestre	37157	159671
	2eme trimestre	40327	
	3eme trimestre	38687	
	4eme trimestre	43500	
2022	1er trimestre	37390	167431
	2eme trimestre	43274	
	3eme trimestre	39644	
	4eme trimestre	47123	
	1er trimestre	37290	
	2eme trimestre	40120	
2023	3eme trimetre	60246	217354
	4eme trimestre	79698	

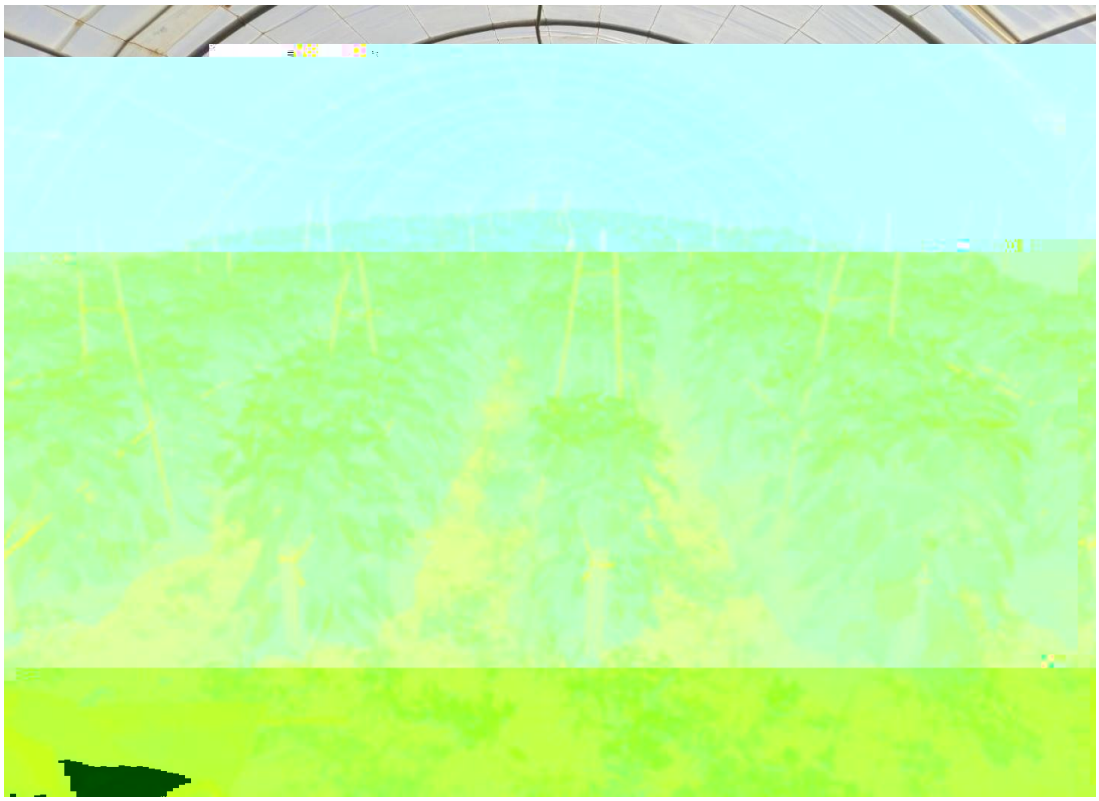


Figure IV.4: Parcelle de poivre de la ferme HAMADOUCHE.

IV.1.5 Caractéristiques du réseau d'irrigation

IV.1.5.1 Particularités du forage

La profondeur du forage : 71 *m*

Diamètre du forage : 35*cm*

Le niveau statique de l'eau : 55*m*

Le niveau dynamique de l'eau : 65 *m*

IV.2 Présentation du logiciel PVsyst

PVsyst est un logiciel puissant conçu pour les architectes, ingénieurs et chercheurs intéressés par l'analyse des systèmes photovoltaïques. [20] Il permet de réaliser des simulations simples ou avancées en ajustant divers paramètres, offrant ainsi une analyse complète du comportement des installations solaires. [21]Ce logiciel proposedeux modes de fonctionnement : un mode de pré-dimensionnement rapide et un mode d'étude approfondie prenanten compte de nombreux paramètres spécifiques. Il fournit des informations clés telles que la production d'énergie,l'irradiation, le coût de l'installation, la superficie requise et la production annuelle d'énergie.[21]

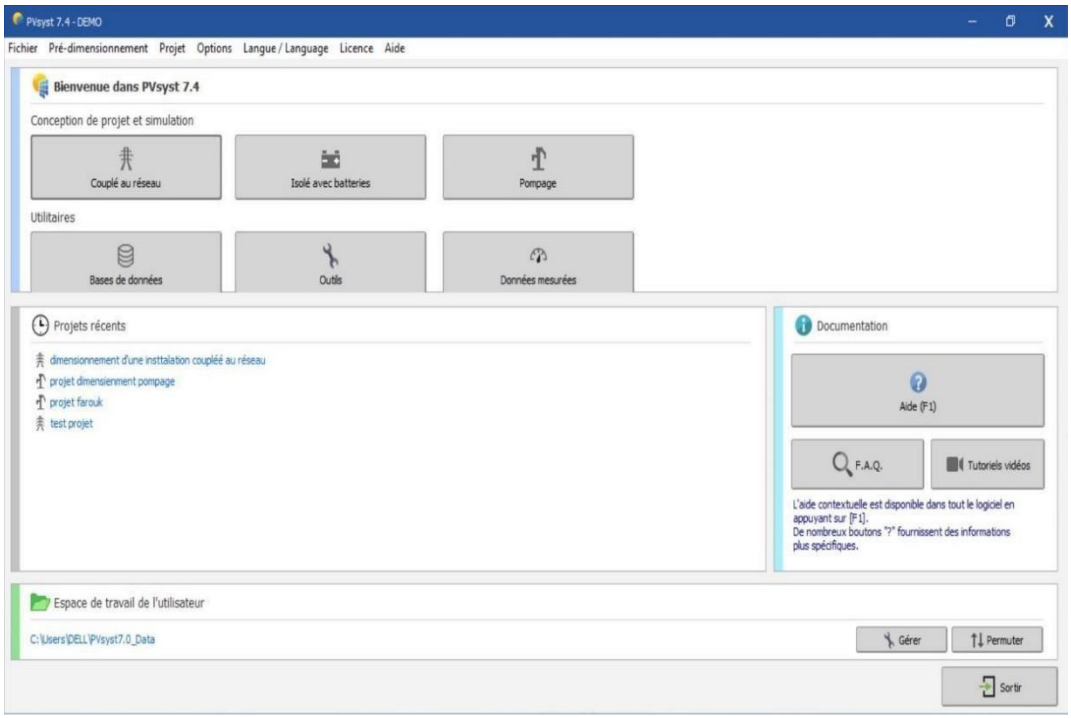


Figure IV.5: 2 2

Le logiciel PVsyst offre quatre sections distinctes :

Pré-dimensionnement : Le pré-dimensionnement offre la possibilité d'évaluer rapidement les possibilités et les limites de faisabilité du projet dans une certaine situation. Le programme évalue différents paramètres en utilisant les données de pré-dimensionnement, la production annuelle d'énergie, des protocoles de révision des doses mensuelles, des tableaux récapitulatifs et les coûts liés..[21]

Conception du projet : Les éléments fondamentaux de ce logiciel sont employés tout au long de l'analyse du projet. Il englobe le choix des données météorologiques, la création du système, les

recherches imaginaires, ainsi que la réalisation de simulations.

Analyse des dégâts et évaluation économique. Pendant une année, le simulateur est en marche toutes les heures, offrant des rapports complets ainsi que de nombreux autres résultats.[22]

Base de données : Cette partie assure la gestion des données climatiques, offrant la possibilité de générer des données synthétiques et d'importer des données mensuelles et horaires, ainsi que des valeurs horaires provenant de sources externes. Il y a aussi dans la base de données toutes les définitions des composants du système photovoltaïque, comme les modules, les onduleurs et les onduleurs de batterie, et ainsi de suite.[22]

offre des outils : Cette partie offre des outils additionnels afin d'évaluer et de visualiser rapidement le fonctionnement du système solaire. Il existe également un ensemble d'outils spécialisés pour importer les données de mesure du système solaire et les comparer de manière précise avec les simulations.[22]

IV.2.1 Dimensionnement d'une installation du pompage solaire à l'aide dulogicielPVsystV7.4:

La version 7.4 du logiciel PVsyst permet une analyse approfondie des projets liés à l'installation de pompes à eau photovoltaïques.

Dans PVsyst, le système de pompage fait référence à un système d'énergie solaire isolé uniquement sans stockaged'électricité. Ces systèmes complexes comprennent une ou plusieurs pompes, des panneaux photovoltaïques et des régulateurs/condensateurs d'énergie (avec une batterie de secours en cas d'urgence).

une description détaillée du fluide hydraulique, des exigences de l'utilisateur, de la hauteur, de la quantité de eau requise et du réservoir de stockage.[23]

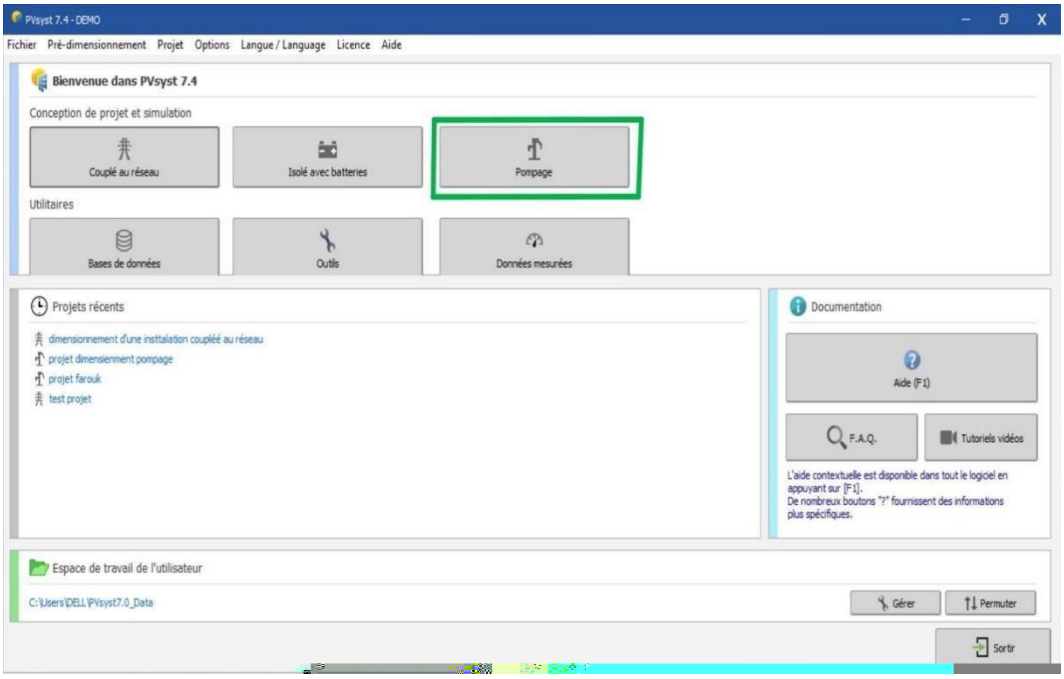


Figure IV.6: Construction et simulation un projet de pompe à l'aide du logiciel PVsyst V7.4.

IV.2.1.1 Identification du projet

Afin de repérer un projet sur PVsystV7.4, il est nécessaire de respecter les deux étapes suivantes :

➢ **Étape1:** Identifier le nom du fichier et le nom du projet.

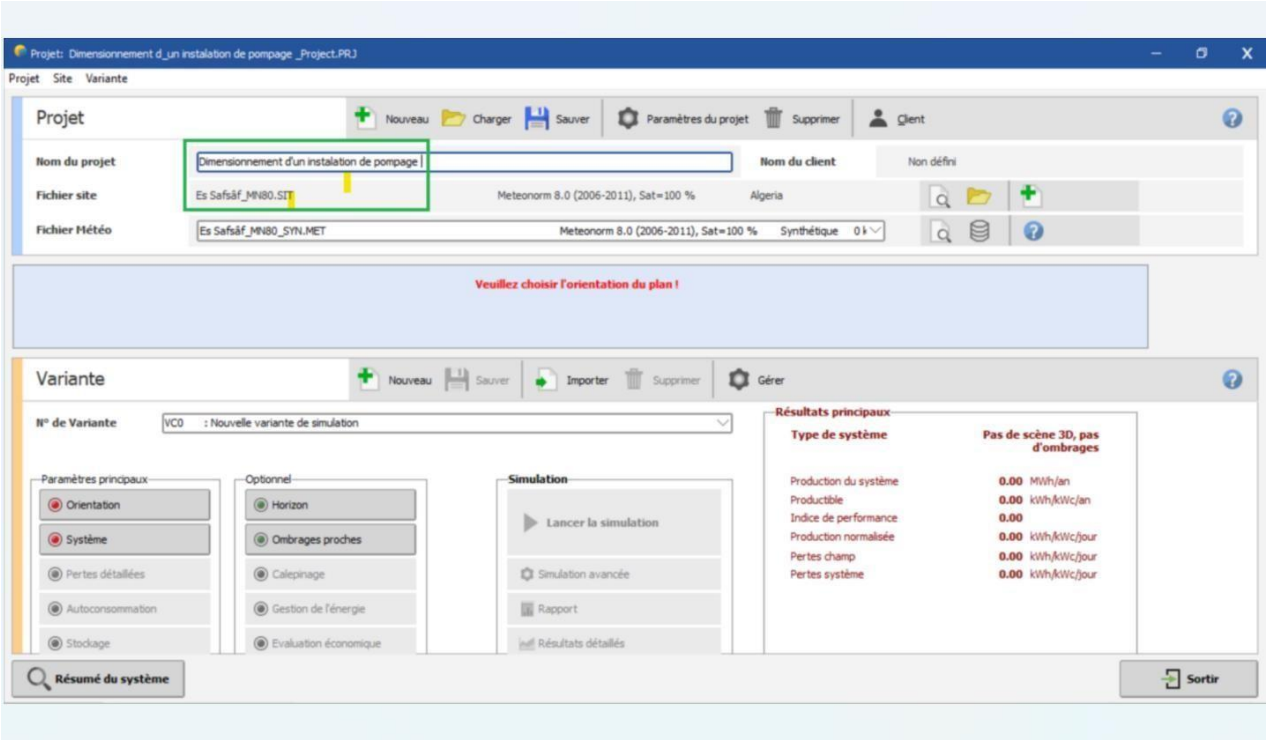


Figure IV.7: Identification du nom de projet et du fichier du site météorologique dans le logiciel PVsystV7.4.

➢ **Étape 2:** Déterminer l'emplacement du projet

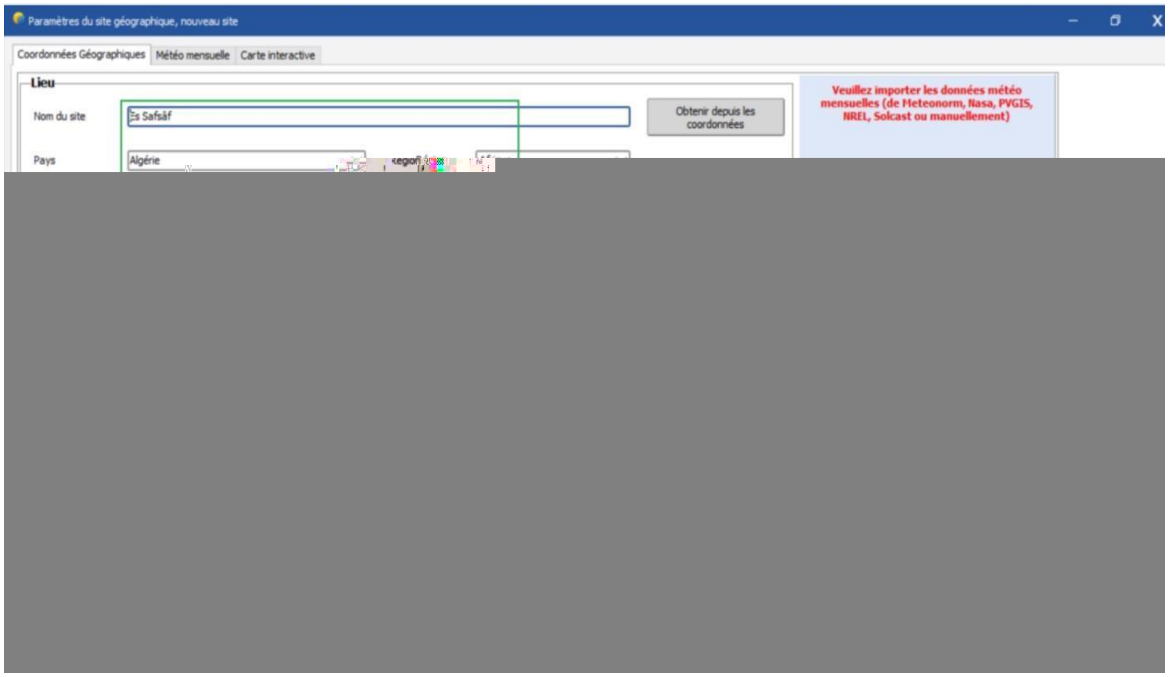


Figure IV.8: Identifier des coordonnées géographiques de la zone d'étude sur PVsystV7.4.

IV.2.1.2 Orientation des panneaux photovoltaïques

Afin de déterminer la meilleure disposition du système photovoltaïque, nous analysons la première variable, qui détermine la direction du champ photovoltaïque,.

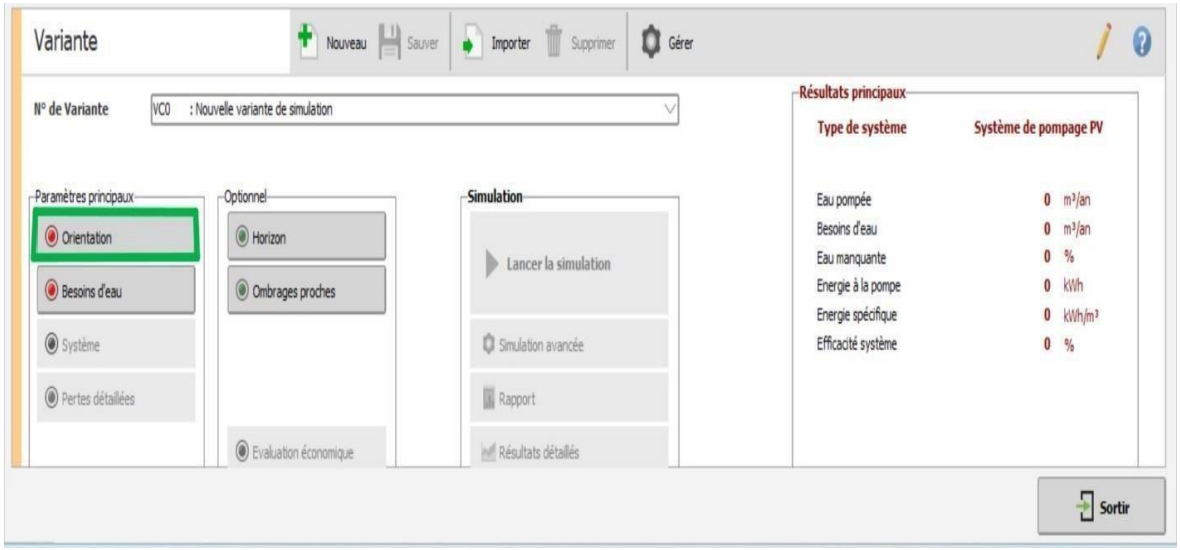


Figure IV.9: Définition de la direction des panneaux solaires dans le logiciel PVsystV7.4.

PVSYST offre une gamme étendue de modes d'orientation planaire pour la simulation, notamment [23]:

- Plan incliné fixe: Il suffit de définir la pente et l'azimut du panneau.
- Directions multiples: Jusqu'à 8 orientations différentes peuvent être définies pour les plans PV.
- Réglage de l'inclinaison saisonnière : L'inclinaison du panneau peut être ajustée de deux manières, avec des valeursd'hiver et d'été sélectionnées.
- Le suivi à un seul axe: En utilisant le suivi à axe unique, on peut suivre le soleil en se déplaçant soit verticalement, soit horizontalement.
- Le mode de suivi à 2 axes : permet de suivre le mouvement du soleil à travers les axes vertical et horizontal.

Une fois que vous avez choisi le mode à pente fixe, il est possible de définir l'orientation du panneau en fonction de la puissance solaire désirée pour une période spécifique (année, hiver ou été).

à l'envers.

L'adaptation des paramètres du champ (plan et inclinaison en azimut) permet d'améliorer l'irradiance incidente Afin de réduire les pertes par rapport à l'objectif optimal prévu.. Le coefficient de transposée transforme la fluctuation de l'énergie in

La transposée est le facteur qui transforme la variation de l'énergie incidente entre le plan oblique et le plan horizontal. Une visualisation claire de l'optimisation de l'emplacement du champ photovoltaïque est accessible en cliquant sur "Afficher l'optimisation".

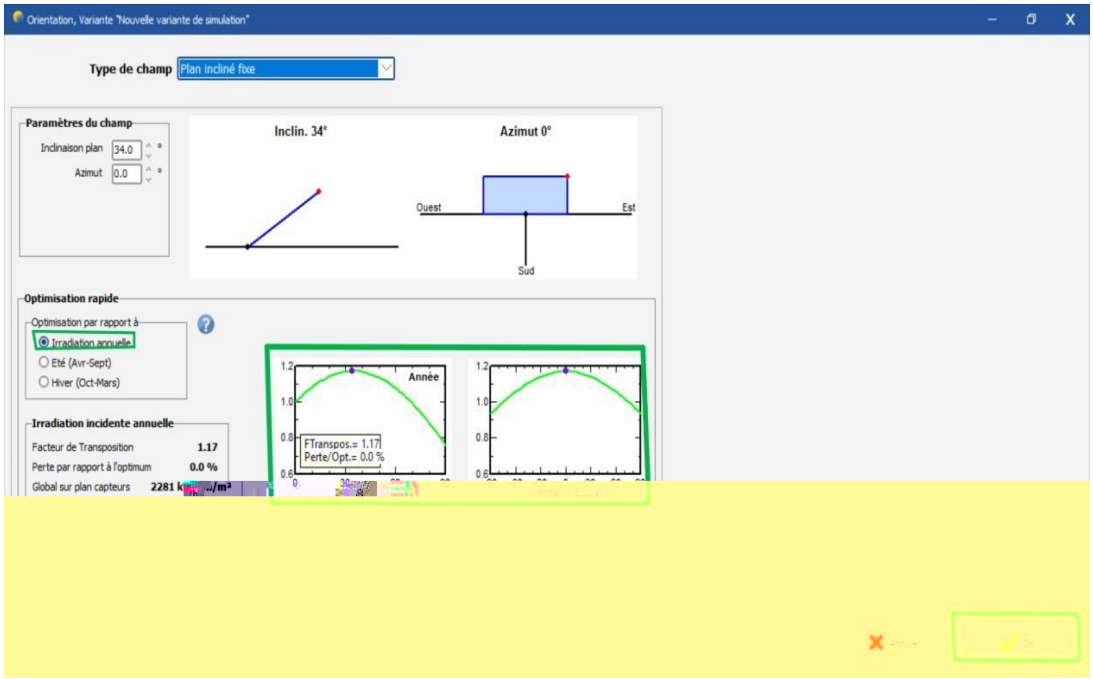


Figure IV.10: Orientation des panneaux photovoltaïques dans le logiciel PVsystV7.4

IV.2.1.3 Définition des besoins en eau

Pour ce réglage, il est nécessaire de spécifier le débit d'eau circulant dans le système hydraulique de la pompe,ainsi que les besoins en eau et la pression requise.

IV.2.1.3.1 Circuit hydraulique du pompage

Après ouverture du menu "Demande d'eau", les réglages suivants doivent être configurés:

- Type de système de pompe [23]. [24] :
- De la source au réservoir
- Des lacs ou rivières au réservoir Pressurisation Meilleures caractéristiques :

  - **Profondeur de décrochage** : la profondeur du niveau d'eau dans un puits sans système de pompe
  - **Hauteur maximale de la pompe** : Niveau maximal de l'eau pompée
  - **Profondeur de la pompe** : Vous devez dépasser la hauteur de la pompe pour éviter le refoulement
  - **Diamètre du forage**
  - **Propriété privée** : Propriété liée à le projet et le forage et l'environnement (0 peut être laissé s'il n'y a pasd'information)

Spécifications du réservoir de stockage :

  - **Taille du réservoir**

- Diamètre du réservoir (calculé pour les réservoirs rectangulaires) selon la relation

$$Diametre = \sqrt{\frac{longueur * largeur * 4}{3.14}}$$

- Hauteur du niveau d'eau en pleine eau (calculée automatiquement)
- Type d'injection : Par le haut (ici la définition de la hauteur supérieure est la suivante : tracée par rapportau sol) ou par le bas (Le réservoir est situé au fond du tuyau de pompe.)

IV.2.1.3.2 Description du système hydraulique :

Choix de la conduite Longueur de la conduite Quantité de coudes : D'autres pertes liées au frottement: selon écarts hydrauliques, valeurs, etc. coefficient de frottement adapté, généralement , avec le choix correct du diamètre du tuyau en fonction de la pression du numéro d'installation.

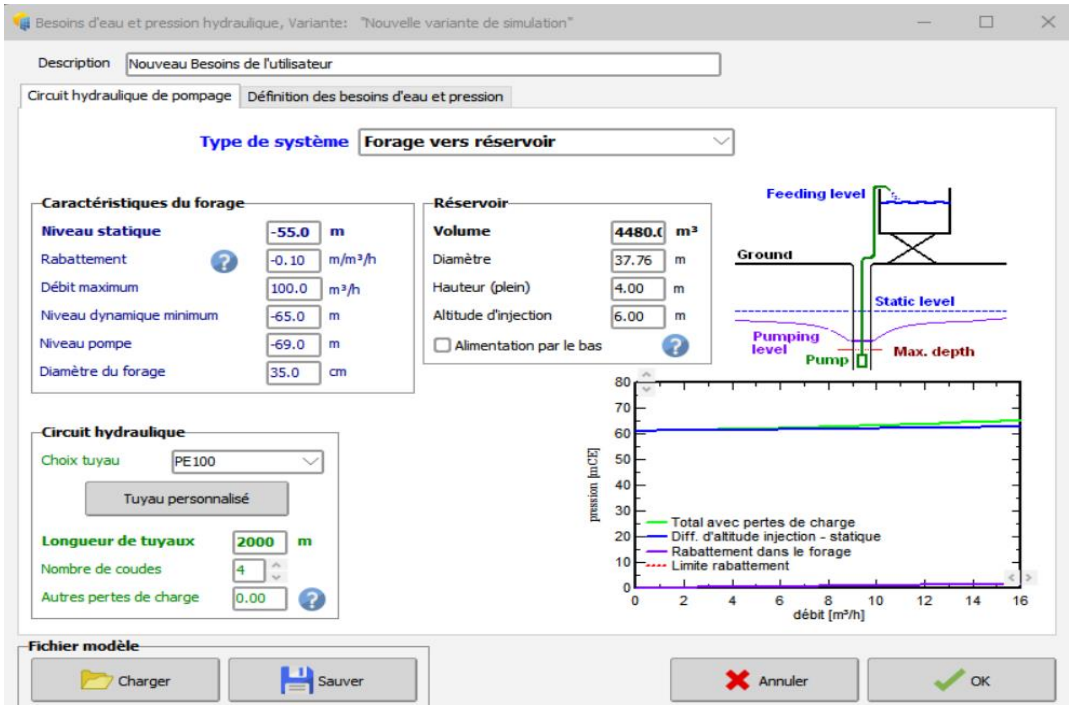


Figure IV.11: Identification du circuit hydraulique de pompage sur PVsyst V7.4.

IV.2.1.3.3 Besoins en eau et pression

On peut définir les besoins en eau en volume pompé soit de manière annuelle (valeur constante), soit enutilisant des valeurs mensuelles ou saisonnières en m3 par jour.

La profondeur statique désigne le niveau statique cité précédemment dans la page (thermohydraulique depompage) [24].

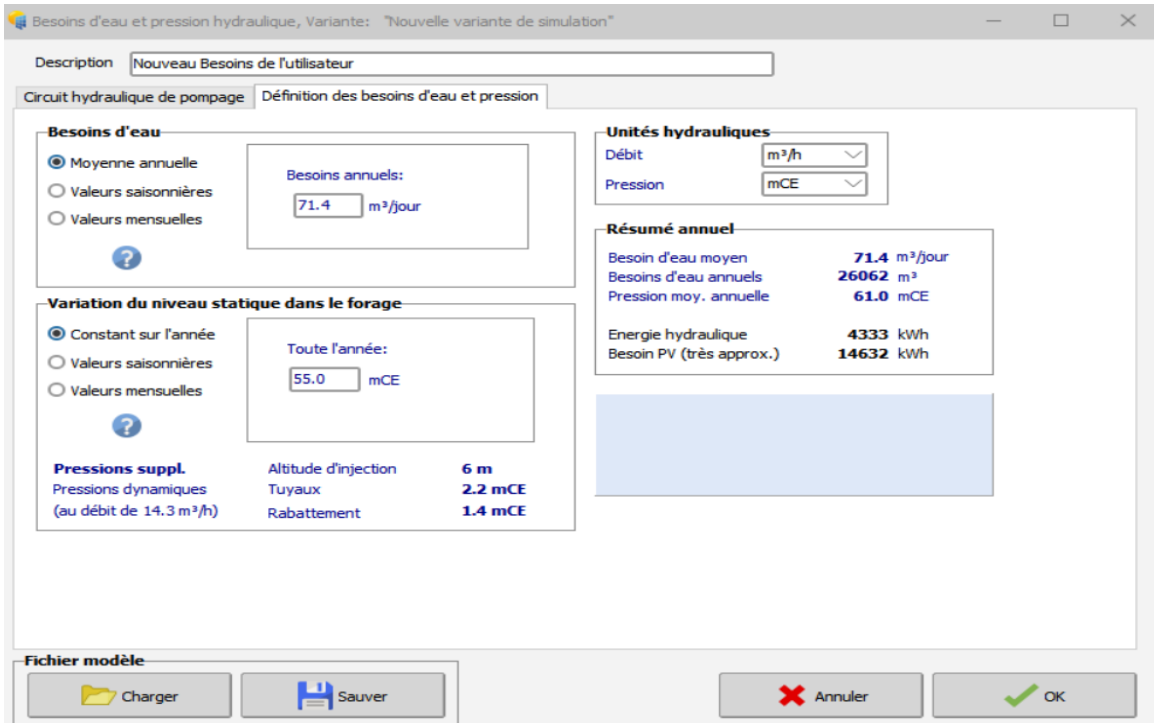


Figure IV.12: Définition des besoins d'eau et de pression dans le logiciel PVsyst V7.4.

0 journaliers sont de 71,4 m^3/jour, Soit :

$$\text{Besoin moyen journalier} = \frac{\text{Besoin annuel}}{365} = \frac{26050}{365} \approx 71{,}4\ m^3/jour$$

IV.2.1.4 Description des propriétés du système de pompage solaire photovoltaïque

Dans cette entrée d'information, il est primordial de spécifier les caractéristiques de la pompe, du champ photovoltaïque et du système de régulation de pompage..

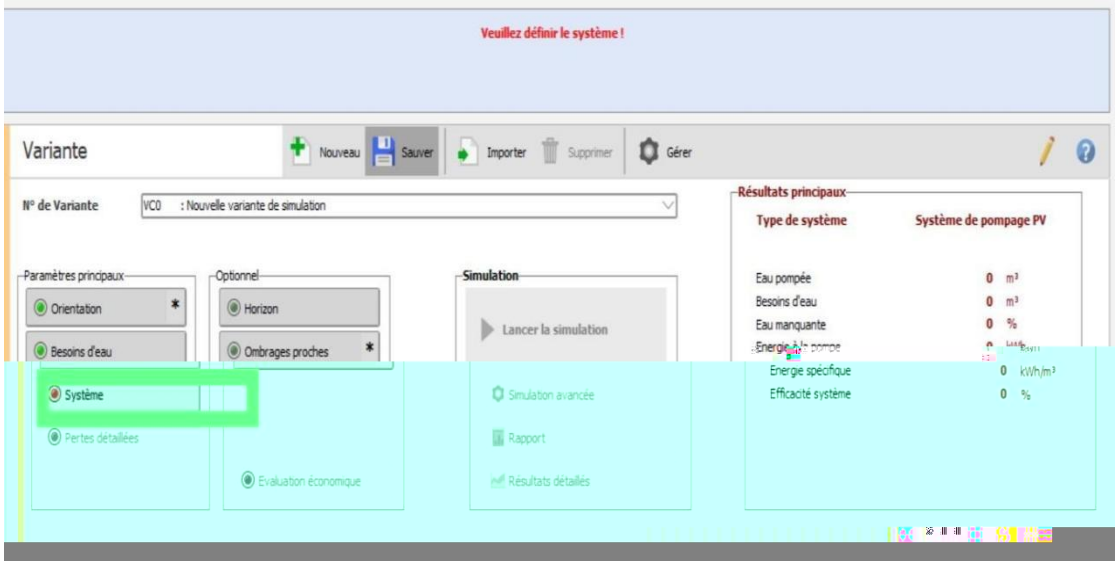


Figure IV.13: Définition du système de pompage solaire dans le logiciel PV syst V7.4.

IV.2.1.4.1 Caractéristiques de la pompe

Dans la partie dédiée à la configuration de la pompe, le logiciel propose diverses options : Sélectionnez parmi une variété de fabricants de pompes en fonction du type (submersible ou de surface) et du moteur (AC ou DC).

AC : alternative courante

DC : continue de courir.

Pour choisir la pompe qui est la plus adaptée à votre système, le logiciel suit cette méthode : Le processus de présélection est basé sur la pression totale, le débit et la puissance de sortie.Les pompes rouges ne correspondent pas à vos exigences, tandis que les pompes orange sont compatibles et mieux adaptées car elles ne répondent pas entièrement à vos besoins. [24].

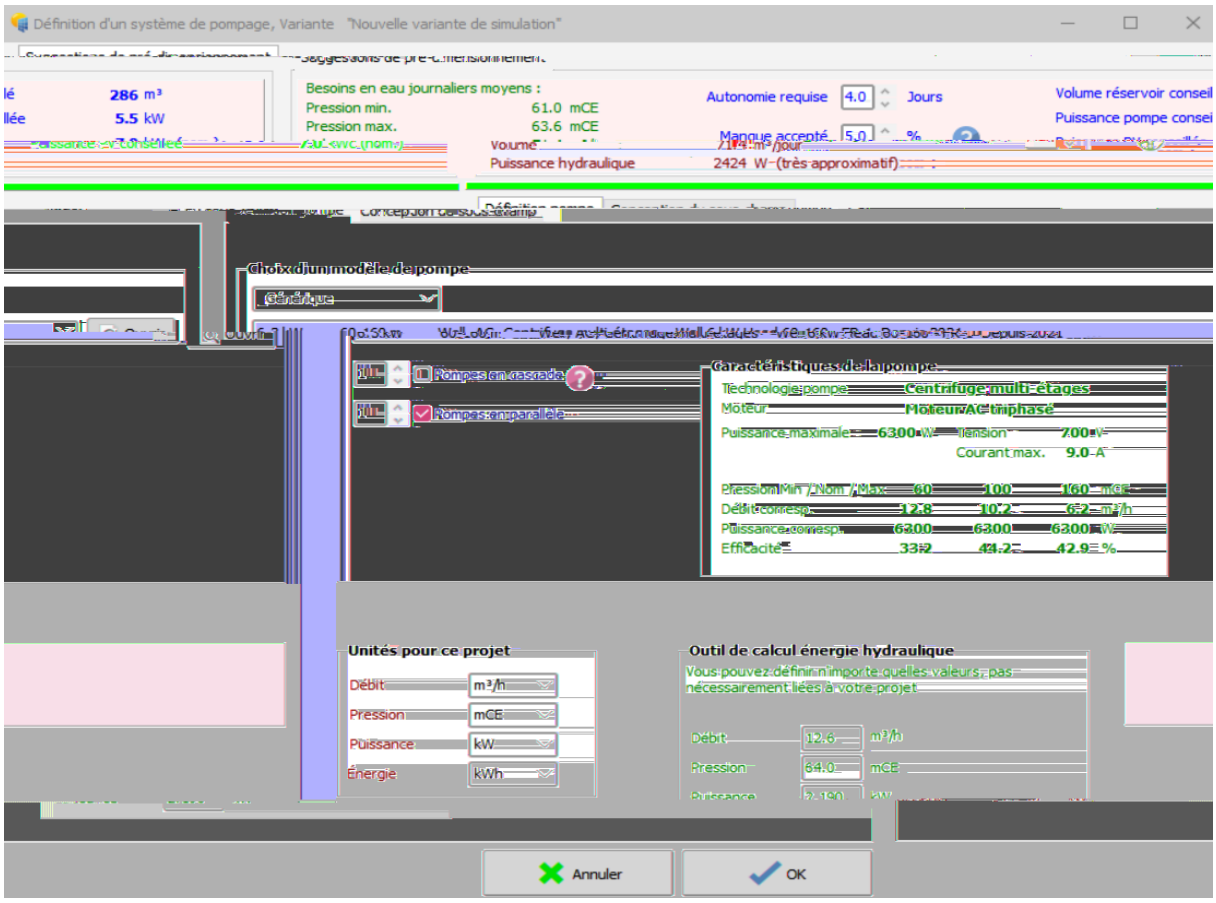


Figure IV.14: Identification de la pompe dans le logiciel PV systV7.4.

proposé par le logiciel, la pompe adéquate pour couvrir les besoins en eau de la ferme étudié 0 2

Nous notons que la pompe utilisée au niveau de la ferme est fortement surdimensionnée.

IV.2.1.4.2 Conception du sous-champ

Les instructions du logiciel sont à suivre sur la page Thèmes de sous-contrôle de la boîte de dialogue du système pour sélectionner le module PV approprié en prenant en compte les couleurs verte, orange et rouge. Ensuite, le mode de contrôle doit être choisi en fonction des indications de couleur verte, jaune et rouge, qui varient selon le type de système, le modèle et le nombre de pompes préalablement sélectionnés.. On y trouve également des messages d'avertissement qui expliquent les causes d'incompatibilité ou de mauvaise conception. Les dispositifs de contrôle disponibles sont déterminés par le modede contrôle sélectionné. En cas de choix du mode de contrôle en utilisant la batterie, veuillez également indiquerles paramètres de celle-ci [24].

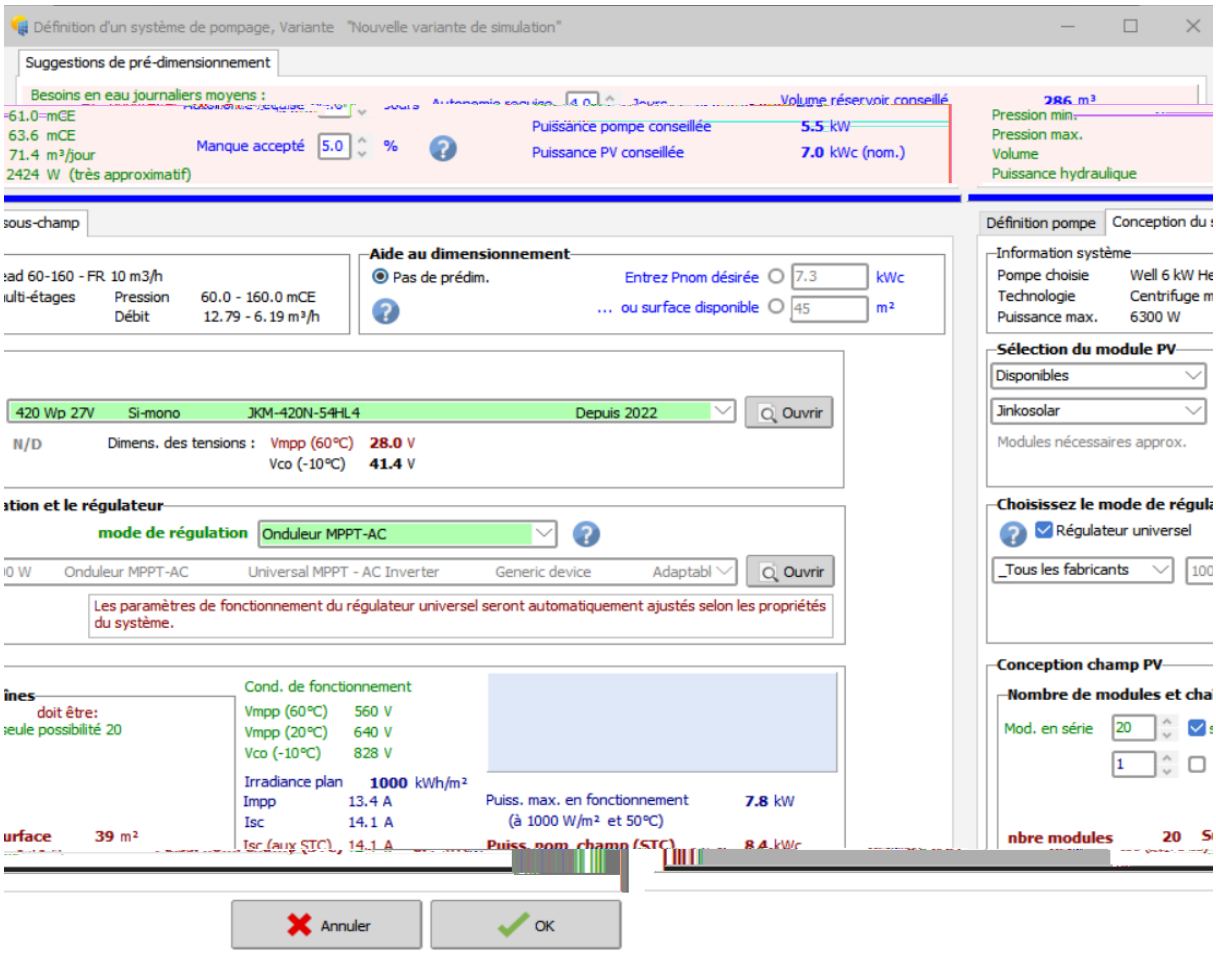


Figure IV.15: logiciel PVsyst V7.4.

IV.2.1.5 Exécution de la simulation

Lorsque la simulation est lancée sur l'interface du projet. tous les boutons sont maintenant verts éventuellement orange ou éteints [24].

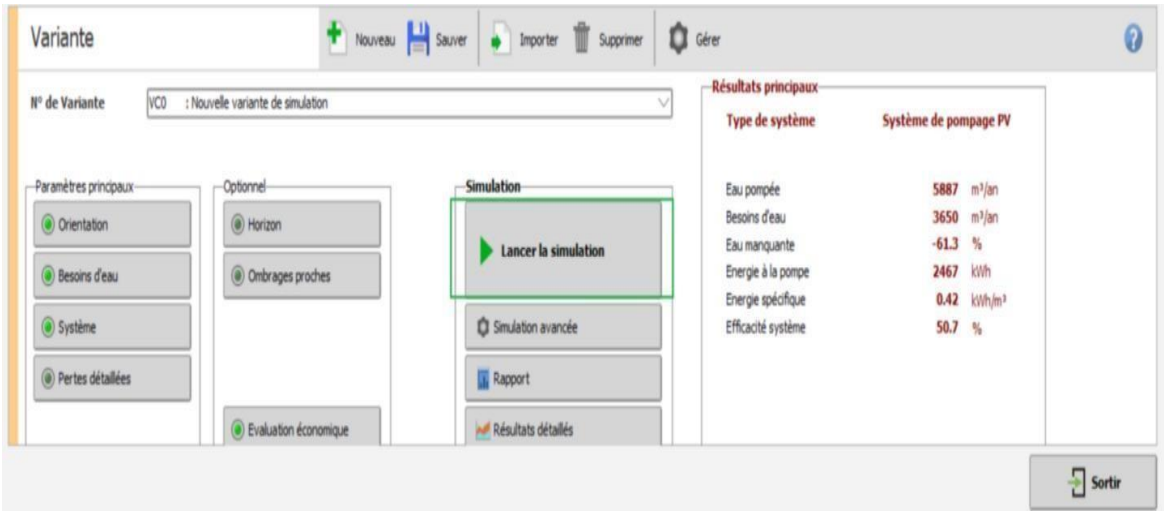


Figure IV.16: Lancement de simulation dans le logiciel PVsyst V7.4

L'activation du bouton « Rapport » permet au logiciel de générer un rapport exhaustif de la simulation, comprenant une description détaillée du système, ainsi que tous les éléments requis, les principales analyses et les résultats (figure. III.17).

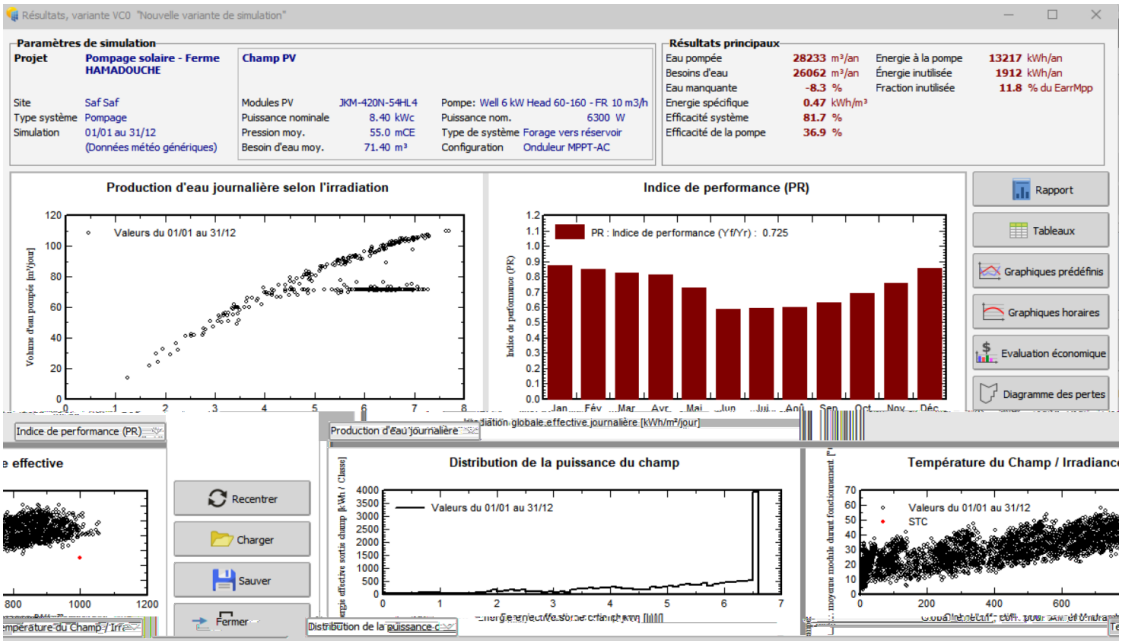


Figure IV.17: Paramètres de simulation dans le logiciel PVsyst V7.4.

Selon les données de la simulation fournies par le logiciel PVsyst, nous avons 4 graphiques distincts qui illustrentla production d'eau journalière en fonction de l'irradiation, de l'indice de performance, La répartition de la force du champ et de la température du champ/irradiance réelle. Grâce au logiciel, il est également possible de réaliser une évaluation économique du projet en enregistrant le montant de l'investissement, les critères de financement et la durée de vie.

L'avantage du logiciel PVsyst 7.4 réside dans sa capacité à réaliser une évaluation économique fine du projet. (fig.III.18).

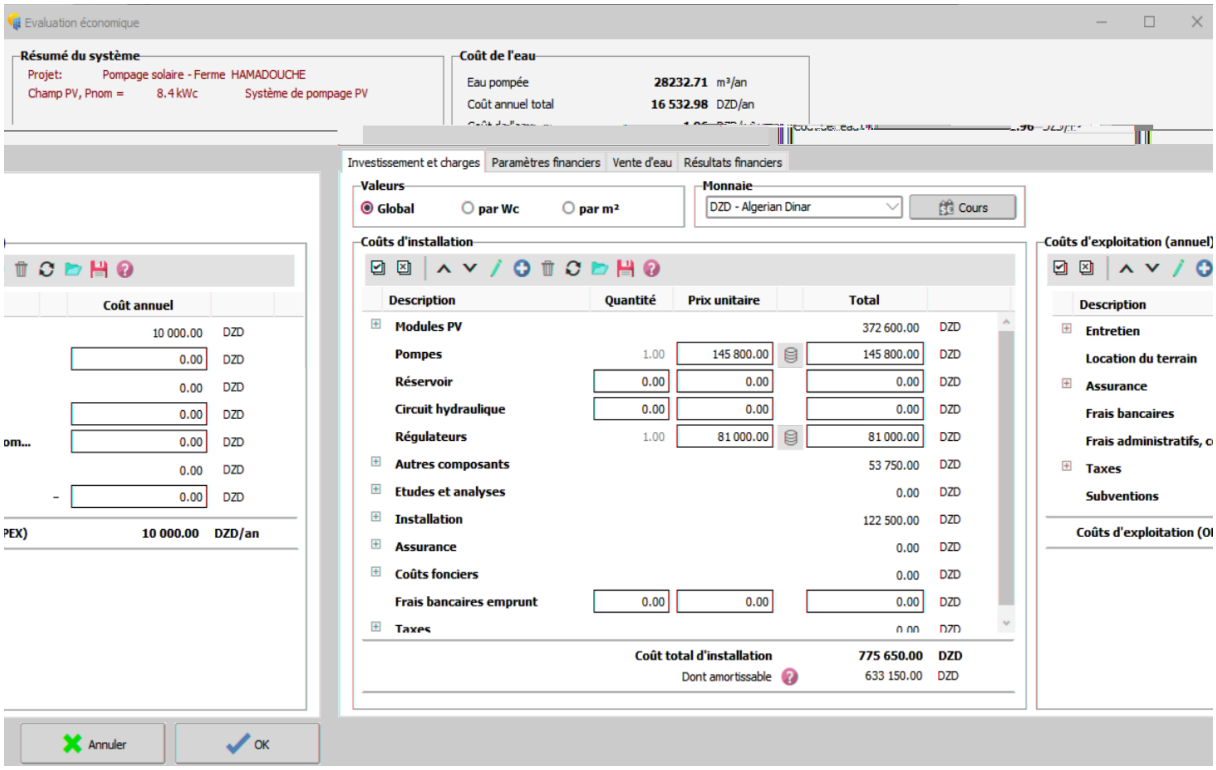


Figure IV.18: l'installation du pompage solaire dans le logiciel PVsystV7.4.

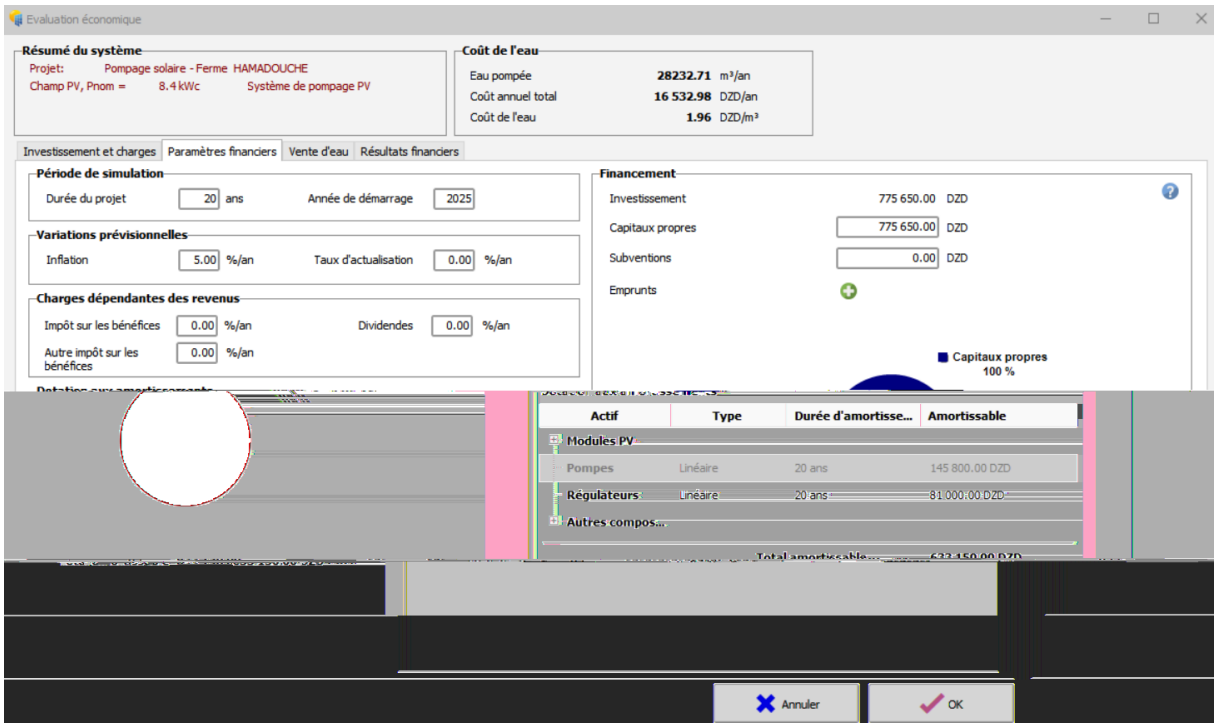


Figure IV.19: 2 2

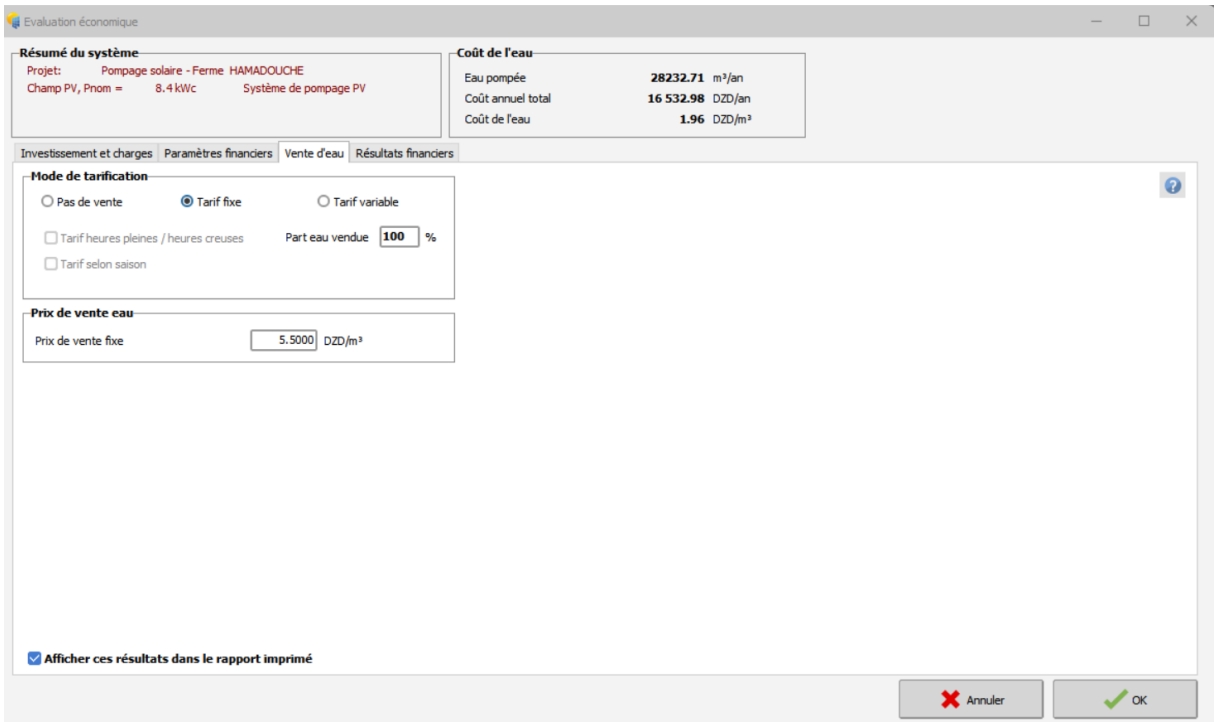


Figure IV.20: Vente d 2 2

La figure III.21 PVsyst nous donne également la possibilité d'inclure l'investissement lié à la vente d'eau.

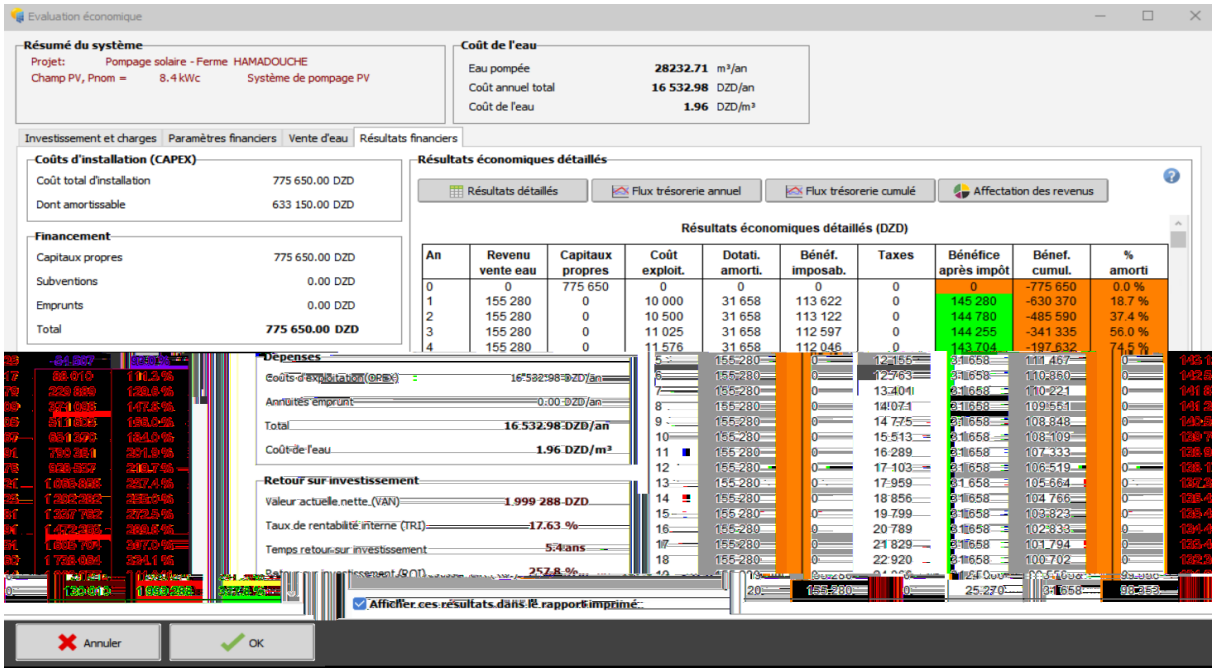


Figure IV.21: Résultats financiers de l'installation du pompage solaire dans le logiciel PVsyst V7.4.

0 0

logiciel PVsyst fournit des résultats économiques détaillés permettant de déduire le temps de retour sur investissement.

IV.2.1.6 Rapport sur la conception d'une installation de pompage photovoltaïque

Résumé du projet

Site géographique	Situation		Paramètres du projet	
Saf Saf	Latitude	34.91 °N	Albédo	0.20
Algérie	Longitude	-1.27 °W		
	Altitude	255 m		
	Fus. horaire	UTC+1		

Données météo
Saf Saf
Meteonorm 8.1 (1996-2010), Sat=100 % - Synthétique

Résumé du système

Système de pompage PV
Simulation pour l'année no 1

Forage vers réservoir

Orientation plan capteurs
Plan fixe
Inclinaison/Azimut 35 / 0 °

Besoins d'eau
Constant sur l'année 71.40 m³/jour

Information système
Champ PV
Nb. de modules 20 unités
Pnom total 6.00 kWc

Résumé des résultats

Eau		Énergie		Efficacités	
Eau pompée	28249 m³	Energie à la pompe	8427 kWh	Efficacité système	74.1 %
Spécifique	758 m³/kWc/bar	Spécifique	0.30 kWh/m³	Efficacité de la pompe	58.2 %
Besoins d'eau	26062 m³	**Inutilisé (réservoir plein)**			
Eau manquante	-8.4 %	Energie PV inutilisée	1871 kWh		
		Fraction inutilisée	16.4 %		

Table des matières

Résumé du projet et des résultats ____ 2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système ____ 3
Résultats principaux ____ 5
Diagramme des pertes ____ 6
Graphiques prédéfinis ____ 7
Coût du système ____ 8
Analyse financière ____ 9

Figure IV.22: 2

Paramètres généraux

Système de pompage PV

Forage vers réservoir

Besoins du système
Pression de base 61 mCE

Besoins d'eau
Constant sur l'année 71.40 m³/jour

Caractéristiques du forage
Prof. du niveau statique -55 m
Rabattement -0.10 m/m³/h
Diamètre 35 cm
Niveau pompe -69 m
Niveau dynamique minimum -65 m

Réservoir
Volume 4480.0 m³
Diamètre 37.8 m
Alimentation par le haut
Altitude d'injection 6.0 m
Hauteur (niveau plein) 4.0 m

Circuit hydraulique
Longueur de tuyaux 2000 m
Tuyaux RE100
Joint 120 mm

Orientation plan capteurs
Plan fixe
Inclinaison/Azimut 35/0

Champ PV et pompe

Module PV
Fabricant Jinkosolar
Modèle JKM 300M-60
(Base de données PVsyst originale)
Puissance unitaire 300 Wc
Nb. de modules 20
Nb. de modules (STC) 6.00 kWc
Nb. de chaînes 2 ch. 10 mod.
Aux cond. de fonct. (50°C)
Pmpp 5.44 kWc
U mpp 287 V
I mpp 19 A

Puissance PV totale
Nb. pompes resp. 5
Puissance req. 3.42 4.54 3597 W

Pompe
Fabricant Lowara
Modèle 12GS40
Technologie pompe Centrifuge multi-étages
Pompe immergée (forage)
Moteur AC, 4" hélicoïdal

Convertisseur associé ou intégré
Type MPPT
Plage de tension 100 - 600 V

Cond. de fonctionnement

	Pression min.	Pression nom.	Pression max.
	47.0	82.0	110.0

Nominale (STC) 6 kWc
Total 20 modules

Appareil de contrôle
Modèle Appareil générique (optimisé selon ce système)
Configuration du système Onduleur MPPT-AC

Contrôleur système de pompage
Contrôle de fonctionnement du système
Régulateur générique, param. ajustés selon le système
Convertisseur de puissance
Type Onduleur MPPT-AC
Cond. de fonctionnement
Puissance nominale 4200 W
Puissance seuil 42 W
Efficacité maxi 96.0 %
Efficacité EURO 94.0 %
Tension MPP minimale 100 V
Tension MPP maximale 600 V
Tension champ max. 600 V
Courant d'entrée maximum 20.0 A

Pertes système

Encrassement du champ
Frac. pertes 3.0 %

Fact. de pertes thermiques
Température modules selon l'irradiance
Uc (const) 29.0 W/m²K
Uv (vent) 0.0 W/m²K/m/s

Pertes câblage DC
Rés. globale champ 254 mΩ
Frac. pertes 1.5 % aux STC

Perte de qualité module
Frac. pertes -0.8 %

Pertes de mismatch modules
Frac. pertes 2.0 % au MPP

Perte de "mismatch" strings
Frac. pertes 0.2 %

Dégradation moyenne des modules
Année no 1
Facteur de pertes 0.4 %/an

Mismatch dû à la dégradation
RMS dispersion sur Imp 0.4 %/an

Facteur de perte IAM
Paramétris. ASHRAE: IAM = 1 - bo (1/cosi -1)
Param. bo 0.05

Figure IV.23: 2

Résultats principaux

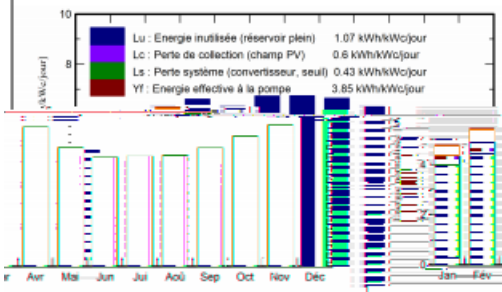
Production du système

Eau		Énergie		Efficacités	
Eau pompée	28249 m³	Energie à la pompe	8427 kWh	Efficacité système	74.1 %
Spécifique	758 m³/kWc/bar	Spécifique	0.30 kWh/m³	Efficacité de la pompe	58.2 %
Besoins d'eau	26062 m³	**Inutilisé (réservoir plein)**			
Eau manquante	-8.4 %	Energie PV inutilisée	1871 kWh		
		Fraction inutilisée	16.4 %		

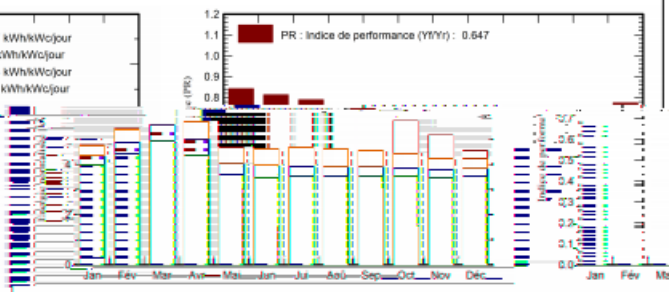
Evaluation économique

Investissement		Coût annuel		Coût spécifique	
Global	775 650.00 DZD	Annuités	0.00 DZD/an	Coût de l'eau	0.35 DZD/m³
Spécifique	129 DZD/Wc	Coût exploit.	16 532.98 DZD/an	Coût de l'énergie	1.19 DZD/kWh

Productions normalisées (par kWp installé)



Indice de performance (PR)



	WPumped m³	W_Used m³	W_Miss m³
	2523	2213	0.000
	2477	1999	0.000
	3092	2213	0.000
	2661	2142	0.000
	2251	2213	0.000
	2142	2142	0.000
	2213	2213	0.000
	2213	2213	0.000
	2142	2142	0.000
	2212	2213	0.000
	2100	2142	0.000
	2223	2213	0.000
	28249	26062	0.000

Bilans et résultats principaux

	GlobEff kWh/m²	EArrMPP kWh	E_PmpOp kWh	ETkFull kWh	H_Pump mCE
Janvier	141.1	813	749.4	0.0	63.18
Février	145.1	828	744.0	0.0	63.33
Mars	185.4	1045	925.3	0.0	63.42
Avril	187.4	1046	793.9	125.4	63.45
Mai	184.0	1017	668.0	241.8	63.23
Juin	190.0	1034	633.0	299.7	63.38
Juillet	197.0	1052	659.9	297.6	63.29
Août	194.6	1037	657.8	291.3	63.34
Septembre	179.1	970	642.1	243.1	63.22
Octobre	169.5	933	666.4	191.8	63.12
Novembre	147.5	835	629.9	132.4	63.21
Décembre	134.8	770	657.3	48.4	63.42
Année	2055.5	11378	8427.0	1871.4	63.30

Légendes

GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
EArrMPP Energie champ, virtuelle au MPP
E_PmpOp Energie de fonctionnement pompe
ETkFull Energie inutilisée (réservoir plein)
H_Pump Pression totale moyenne à la pompe

WPumped Volume
W_Used Eau co
W_Miss Eau m

e d'eau pompée
nsommée
anquante

Figure IV.24: 2

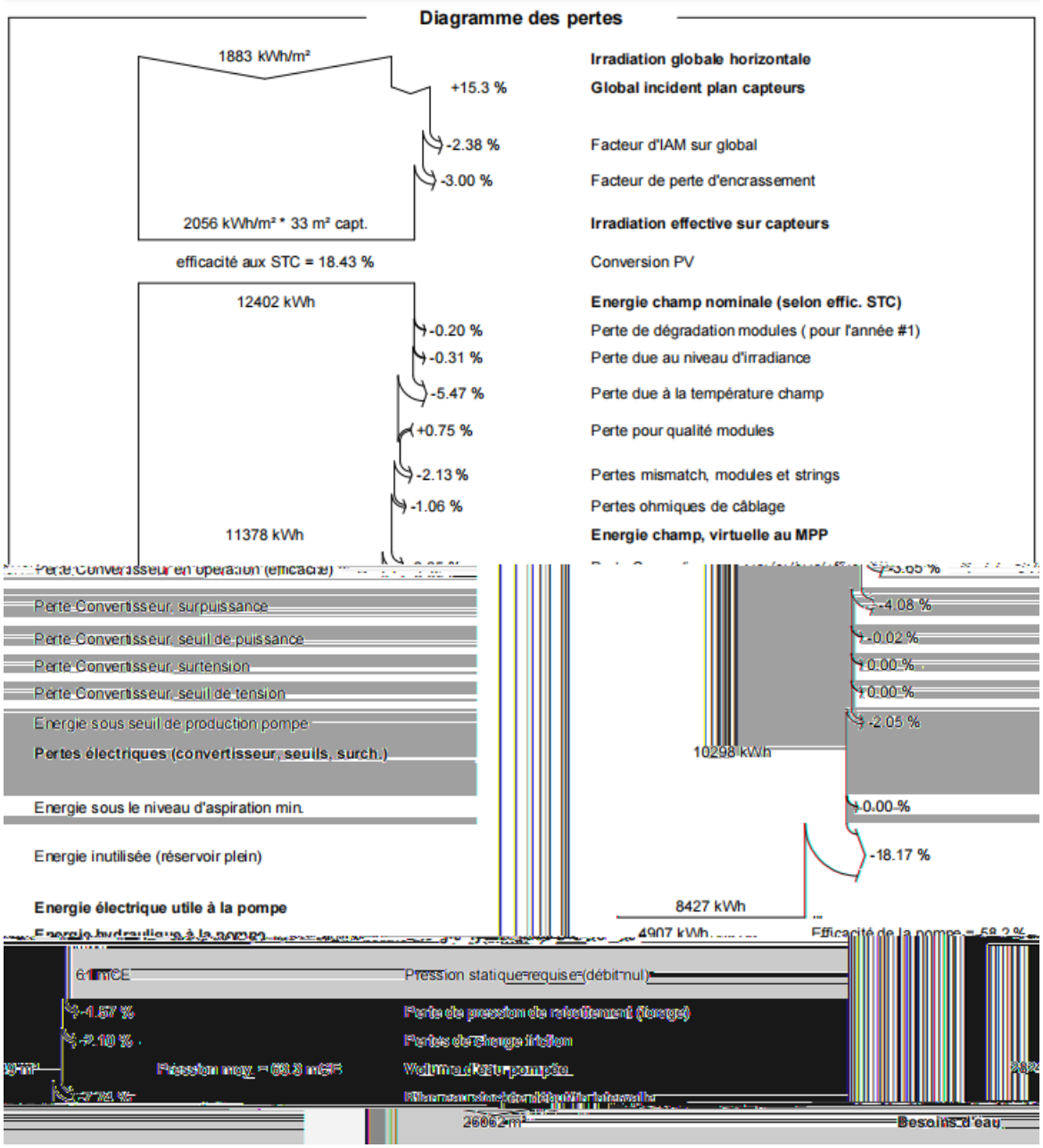


Figure IV.25: 2

IV.2.1.7 Interprétation des résultats du dimensionnement de l'installation du pompage solaire

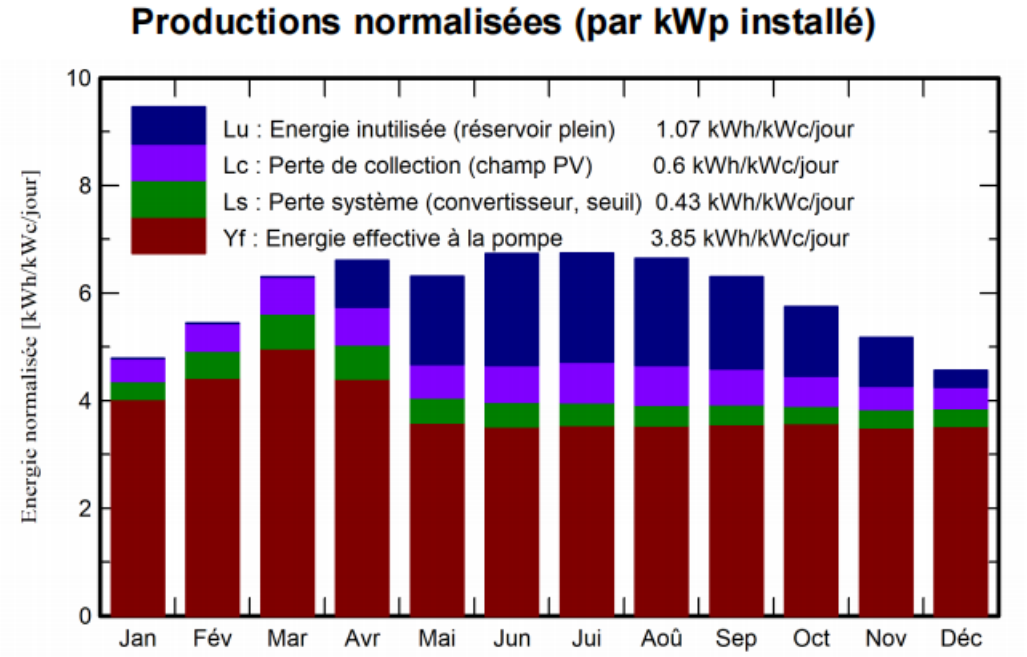


Figure IV.26: 2

D'après le diagramme des productions normalisées (Figure III.26), nous observons que l'énergie 0 0 météorologiques et climatologiques liées a chaque mois, en particulier, 0 2 3,85 KWh/KWc/jour.

Nous remarquons également qu 0 0 2 Nous 504 KWh/KWc/jour.

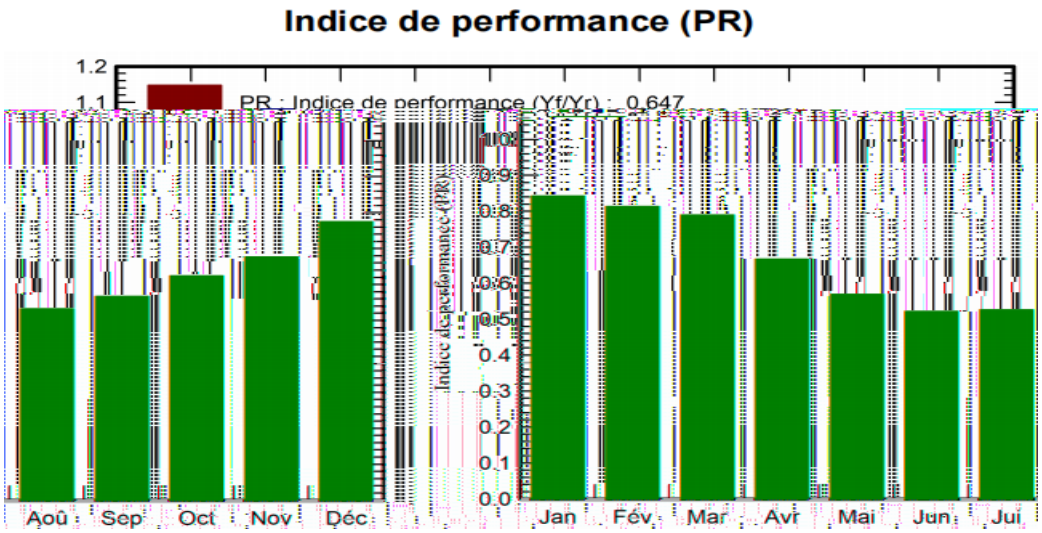


Figure IV.27: 2

Selon la figure III.27, nous remarquons que l'indice de performance atteint sa valeur maximale de 85% durant la période hivernale, et sa valeur minimale de 54% durant le période estivale.

faible.

Bilans et résultats principaux

	GlobEff kWh/m²	EArrMPP kWh	E_PmpOp kWh	ETkFull kWh	H_Pump mCE	WPumped m³	W_Used m³	W_Miss m³
2213	0.000	Janvier	141.1	813	744.4	0.0	63.18	2523
1999	0.000	Février	145.1	828	744.0	0.0	63.33	2477
2213	0.000	Mars	185.4	1046	925.3	0.0	63.42	3092
2142	0.000	Avril	187.4	1046	793.9	125.4	63.45	2661
2213	0.000	Mai	184.0	1017	668.0	211.8	63.23	2251
2142	0.000	Juin	190.0	1034	633.0	299.7	63.38	2142
2213	0.000	Juillet	197.0	1052	659.9	297.6	63.29	2213
2213	0.000	Août	194.6	1037	657.8	291.3	63.34	2213
2142	0.000	Septembre	179.1	970	642.1	243.1	63.22	2142
2213	0.000	Octobre	169.5	933	666.4	191.8	63.12	2212
2142	0.000	Novembre	147.5	835	629.9	132.4	63.21	2100
2213	0.000	Décembre	134.8	770	657.3	48.4	63.42	2223
26062	0.000	Année	2055.5	11378	8427.0	1871.4	63.30	28249

Légendes

GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages	WPumped	Volume d'eau pompée
EArrMPP	Energie champ, virtuelle au MPP	W_Used	Eau consommée
E_PmpOp	Energie de fonctionnement pompe	W_Miss	Eau manquante
ETkFull	Energie inutilisée (réservoir plein)		
H_Pump	Pression totale moyenne à la pompe		

Figure IV.28: Tableau des bilans et résultats principaux

D'après le tableau des bilans et résultats principaux (Figure IV.28) ,

^{3} et 26062 m^3, ce qui signifie que

de sa durée de vie.

IV.2.1.8 Analyse économique de l'installation du pompage solaire au niveau de la ferme HAMADOUCHE

Analyse financière

Période de simulation

Durée du projet	20 ans	Année de démarrage	2025

Variation des revenus dans le temps

Inflation	5.00 %/an
Variation de la production (vieillissement)	0.00 %/an
Taux d'actualisation	0.00 %/an

Immobilisations amortissables

Actif	Type d'amortissement	Durée d'amortissement (ans)	Valeur résiduelle finale (DZD)	Amortissable (DZD)
Modules PV				
JKM 300M-60	Linéaire	20	0.00	291 600.00
Supports des modules	Linéaire	20	0.00	81 000.00
Pompes	Linéaire	20	0.00	145 800.00
Régulateurs	Linéaire	20	0.00	81 000.00
Accessoires, fixation, visserie	Linéaire	20	0.00	33 750.00
		Total	0.00	633 150.00

Financement

Capitaux propres	775 650.00 DZD

Vente d'eau

Tarif de rachat	5.5000 DZD/m³

Retour sur investissement

Temps retour sur investissement	5.4 ans
Valeur actuelle nette (VAN)	2 001 093.89 DZD
Taux de rentabilité interne (TRI)	17.64 %
Retour sur investissement (ROI)	258.0 %

Figure IV.29: 2

u pompage solaire étudiée (Figure IV.30), ce qui nous permet de constater que ce projet est rentable pour un temps de retour sur investissement de 5,4 ans.

, -

manuellement selon la formule suivante :

$$N = \frac{\text{Frais de financement}}{\text{Coût de 1 m}^3\text{ d'eau pompée} \times \text{Recettes annuelles}}$$

$$N = \frac{775650}{5{,}5 \times 26050} = 5{,}4 \text{ ans}$$

4 2

IV.2.2 Dimensionnement d'une installation solaire connectée au réseau dans un village en utilisant le logiciel PVsystV7.4.

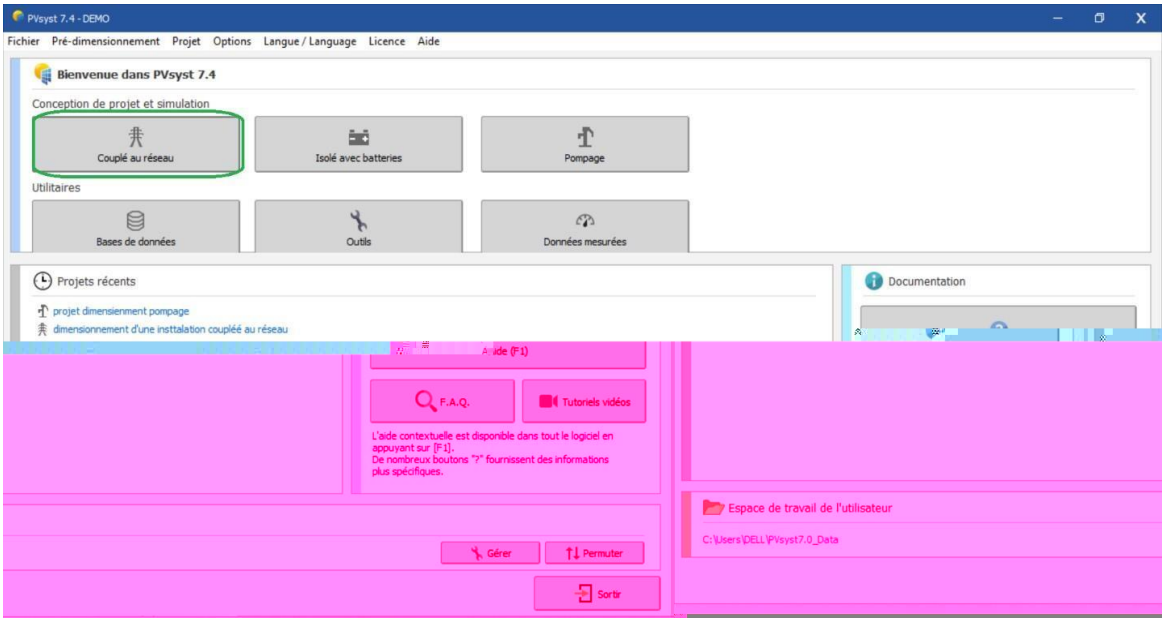


Figure IV.30: Création et simulation d'un projet en lien avec le réseau.

IV.2.2.1 Identification du projet d'installation solaire couplée au réseau

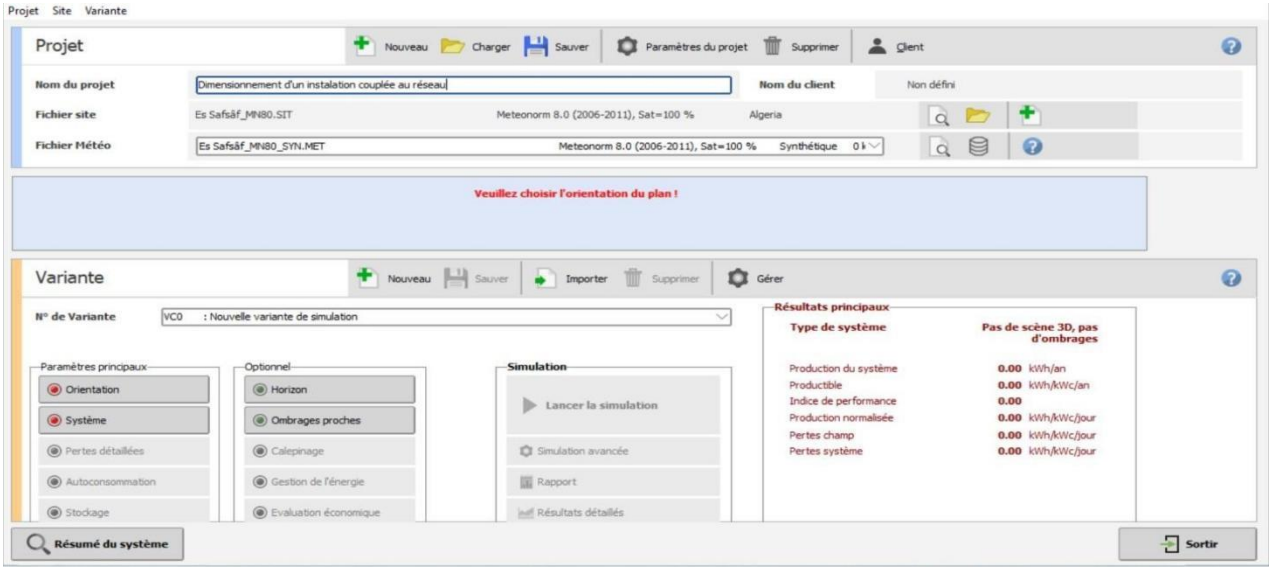


Figure IV.31: Définition du projet et du fichier.

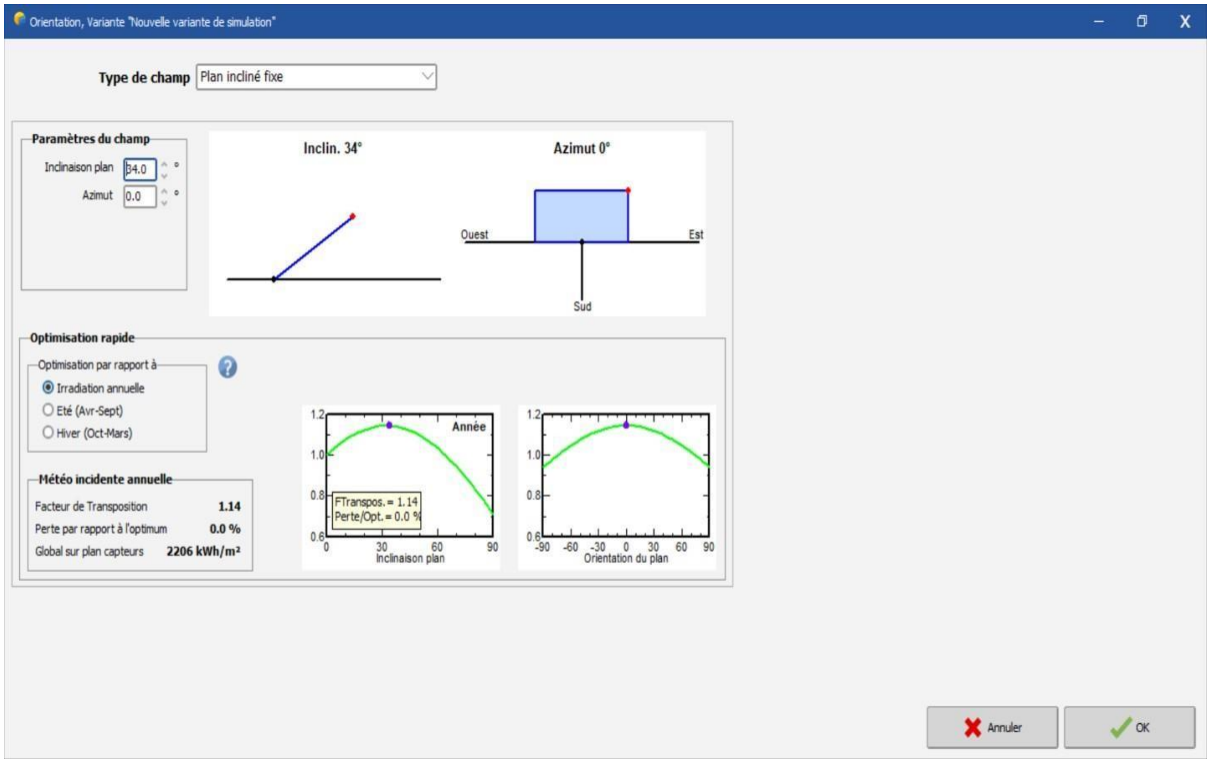


Figure IV.32: L'orientation des panneaux photovoltaïques dans le logiciel PV syst est identifiée.

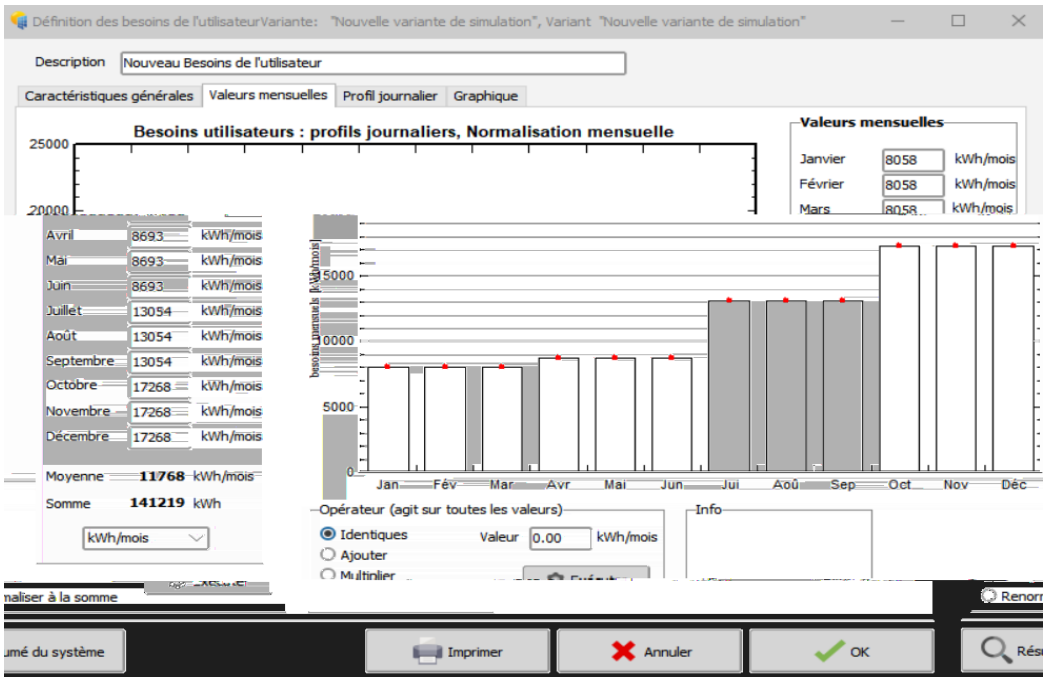


Figure IV.33: Identification de la consommation électrique mensuelle.

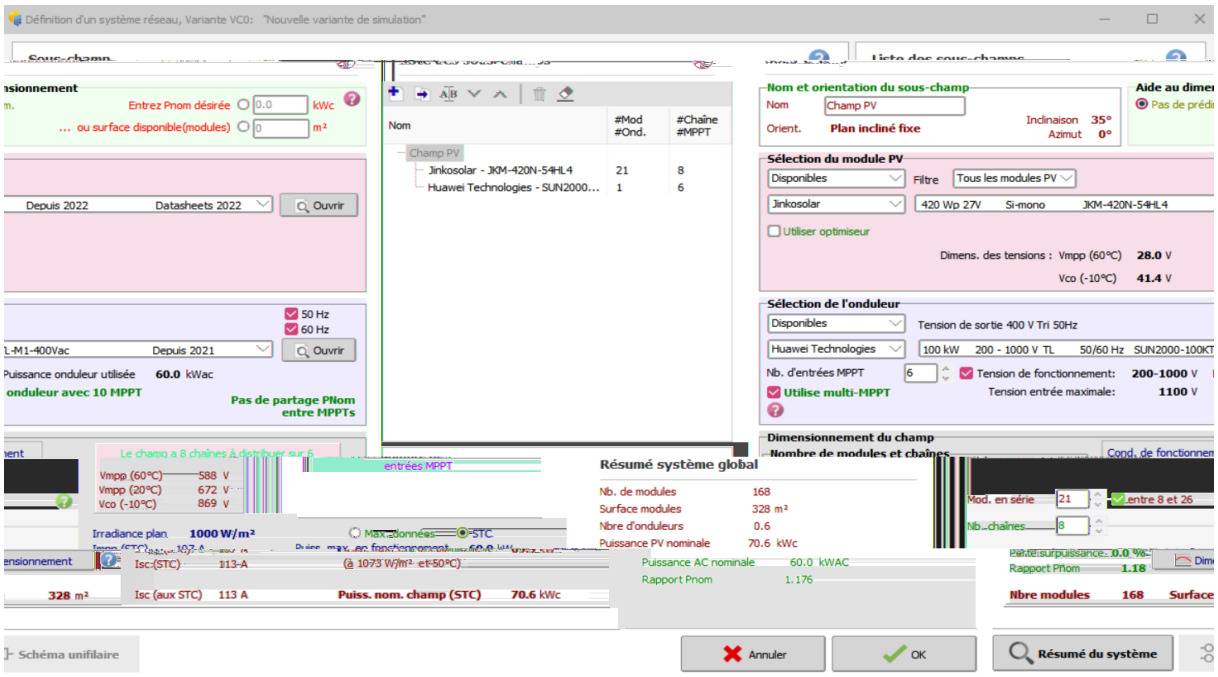


Figure IV.34: Dimensionnement 2

Le logiciel PV syst offre de nombreuses options. Après avoir déterminé la consommation électrique, il fournit les informations clé suivantes :

- La puissance nominale totale du système : 70,6 KWc,
- Le nombre de module photovoltaique :168,
- La superficie du champs photovoltaique :328 m^2,
- 544 2

IV.2.2.2 Simulation de l'installation couplée au réseau

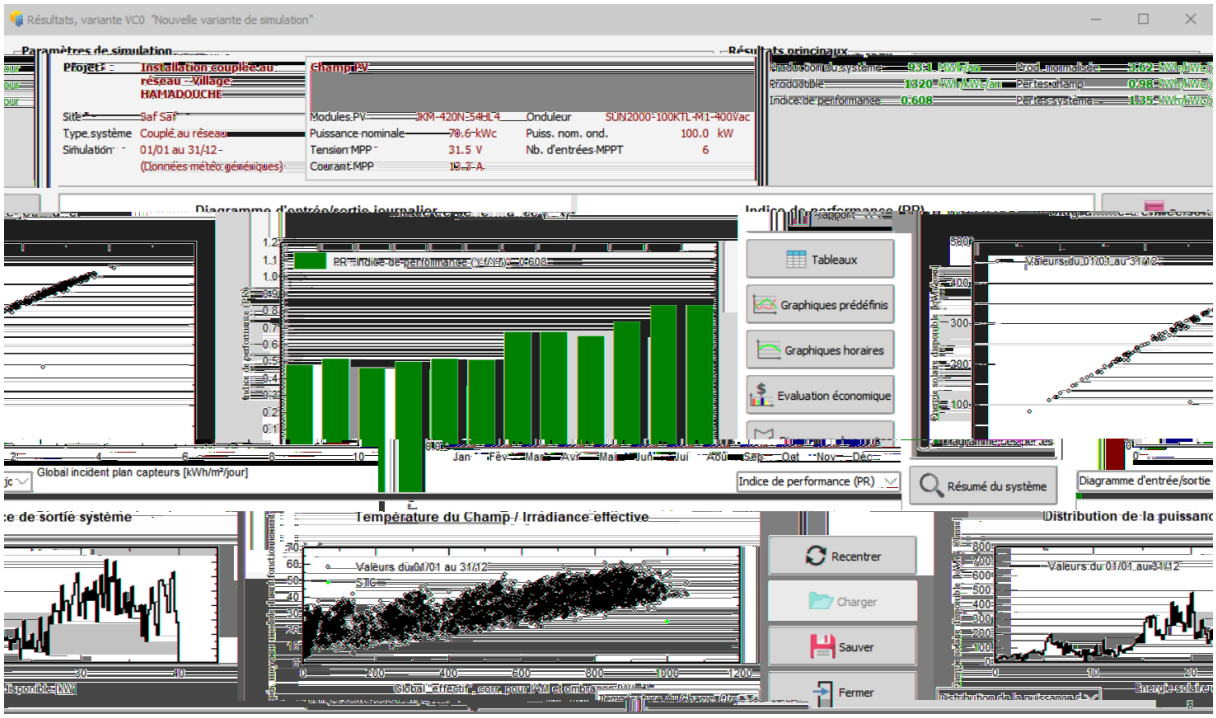


Figure IV.35: Résultats et analyse dans le logiciel PV syst V7.4.

- Le logiciel PV syst fournit quatre diagrammes uniques. Affichant le schéma d'entrée/sortie quotidien, l'indice de performance, la répartition de la puissance de sortie du système et la température du champ/irradiance réelle.

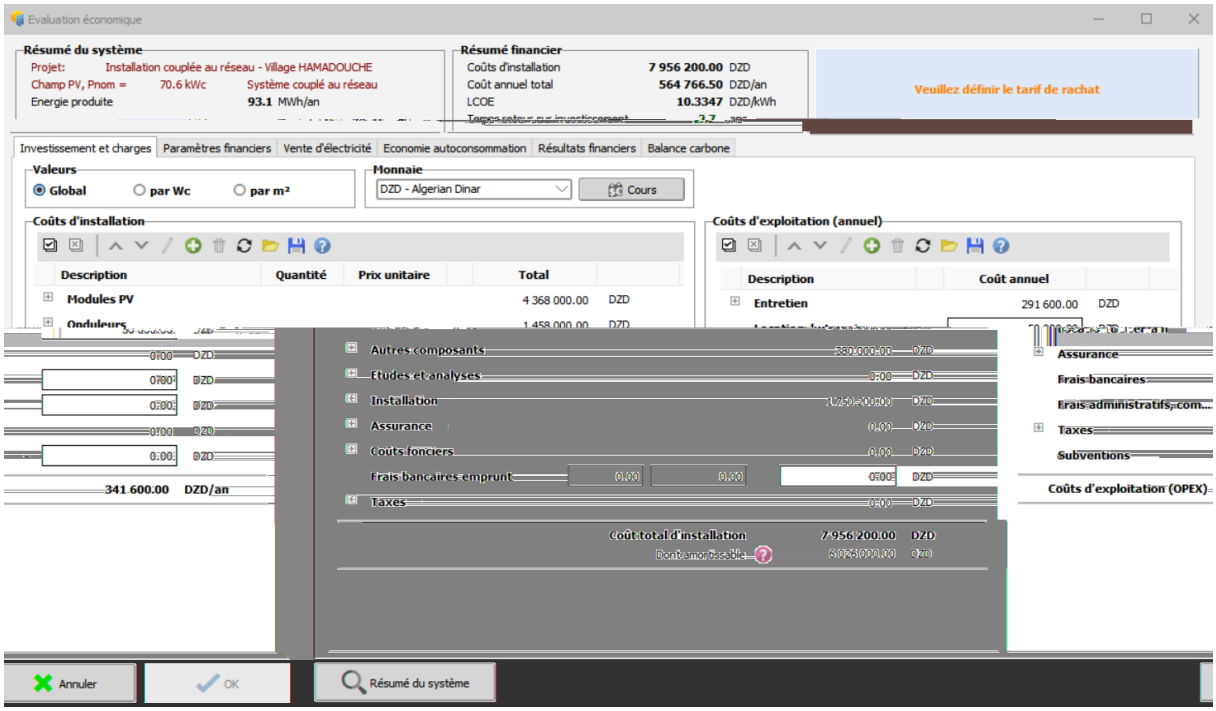


Figure IV.36: Le coût de l'installation et la charge raccordée au réseau dans le logiciel PVsyst V7.4.

.

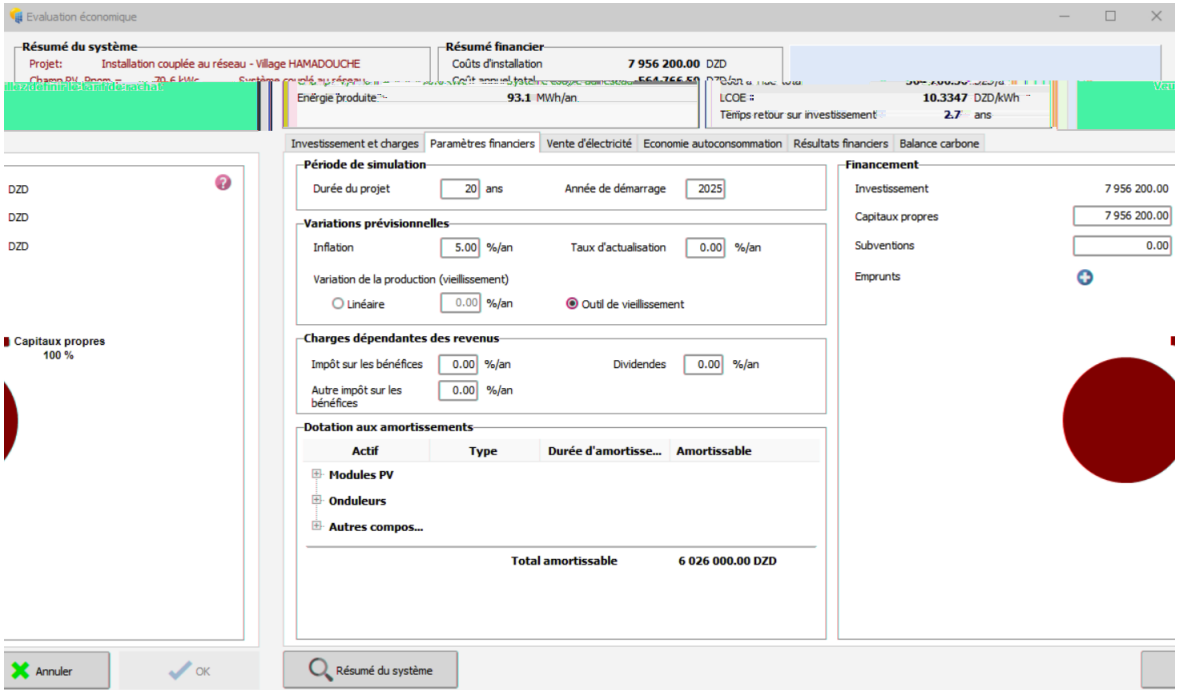


Figure IV.37: Les caractéristiques financières de l'installation solaire raccordée au réseau.

- Il est également possible d'inclure l'investissement provenant de la vente d'électricité sur le logiciel de PVsyst.

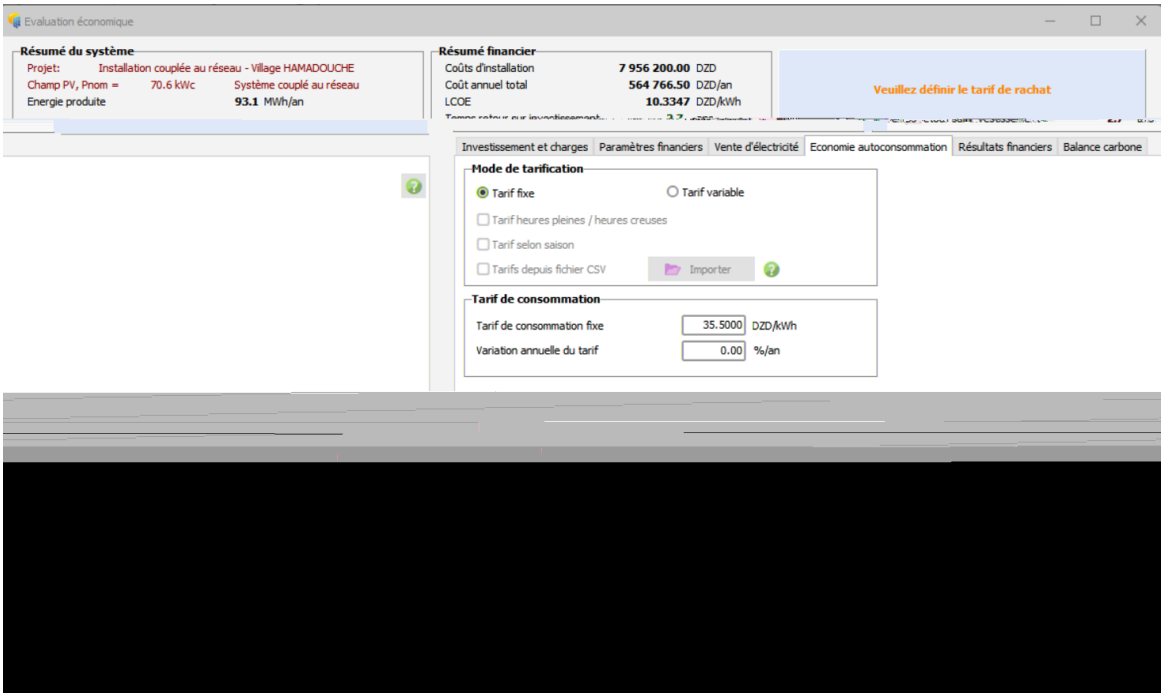
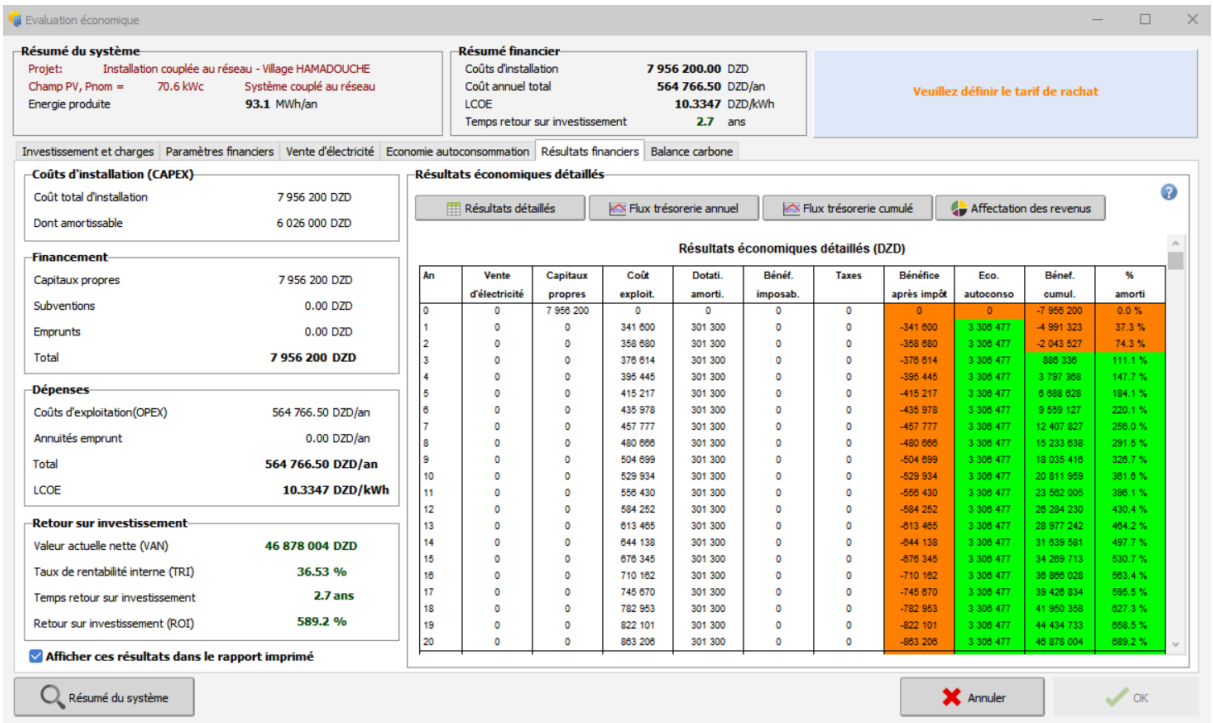


Figure IV.38: + 2



An	Vente d'électricité	Capitaux propres	Coût exploit.	Dotati. amorti.	Bénéf. imposab.	Taxes	Bénéfice après impôt	Eco. autoconso	Bénef. cumul.	% amorti
0	0	7 956 200	0	0	0	0	0	0	-7 956 200	0.0 %
1	0	0	341 600	301 300	0	0	-341 600	3 306 477	-4 991 323	37.3 %
2	0	0	358 680	301 300	0	0	-358 680	3 306 477	-2 043 527	74.3 %
3	0	0	376 614	301 300	0	0	-376 614	3 306 477	886 336	111.1 %
4	0	0	395 445	301 300	0	0	-395 445	3 306 477	3 797 368	147.7 %
5	0	0	415 217	301 300	0	0	-415 217	3 306 477	6 688 628	184.1 %
6	0	0	435 978	301 300	0	0	-435 978	3 306 477	9 559 127	220.1 %
7	0	0	457 777	301 300	0	0	-457 777	3 306 477	12 407 827	256.0 %
8	0	0	480 666	301 300	0	0	-480 666	3 306 477	15 233 638	291.5 %
9	0	0	504 699	301 300	0	0	-504 699	3 306 477	18 035 416	326.7 %
10	0	0	529 934	301 300	0	0	-529 934	3 306 477	20 811 959	361.6 %
11	0	0	556 430	301 300	0	0	-556 430	3 306 477	23 562 005	396.1 %
12	0	0	584 252	301 300	0	0	-584 252	3 306 477	26 284 230	430.4 %
13	0	0	613 465	301 300	0	0	-613 465	3 306 477	28 977 242	464.2 %
14	0	0	644 138	301 300	0	0	-644 138	3 306 477	31 639 581	497.7 %
15	0	0	676 345	301 300	0	0	-676 345	3 306 477	34 269 713	530.7 %
16	0	0	710 162	301 300	0	0	-710 162	3 306 477	36 866 028	563.4 %
17	0	0	745 670	301 300	0	0	-745 670	3 306 477	39 426 834	595.5 %
18	0	0	782 953	301 300	0	0	-782 953	3 306 477	41 950 358	627.3 %
19	0	0	822 101	301 300	0	0	-822 101	3 306 477	44 434 733	658.5 %
20	0	0	863 206	301 300	0	0	-863 206	3 306 477	46 878 004	689.2 %

Figure IV.39: Résultats financiers de l'installation solaire raccorée au réseau.

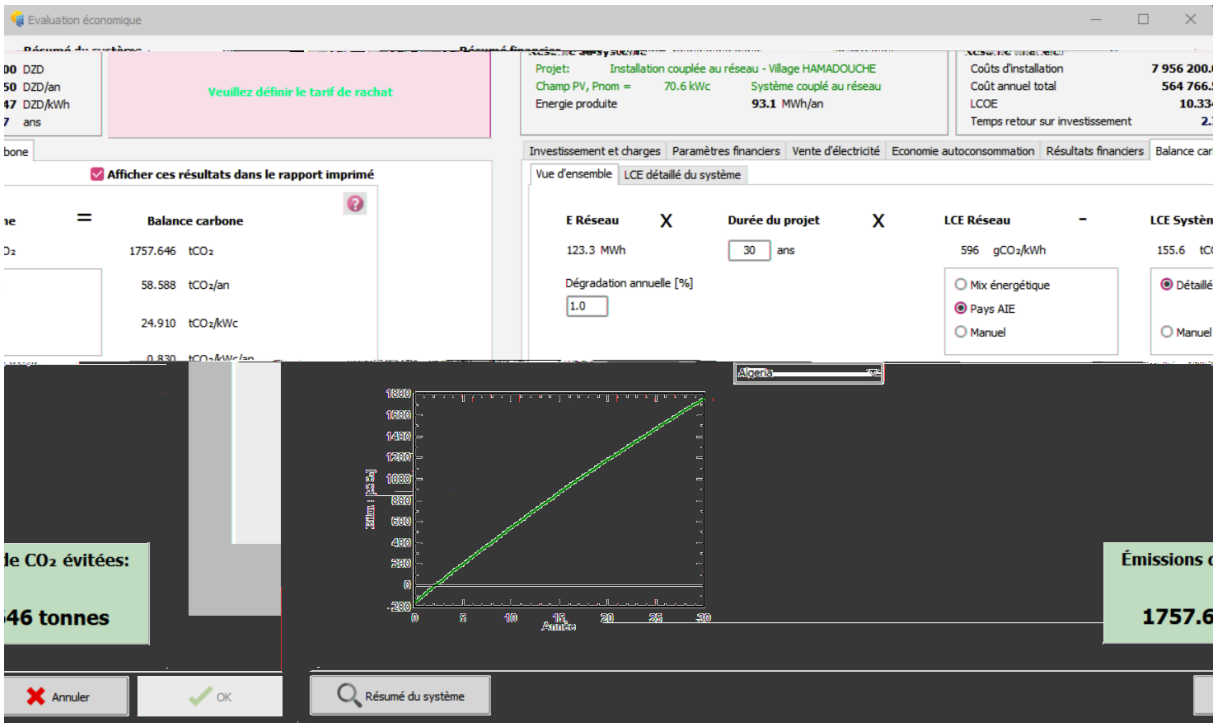


Figure IV.40: Mesure de la contribution du carbone de l'installation solaire connectée au réseau dans le logiciel PV syst.

IV.2.2.3 Interprétation des résultats du dimensionnement de l'installation:

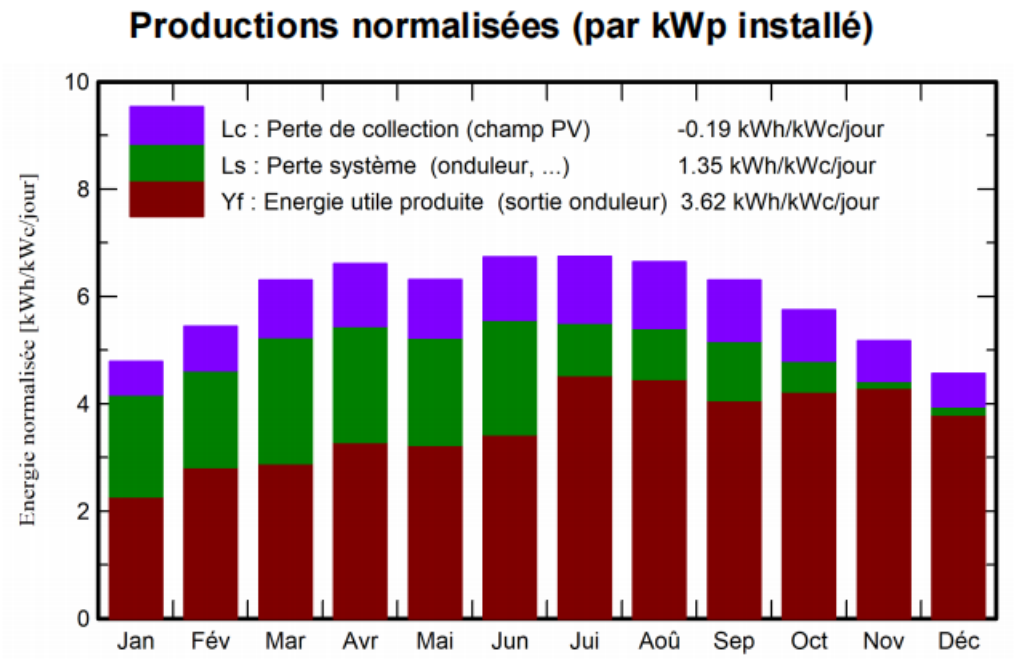


Figure IV.41: 2

Le diagramme des productions normalisées (Figure IV.42-

0en raison

4 0

moyenne de 3,62 KWh/KWc/jour.

En effet, le dimensionnement du système photovoltaïque couplée au réseau vise à couvrir les besoins en électricité pour les périodes les plus énergivores qui se représentent dans le 3ème et le 4éme trimestre de 2

0 0

produite dépasse le besoin en électricité. Nous remarquons que les pertes du système se varient entre 0,1 KWh/KWc/jour et 2,5 KWh/KWc/jour avec un moyen annuel estimée à 1,35 KWh/KWc/jour.

Nous notons que le taux de couverture des besoins en énergie est de 40% de la consommation totale électricité.

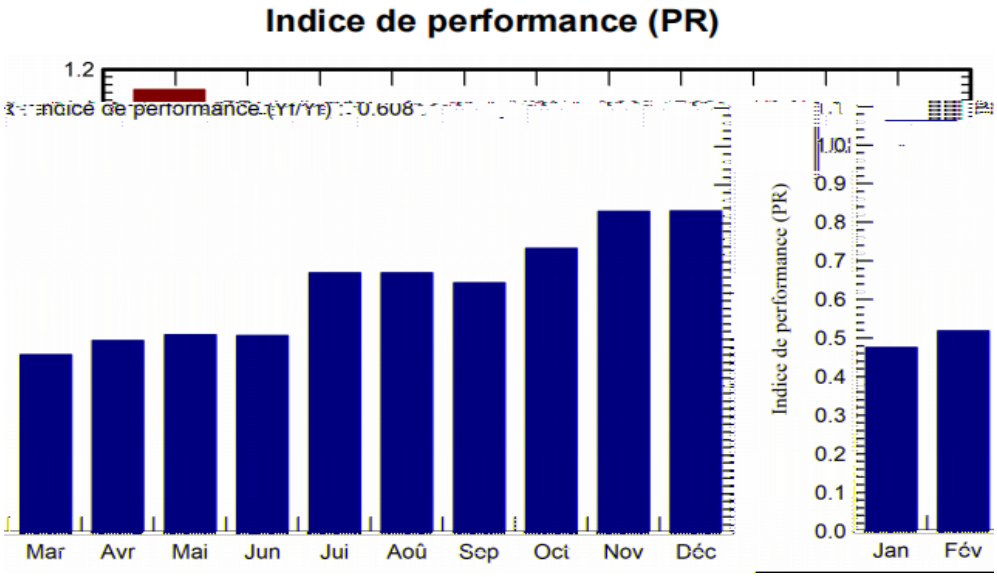


Figure IV.42: 2

Le rendement est de 60,8% selon le diagramme représente dans la figure IV.42.

ème semestre pour atteindre un pourcentage maximal de 82% en Novembre et Décembre. Les valeurs minimales de

0 0 2ème semestre p) 2

2

IV.2.2.4 Analyse financière de l'installation d'un système photovoltaïque couplé à un réseau au niveau du village HAMADOUCHE

Analyse financière

Période de simulation

Durée du projet	20 ans	Année de démarrage	2025

Variation des revenus dans le temps

Inflation	5.00 %/an
Variation de la production (vieillissement)	Outil de vieillissement
Taux d'actualisation	0.00 %/an

Charges dépendantes des revenus

Taux d'impôt sur les bénéfices	0.00 %/an
Autre impôt sur les bénéfices	0.00 %/an
Dividendes	0.00 %/an

Immobilisations amortissables

Actif	Type d'amortissement	Durée d'amortissement (ans)	Valeur résiduelle finale (DZD)	Amortissable (DZD)
Modules PV				
JKM-420N-54HL4	Linéaire	20	0.00	3 528 000.00
Supports des modules	Linéaire	20	0.00	840 000.00
Onduleurs				
SUN2000-100KTL-M1-400Vac	Linéaire	20	0.00	1 458 000.00
Accessoires, fixation, visserie	Linéaire	20	0.00	200 000.00
		Total	0.00	6 026 000.00

Financement

Capitaux propres	7 956 200.00 DZD

Vente d'électricité

Tarif de rachat	0.0000 DZD/kWh
Durée de la période de tarif garanti	20 ans
Taxe de connexion annuelle	0.00 DZD/kWh
Variation annuelle du tarif	0.0 %/an
Diminution du tarif de rachat après la période garantie	0.00 %

Autoconsommation

Tarif de consommation	35.5000 DZD/kWh
Evolution du tarif	0.0 %/an

Retour sur investissement

Temps retour sur investissement	2.7 ans
Valeur actuelle nette (VAN)	46 881 144.33 DZD
Taux de rentabilité interne (TRI)	36.54 %
Retour sur investissement (ROI)	589.2 %

Figure IV.43: 2

rojet étudiée

(Figure IV. -0 0

système couplé au réseau pour une durée de vie de 20 ans.

Le calcul de , -

manuellement selon la formule suivante :

$$N = \frac{\text{Frais de financement}}{\text{Facturation annuelle moyenne} \times \text{Taux de couverture de l'électricité}}$$

$$N = \frac{7\,956\,200}{7\,700 \times 0,4} \approx 2,7 \text{ ans}$$

Les frais de financement incluent le coût total de l'installation et le coût de maintenance pour 20 ans.

III Conclusion

Ce chapitre consiste à dimensionner une installation de pompage solaire pour une ferme et une installation connectée au réseau électrique pour un village situé dans la wilaya de Tlemcen, dans la région de Safsaf. Dans un premier temps, nous avons commencé par donner une description de la ferme et du village concernés, en examinant la localisation géographique, les ressources en eau, le système d'irrigation et la consommation d'énergie.

Par la suite, nous avons présenté le logiciel PVsyst, qui sert à analyser techniquement et à évaluer économiquement le projet.

Dans la prochaine partie, nous examinerons en détail l'installation de pompage solaire pour la ferme ainsi que l'installation du réseau pour le village. Sur le plan économique, ces installations sont assez rentables, avec un retour sur investissement de 5,4 ans pour la ferme et de 2,7 ans pour le village, pour une durée de vie de 20 ans.

Conclusion Générale

Malgré sa situation ensoleillée, l'Algérie peine à exploiter son potentiel en matière d'énergies renouvelables, car elle dépend encore largement des hydrocarbures. Cette situation, source de pollution et d'incertitude économique, conduit à un recours accru à l'énergie solaire.

Solution durable et économique, l'énergie solaire est particulièrement adaptée aux besoins de secteur agricole et résidentiel, grands consommateurs d'énergie. Notre étude s'est concentrée sur le dimensionnement des systèmes solaires photovoltaïques dans ces deux secteurs, à l'aide du logiciel PVsyst.

Deux cas concrets ont été étudiés, un système de pompage solaire isolé pour la ferme de HAMADOUCHE et un système couplée au réseau pour le village de HAMADOUCHE .
Les résultats de l'analyse économique ont montré une bonne rentabilité pour les deux systèmes, avec un temps de retour sur investissement de 5,4 et 2,7 ans, respectivement, pour une durée de vie de 20 ans.

Enfin, bien que l'exploitation de l'énergie solaire en Algérie soit encore à ses débuts, son potentiel est énorme et prometteur. Le développement de systèmes d'énergie solaire à grande échelle permettra non seulement de réduire la dépendance aux combustibles fossiles, mais aussi de stimuler la croissance économique et de créer des emplois dans le secteur des énergies renouvelables.

References

[1] https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3 < le soleil> le 03-03-2024 a 9.00

[2] https://almerja.com/reading.php?idm=153024 < **Le spectre solaire> le 28-03-2024 a 12 :45**

[3] https://solarabic.com/learn/2019/02/%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A/ < **Le rayonnement solaire> le 28-03-2024 a 14 :38**

[4] https://almerja.net/reading.php?idm=152914 < **Le constance solaire > le 29-03-2024 a 17 :25**

[5] https://thesolarest.com/%D9%85%D9%83%D9%88%D9%86%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A-%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%B4%D8%B9%D8%A7%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A/ < les types de Rayonnement solaire> le 09-04-2024 a 15 :32

[6] https://opera-energie.com/energie-solaire/ < **L'énergie solaire thermique, L'énergie solaire photovoltaïque > le 10-04-2024 a 13 :23**

[7] https://www.aps.dz/ar/economie/98519-2020-12-22-18-01-52 < **Niveau l'ensoleillement en Algérie> le 11-04-2024 a 16 :36**

[8] https://www.aps.dz/ar/economie/101168-59-2010-2019#:~:text=%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A7%D8%A6%D8%B1%2D%20%D8%A3%D8%B4%D8%A7%D8%B1%20%D8%AA%D9%82%D8%B1%D9%8A%D8%B1%20%D9%84%D9%85%D8%AD%D8%A7%D9%81%D8%B8%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A7%D8%AA,%D8%A8%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A7%D8%A6%D8%A9%20%D8%A8%D9%8A%D9%86%202010%20%D9%88%202019. < **Croissance de la consommation d'énergie en Algérie>**

[9] https://www.arageek.com/l/%d9%85%d8%a7-%d9%87%d9%88-%d8%a7%d9%84%d8%aa%d8%a3%d8%ab%d9%8a%d8%b1-%d8%a7%d9%84%d9%83%d9%87%d8%b1%d9%88%d8%b6%d9%88%d8%a6%d9%8a < **Historique de La convection photovoltaïque> le 14-04-2024 a 10 :43**

[10] https://www.edfenr.com/lexique/semi-conducteur/ < **Un semi-conducteur> le 14-04-2024 a 11 :32**

[11] https://www.techno-science.net/definition/3247.html < **Un isolant > le 16-04-2024 a 13 :42**

[12] http://www.optique-ingenieur.org/fr/cours/OPI_fr_M05_C02/co/Contenu.html < **Une bande d'énergie> le 17-04-2024 a 14 :25**

[13] **https://www.edfenr.com/lexique/panneaux-solaires/ < Définition des panneaux photovoltaïques> le 18-04-2024 a 14 :38**

[14] https://terresolaire.com/Blog/comprendre-le-solaire/panneau-solaire/fabrication-des-panneaux-photovoltaiques/ < **Fabrication des panneaux photovoltaïques> le 20-04-2024 a 9 :43**

[15] https://semiconducteuretjonctionpn.home.blog/jonction-p-n-polarisee/ < **La jonction P- N** > le 22-04-2024 a

12 :35

[16] https://energieplus-lesite.be/theories/photovoltaique6/caracteristiques-electriques-des-cellules-et-des-modules-photovoltaiques/ < **Association des cellules (le panneau solaire) > le 25-04-2024 a 15 :35**

[17] https://www.memoireonline.com/01/19/10502/m_lectrification-rurale-decentralisee-par-les-systemes-photovoltaques-individuels-Cas-de-la12.html <**Association en série - Association en parallèle> le 26-04-2024 a 16 :38**

[18] https://www.gre-enr.fr/avantages-inconvenients-photovoltaique/ < **l'inconvénient principal de l'énergie solaire> le 02-05-2024 av 9 :45**

[19] https://picbleu.fr/les-articles/panneaux-solaires-photovoltaiques-avantages-et-inconvenients < **Les avantages> le 05-05-2024 a 10 :52**

[20] Defis et les opportunites dans le secteur. (2024).récupéré April 15, 2024, depuisfastercapital.com

https://fastercapital.com/fr/startup-sujet/defis-et-les-opportunites-dans-le-secteur.html

[21] 2 0 0 2 20

él e08/05/2023,

http://vincent.boitier.free.fr/photovoltaique/Notice%20PV%20Syst/notice_PVSyst.pdf

[22] A. Mermoud, PVsyst manual, Janvier 2014, Consulté le08/05/2023,https://d3pcsg2wjq9izr.cloudfront.net/files/73830/download/660275/100.pdf

[23] PVsyst 7 help,(s.d.),Pumpingsystems sizing,Consultéle08/05/2023,

https://www.pvsyst.com/help/index.html?pumping_sizing.htm

[24] (s.n.),PVsyst7pompage,(s.d.),Consulté le08/05/2023,https://www.pvsyst.com/wp-content/pdf-tutorials/pvsyst-tutorial-v7-pumping-fr.pdf