



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA



FACULTE DE
TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE
ELECTRIQUE

FILIERE : Génie électrique
OPTION : Énergie Renouvelable et Efficacité

*mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme, de
master en énergies renouvelables.*

Thème:

***Conception et Simulation de la centrale
photovoltaïque connecté au réseau d'Ain El Melh***

Proposé et dirigé par :
Pr. .AISSA CHOUDER

présente par :
HARROUD Sabrina
BELABBAS Oussama

Soutenu devant le jury composé de :

... Pr. BENGUESMIA Hani
... Pr. CHOUDER Aissa
... Pr. HELLALI Lallouani

Université Mohamed Boudiaf de M'Sila
Université Mohamed Boudiaf de M'Sila
Université Mohamed Boudiaf de M'Sila

Président
Encadreur
Examinateur

Année universitaire :2023/2024

Dédicace

Avant tout, je tiens à remercier le dieu, et l'unique qui m'offre le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie, Je dédie ce modeste travail À ma mère. À mon père. À mes frères et mes soeurs. À tout ma family. À Tous mes chers amis, tous ceux que j'aime et me sont très chers.

Sabrine harroud

Oussama belabbas

Remerciement:

Nous débutons par exprimer notre reconnaissance envers Dieu Tout-Puissant pour avoir été notre source de force, de santé et de persévérance tout au long de nos années d'études. Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers nos parents pour leur soutien inébranlable, leurs encouragements et les nombreux sacrifices consentis pour nous permettre de poursuivre notre parcours éducatif. De plus, nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance envers notre encadreur, , M. Aïssa Tchoudar, pour avoir initié le sujet de ce mémoire et pour son accompagnement constant tout au long de sa réalisation, ponctué de conseils avisés et de remarques constructives.

Nous adressons également nos remerciements aux membres respectés du jury pour l'honneur qu'ils nous accordent en évaluant notre travail. Nous sommes profondément reconnaissants envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration et à la concrétisation de ce mémoire. Nos remerciements vont également à tous les enseignants du département de génie électrique dont les connaissances et les conseils ont enrichi notre formation. Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude envers tous nos amis et collègues pour leur soutien moral inestimable tout au long de ce parcours.

Contenu

Introduction générale	5
Chapitre I : Généralité sur le Système photovoltaïque	9
I.1. Introduction	10
I.2. L'énergie solaire	11
I.3. Les panneaux solaires	12
I.3.1. Définition	12
I.3.2. Cellules photovoltaïques	13
I.3.3. Type des cellules photovoltaïques	13
I.3.4. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	16
I.4.1. les système photovoltaïques	18
I.4.2. Types de systèmes PV	19
I.5. méthode de connexion des systèmes photovoltaïque	22
I.5.1. Connexion en série	23
I.5.2. Connexion en parallèle	23
I.5.3. Combinaison série-parallèle	23
I.5.4. Utilisation d'onduleurs	23
I.5.5. Micro-onduleurs	24
I.5.6. Connexion aux batteries	24
I.6. Conclusion	24
Chapitre II: Conception de le centrale de Ain_Elmejh	25
II.1. Introduction	26
II.2. localisation géographique	26
II.3. Installer une station de panneaux solaires	27
II.4. La production du système photovoltaïque	29
II.5. Performances du système photovoltaïque	32
II.6. Routage modulaire	34
II.7. Distance entre les rangées	36
II.8. Considération sur Voc et Isc	37
II.9. Modules Minimum et Maximum en série	39
II.10. Conclusion	43
Chapitre III.: Simulation de programme pvsyst	43
III.1. Introduction	44

III.2. Définition d'un programme	44
III.3. Rapport de simulation	53
III .4.Conclusion.....	67
Conclusion générale	68

Liste des figures :

Figure I.1:Panneau photovoltaïque	13
Figure I.2: Cellules monocristallines	14
Figure I.3:Cellules polycristallines	15
Figure I.4:Cellules polycristallines	15
Figure I.5:Cellules organiques	16
Figure I.6:Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	18
Figure I.7: Systèmes photovoltaïques résidentiels.....	19
Figure I.8:Systèmes photovoltaïques commerciaux	20
Figure I.9: Centrales solaires au sol.....	20
Figure I.10:Centrales solaires flottantes	21
Figure I.11:Systèmes autonomes (ou hors réseau)	21
Figure I.12:Systèmes hybrides	22
Figure II.13: localisation géographique	27
Figure II.14:Distance entre les rangées.....	37
Figure III.15: Choisissez le type de conception.....	46
Figure III.16:Liste du site	47
Figure III.17:Localisation et carte géographique de la zone d'Ain -El Melh	48
Figure III.18:meteorological data of the site Ain El melh-Algeria	49
Figure III.19:Choix de l'inclinaison et de l'angle d'azimut des panneaux	49
Figure III.20:orientation du panneau photovoltaïque	50
Figure III.21:configuration du système dans PVsyst.....	52
Figure III.22: La trajectoire du soleil pour la Région d'Ain el melh Algérie	53
Figure III.23: incidence angle modifier	54
Figure III.24: dégradation	55
Figure III.25:influence de la température sur les caractéristiques I (v).....	55
Figure III.26: influence de la température sur les caractéristiques p (v)	56
Figure III.27: Rendement globale	57
Figure III.28:énergie incidente de référence sur le plan des panneaux	58
Figure III.29:Production normalisé.....	59
Figure III.30:Diagramme des perte.....	60

Tableau:

Tableau II .1:Production annuelle en fonction de l'angle d'inclinaison.....	36
Tableau II .2:Données de simulation avec PVSyst.....	42

Introduction générale

L'énergie solaire est un moteur essentiel des transitions énergétiques vers des systèmes plus durables et résilients. Les centrales solaires, comme celle d'Ain El Melh, exploitent cette abondante ressource naturelle pour produire une électricité propre et renouvelable. Connectées au réseau électrique, ces installations photovoltaïques offrent une solution complète pour répondre à la demande croissante en énergie tout en réduisant notre dépendance aux combustibles fossiles et en atténuant les impacts du changement climatique[1].

La centrale d'Ain El Melh, à l'instar d'autres installations à travers le monde, convertit la lumière du soleil en électricité grâce à des panneaux solaires équipés de cellules photovoltaïques. Ces cellules transforment directement le rayonnement solaire en électricité, sans émissions de gaz à effet de serre ni pollution. En se connectant au réseau électrique, la centrale contribue à stabiliser l'approvisionnement en électricité, à réduire les coûts de production et à fournir une source d'énergie fiable et durable aux communautés environnantes.

Dans cette étude, nous nous concentrons sur la centrale photovoltaïque d'Ain El Melh, présentée en trois chapitres distincts :

Le premier chapitre offre une introduction à l'énergie solaire et aux technologies photovoltaïques, établissant ainsi les bases de compréhension nécessaires. Le deuxième chapitre explore les aspects liés à la conception et à la mise en place de la centrale solaire d'Ain El Melh, mettant en lumière les défis et les solutions rencontrés dans ce processus. Enfin, le troisième chapitre présente une simulation de la centrale photovoltaïque à Ain El Melh réalisée à l'aide du logiciel PVSyst, fournissant ainsi des informations précieuses sur les performances et le fonctionnement de l'installation[2].

Chapitre I : Généralité sur le Système photovoltaïque

1.1. Introduction :

L'énergie solaire, une ressource inépuisable et propre, éclaire notre monde depuis des milliards d'années. Cette énergie, provenant du soleil, est capturée et convertie en électricité grâce à une variété de technologies solaires. Que ce soit à travers les panneaux photovoltaïques, qui transforment la lumière du soleil en électricité, ou par le biais des systèmes de concentration solaire, qui utilisent des miroirs pour concentrer la lumière solaire et produire de la chaleur, l'énergie solaire offre une solution viable pour répondre à nos besoins énergétiques tout en réduisant notre empreinte carbone[1].

Au fil des décennies, l'énergie solaire a connu une croissance exponentielle, devenant l'une des sources d'énergie renouvelable les plus importantes et les plus prometteuses. Les avantages de cette énergie sont multiples : elle est abondante, accessible dans de nombreuses régions du globe, et son exploitation ne génère aucune émission de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique[2].

L'intégration de l'énergie solaire dans nos infrastructures, qu'il s'agisse de bâtiments résidentiels, commerciaux ou industriels, ouvre la voie à une transition énergétique durable. En investissant dans les technologies solaires et en favorisant leur déploiement à grande échelle, nous pouvons non seulement réduire notre dépendance aux combustibles fossiles, mais aussi créer de nouveaux emplois, stimuler l'innovation et bâtir un avenir plus propre et plus équitable pour les générations à venir.

Dans ce chapitre, nous examinerons minutieusement l'énergie solaire, les panneaux solaires et les systèmes solaires, en explorant chaque aspect en profondeur.

I .2. L'énergie solaire :

L'énergie solaire est une forme d'énergie renouvelable obtenue à partir du rayonnement du soleil. Cette énergie peut être captée et convertie en différentes formes utilisables, principalement en électricité ou en chaleur[1]. Voici quelques points clés à retenir sur l'énergie solaire :

I.2.1.Rayonnement solaire:

Le soleil émet un rayonnement électromagnétique constant dans l'espace, comprenant des photons de lumière et de chaleur. Ce rayonnement solaire est la source d'énergie primaire pour l'énergie solaire.

I .2.2 Technologies solaires: Il existe plusieurs technologies pour capturer et convertir l'énergie solaire. Les deux principales sont les panneaux photovoltaïques (PV), qui convertissent la lumière du soleil en électricité, et les systèmes de concentration solaire, qui concentrent la lumière solaire pour produire de la chaleur utilisée pour générer de l'électricité.

I .2.3 Avantages environnementaux: L'énergie solaire est une source d'énergie propre, ne produisant pas de pollution atmosphérique ou de gaz à effet de serre lors de son utilisation. Elle contribue ainsi à la lutte contre le changement climatique et à la réduction des émissions de carbone.

I .2.4 Disponibilité mondiale: L'énergie solaire est largement disponible dans le monde entier, bien que son potentiel puisse varier en fonction de la géographie, de la saison et des conditions météorologiques locales. Les régions ensoleillées ont un potentiel plus élevé pour l'énergie solaire, mais même dans les régions moins ensoleillées, l'énergie solaire peut être captée et utilisée de manière significative[3].

I .2.5 Applications diverses: L'énergie solaire peut être utilisée dans une variété d'applications, notamment la production d'électricité pour les habitations, les entreprises et les infrastructures, le chauffage de l'eau domestique et des bâtiments, l'alimentation de dispositifs électroniques autonomes, et même la propulsion de véhicules solaires.

En résumé, l'énergie solaire représente une solution importante pour répondre à nos besoins énergétiques de manière durable, en exploitant une ressource naturelle abondante et propre. Son adoption croissante contribue à la transition vers un avenir énergétique plus propre et plus durable[3].

I .3.Les panneaux solaires :

I .3.1.Definition :

Les panneaux solaires, aussi connus sous le nom de modules photovoltaïques, sont des dispositifs conçus pour convertir la lumière du soleil en électricité utilisable. Ils sont composés de cellules photovoltaïques, généralement en silicium, qui absorbent la lumière solaire et la transforment en courant électrique continu. Ce courant continu est ensuite converti en courant alternatif par un onduleur pour alimenter les équipements électriques domestiques ou être injecté dans le réseau électrique. Les panneaux solaires sont utilisés pour produire de l'électricité dans diverses applications, notamment pour les systèmes résidentiels, commerciaux et industriels, ainsi que pour des applications plus petites comme les lampes solaires et les chargeurs de batterie[4].



Figure 1: Panneau photovoltaïque[12]

I .3.2. Cellules photovoltaïques :

Les cellules photovoltaïques sont des dispositifs électroniques qui convertissent la lumière du soleil directement en électricité[2]. Elles sont le composant de base des panneaux solaires. Composées principalement de silicium, un matériau semi-conducteur, les cellules photovoltaïques exploitent l'effet photovoltaïque pour générer un courant électrique lorsqu'elles sont exposées à la lumière du soleil. Cette conversion de la lumière en électricité repose sur la capacité des électrons libres dans le matériau semi-conducteur à être mis en mouvement par les photons de la lumière solaire, créant ainsi un flux de courant électrique. Les cellules photovoltaïques sont largement utilisées pour produire de l'électricité dans les systèmes solaires photovoltaïques, qu'ils soient de petite échelle pour alimenter des appareils individuels ou de grande échelle pour fournir de l'électricité à des bâtiments, des installations industrielles ou même des réseaux électriques entiers[5].

I .3.3. Type des cellules photovoltaïques :

Les cellules photovoltaïques sont disponibles dans une variété de types, chacun ayant ses propres caractéristiques et applications spécifiques. Voici quelques-uns des types les plus courants :

a). Cellules monocristallines : Fabriquées à partir d'un seul cristal de silicium, ces cellules ont un rendement élevé et une excellente performance dans des conditions de faible luminosité. Elles ont une couleur uniforme et sont souvent considérées comme les plus efficaces, bien qu'elles soient généralement plus chères à produire en raison de leur processus de fabrication plus complexe[6].

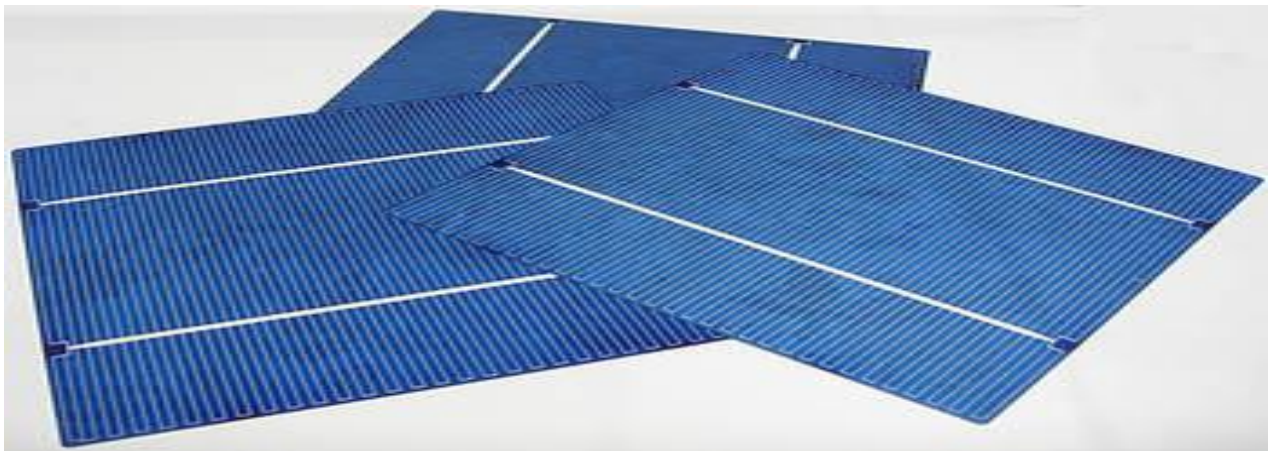


Figure 2: Cellules monocristallines

b). Cellules polycristallines : Également fabriquées à partir de silicium, mais à partir de plusieurs cristaux, ces cellules sont moins chères à produire que les monocristallines, mais elles ont généralement un rendement légèrement inférieur. Elles ont une apparence caractéristique de texture granuleuse et peuvent être une option plus économique pour certaines applications[7].

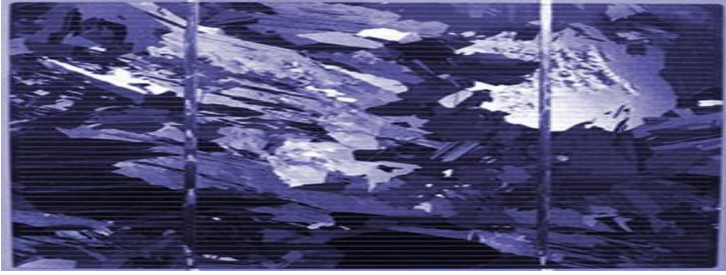


Figure 3:Cellules polycristallines

c). Cellules polycristallines: Ces cellules sont fabriquées en déposant une fine couche de matériau semi-conducteur (tel que le silicium amorphe, le tellure de cadmium ou le sulfure de cuivre indium gallium) sur un substrat de support. Elles sont moins chères à produire que les cellules cristallines, mais ont généralement un rendement plus faible. Elles sont flexibles et peuvent être utilisées dans des applications où les panneaux rigides ne sont pas pratiques[7].

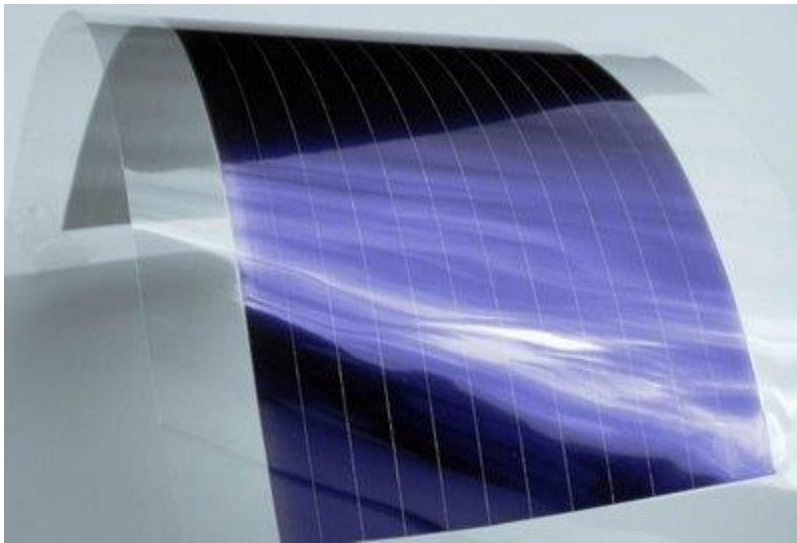


Figure 4:Cellules polycristallines

d). Cellules organiques : Fabriquées à partir de polymères organiques ou de molécules organiques, ces cellules sont légères, flexibles et relativement peu coûteuses à produire. Elles sont principalement utilisées dans des applications telles que les modules solaires flexibles et les dispositifs électroniques portables, mais elles ont généralement un rendement plus faible que les autres types de cellules[7].

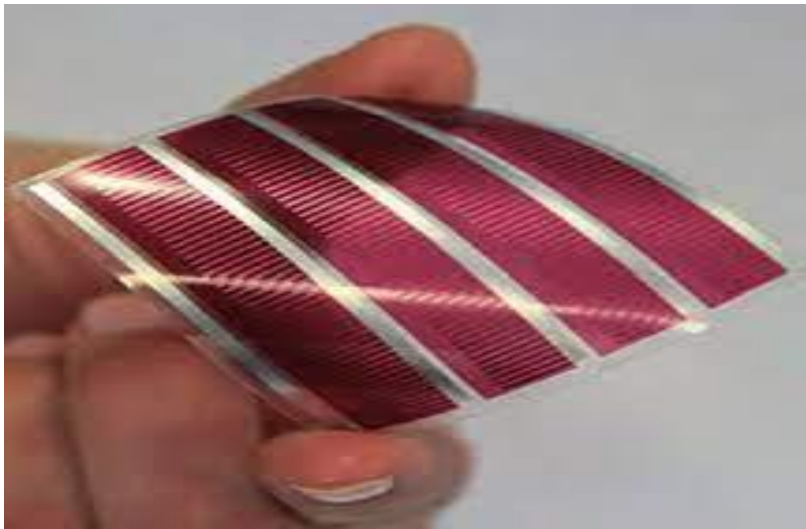


Figure 5:Cellules organiques

Chaque type de cellule photovoltaïque présente des avantages et des inconvénients, et le choix du type dépend souvent des besoins spécifiques de l'application, des contraintes budgétaires et des conditions environnementales.

I .3.4. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :

Le principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque repose sur l'effet photovoltaïque, qui est la capacité des semi-conducteurs à produire une différence de potentiel électrique en réponse à la lumière[7]. Voici les étapes clés du fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :

I .3.4.1. Absorption de la lumière : Lorsque la lumière du soleil (ou d'une autre source lumineuse) frappe la surface d'une cellule photovoltaïque, elle est absorbée par le matériau semi-conducteur, qui est généralement du silicium[9].

I .3.4.2. Génération de paires électron-trou : L'énergie des photons de lumière est transférée aux électrons dans le matériau semi-conducteur, ce qui leur permet de se libérer de leurs liaisons atomiques et de devenir des électrons libres. Ce processus crée également des "trous" dans la structure cristalline, qui sont des régions où un électron est manquant[8].

I .3.4.3. Déplacement des charges : Les électrons libres et les trous se déplacent dans le matériau semi-conducteur sous l'effet d'un champ électrique interne[9]. Les électrons se déplacent vers la zone négative (la couche n ou le côté négatif de la cellule), tandis que les trous se déplacent vers la zone positive (la couche p ou le côté positif de la cellule)[8].

I .3.4.4. Création d'un courant électrique : Le déplacement des électrons et des trous crée un courant électrique à travers la cellule. Ce courant peut être collecté à l'aide de contacts métalliques situés sur les côtés de la cellule[8].

I .3.4.5. Conversion de courant continu : Le courant continu généré par la cellule photovoltaïque peut être utilisé directement pour alimenter des appareils électriques, ou il peut être converti en courant alternatif à l'aide d'un onduleur pour être utilisé dans les systèmes électriques conventionnels[9].

En résumé, une cellule photovoltaïque convertit la lumière du soleil en électricité en exploitant l'effet photovoltaïque, où les photons de lumière excèdent les électrons dans un matériau semi-conducteur pour créer un courant électrique.

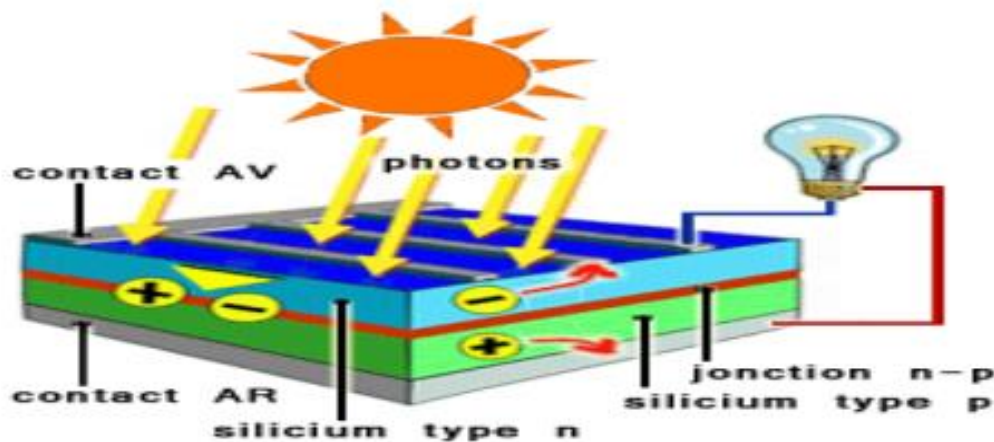


Figure 6::Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

I.4.1. les système photovoltaïques :

Le système photovoltaïque est une technologie qui permet de convertir l'énergie lumineuse du soleil en électricité. Il se compose principalement de panneaux solaires, qui sont constitués de cellules photovoltaïques. Ces cellules convertissent la lumière solaire en courant électrique continu. Ce courant est ensuite converti en courant alternatif par un onduleur, ce qui le rend utilisable pour alimenter les appareils électriques domestiques ou pour être injecté dans le réseau électrique[10].

Les systèmes photovoltaïques peuvent être utilisés à différentes échelles, que ce soit pour alimenter une maison individuelle, un bâtiment commercial, voire même des centrales solaires de grande envergure. Ils offrent de nombreux avantages, notamment en termes de durabilité et de production d'énergie propre, et peuvent contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre[11].

En plus des panneaux solaires et de l'onduleur, un système photovoltaïque peut également inclure des dispositifs de stockage d'énergie, tels que des batteries, pour

stocker l'électricité produite pour une utilisation ultérieure lorsque le soleil ne brille pas[10].

I.4.2. Types de systèmes PV :

Il existe différents types de systèmes photovoltaïques (PV), qui varient en fonction de leur application, de leur configuration et de leur technologie. Voici quelques-uns des types les plus courants[12] :

I.4.2.1. Systèmes photovoltaïques résidentiels : Ce sont des installations destinées à alimenter en électricité des maisons individuelles. Ils peuvent être installés sur le toit ou intégrés dans la structure du bâtiment[1].

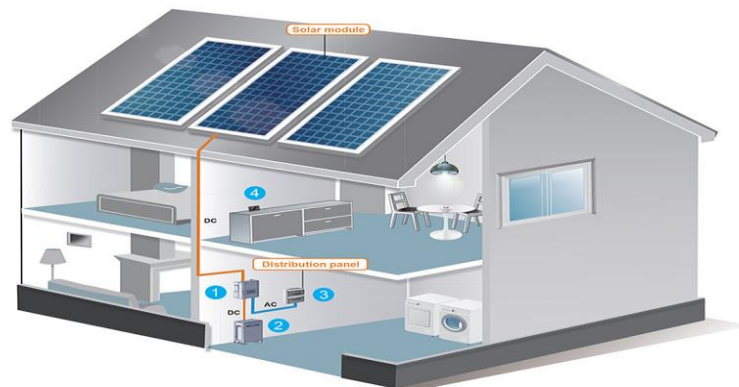


Figure 7: Systèmes photovoltaïques résidentiels

I.4.2.2. Systèmes photovoltaïques commerciaux : Ces systèmes sont conçus pour alimenter en électricité des bâtiments commerciaux, tels que des entreprises, des magasins ou des installations industrielles. Ils peuvent être de taille plus importante

que les installations résidentielles et sont souvent installés sur le toit ou sur des terrains adjacents[6].



Figure 8: Systèmes photovoltaïques commerciaux [13]

4.2.3. Centrales solaires au sol : Aussi appelées fermes solaires, ces installations sont composées de panneaux solaires installés sur des structures supportées par le sol[1]. Elles peuvent être de taille importante et produire de l'électricité à grande échelle pour alimenter les réseaux électriques.



Figure 9:: Centrales solaires au sol [14]

4.2.4. Centrales solaires flottantes : Ces installations sont situées sur des plans d'eau tels que des réservoirs, des lacs ou des bassins[6]. Elles utilisent des

panneaux solaires spécialement conçus pour flotter sur l'eau et peuvent offrir une solution dans les zones où l'espace au sol est limité.

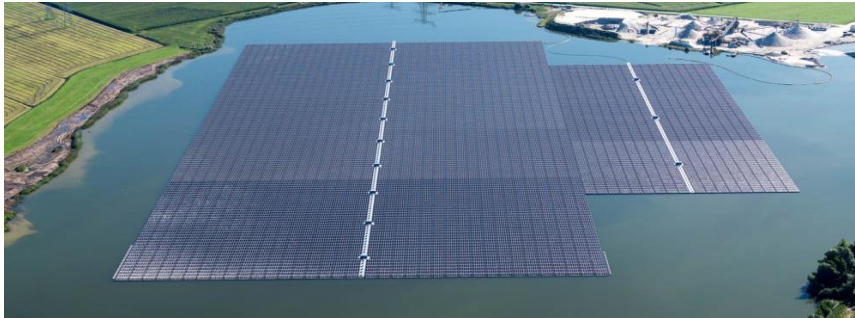


Figure 10:Centrales solaires flottantes [15]

4.2.5. Systèmes autonomes (ou hors réseau) : Ces systèmes sont conçus pour fournir de l'électricité dans des endroits éloignés où il n'y a pas d'accès au réseau électrique[12]. Ils intègrent souvent des batteries de stockage pour stocker l'énergie produite et la fournir lorsque le soleil ne brille pas.

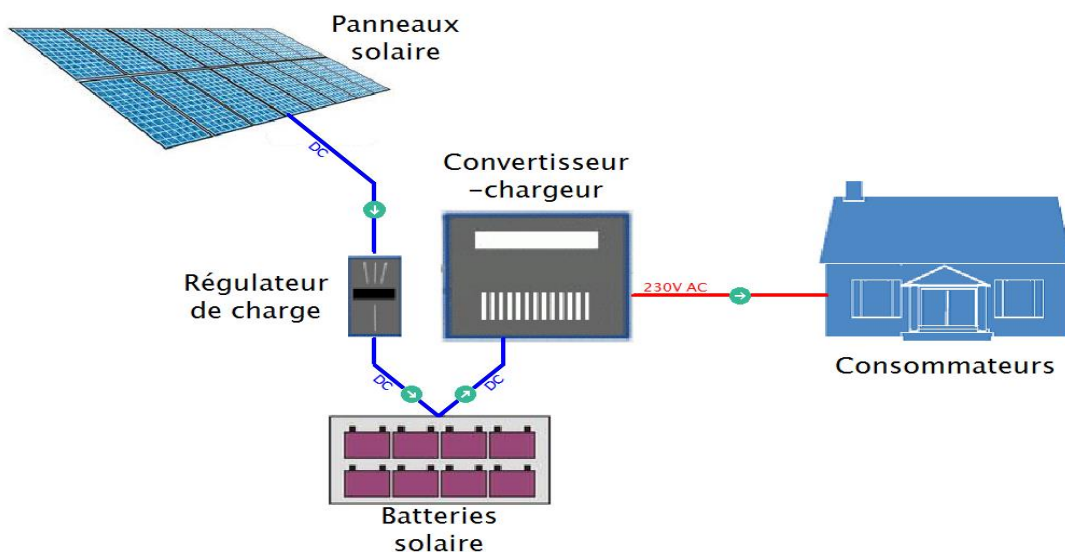


Figure 11: Systèmes autonomes (ou hors réseau) [16]

4.2.6. Systèmes hybrides : Ces systèmes combinent plusieurs sources d'énergie, telles que l'énergie solaire, éolienne et parfois même des générateurs diesel, pour fournir une alimentation plus fiable et stable[1]

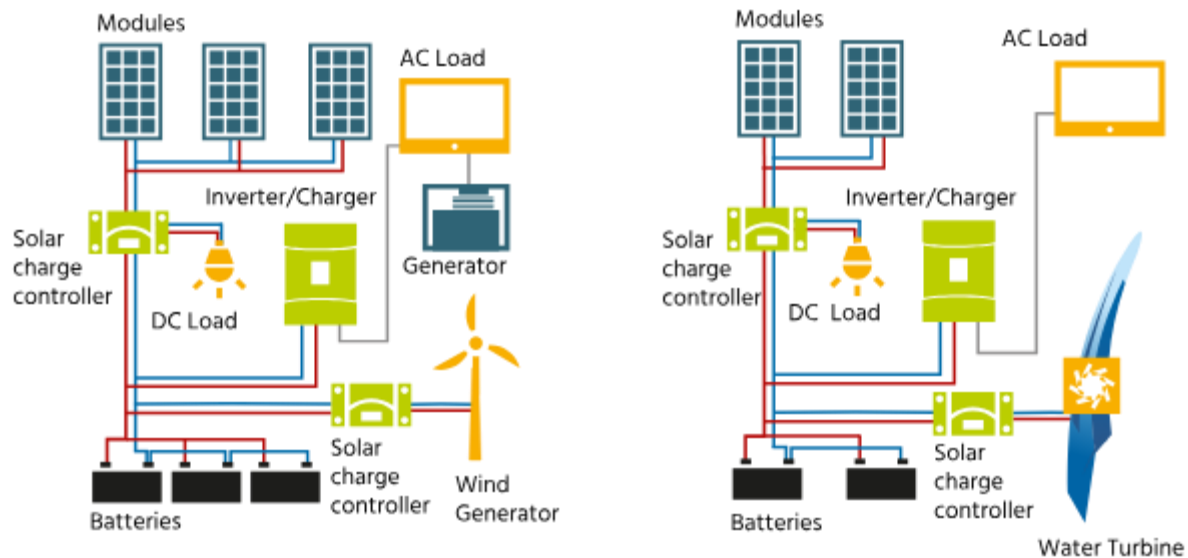


Figure 12: Systèmes hybrides [17]

Chaque type de système photovoltaïque a ses propres avantages et inconvénients, et le choix du type dépend généralement des besoins spécifiques de l'utilisateur, de la disponibilité de l'espace et des ressources locales.

1.5. méthode de connexion des systèmes photovoltaïque :

La méthode de connexion des systèmes photovoltaïques est cruciale pour leur efficacité et leur sécurité. Voici les principales méthodes de connexion :

I..5.1. Connexion en série :

- Les panneaux solaires sont connectés bout à bout de sorte que le courant électrique passe successivement à travers chaque panneau. Cela augmente la tension totale du système tout en maintenant le courant constant. La connexion en série est souvent utilisée lorsque les panneaux solaires ont des tensions nominales similaires[1].

I..5.2. Connexion en parallèle :

- Les panneaux solaires sont connectés côte à côte de sorte que le courant électrique est partagé entre eux. Cela maintient la tension constante tout en augmentant le courant total du système. La connexion en parallèle est couramment utilisée lorsque les panneaux solaires ont des courants nominaux similaires.

I..5.3. Combinaison série-parallèle:

- Cette méthode combine les connexions en série et en parallèle pour obtenir à la fois une augmentation de la tension et du courant. Les panneaux solaires sont regroupés en chaînes connectées en série, puis ces chaînes sont connectées en parallèle. Cela permet de s'adapter à des conditions variables telles que l'ombrage partiel[18].

I..5.4. Utilisation d'onduleurs :

- Pour les systèmes connectés au réseau électrique, un onduleur est utilisé pour convertir le courant continu (DC) produit par les panneaux solaires en courant alternatif (AC) compatible avec le réseau. Les panneaux solaires peuvent être connectés à l'onduleur en série, en parallèle ou dans une combinaison série-

parallèle, en fonction des spécifications de l'onduleur et de la conception du système[18].

1..5.5. Micro-onduleurs :

- Dans les installations avec micro-onduleurs, chaque panneau solaire est équipé d'un micro-onduleur qui convertit le courant DC en AC au niveau du panneau lui-même. Cela permet une optimisation individuelle de chaque panneau et réduit les pertes dues à l'ombrage ou à d'autres problèmes[1].

1..5.6. Connexion aux batteries :

- Pour les systèmes autonomes hors réseau, les panneaux solaires peuvent être connectés à des batteries via un régulateur de charge. Cela permet de stocker l'électricité produite par les panneaux solaires pour une utilisation ultérieure lorsque le soleil ne brille pas.

Le choix de la méthode de connexion dépend des spécifications du système, des conditions environnementales et des exigences de l'application. Chaque méthode a ses propres avantages et inconvénients en termes d'efficacité, de fiabilité et de coût.

1.6.Conclusion :

Les panneaux solaires photovoltaïques sont constitués de plusieurs cellules connectées en série et en parallèle pour produire une tension et un courant électriques utilisables. Les systèmes photovoltaïques peuvent être utilisés à différentes échelles, depuis de petits systèmes autonomes pour des applications individuelles jusqu'à de grandes centrales solaires connectées au réseau électrique.

Chapitre II: Conception de le centrale de Ain_Elmelh

II.1.Introduction :

La conception et la mise en œuvre d'une centrale photovoltaïque à Ain El Melh représentent une étape significative vers l'utilisation durable des ressources énergétiques dans cette région.

Dans ce chapitre, nous étudierons la conception de cette station

II.2. localisation géographique :

L'installation photovoltaïque se situera dans le centre-nord de l'Algérie, sur un terrain proche de la ville de. Ain El Melh (M'Sila). Les coordonnées de l'installation sont 34° 50' 54" Nord, 4° 09' 40" Est.L'usine sera située à une altitude de 910 m au dessus du niveau de la mer .

L'emplacement choisi pour l'installation photovoltaïque près de Ain El Melh, dans le centre-nord de l'Algérie, présente plusieurs caractéristiques climatiques importantes :

- **Températures** : Les températures varient de modérées en hiver et au printemps à élevées en été et en automne. Cela suggère une amplitude thermique saisonnière significative, avec des hivers relativement doux et des étés chauds.
- **Potentiel solaire** : La région bénéficie d'un potentiel solaire élevé, avec une moyenne annuelle de 7 kWh/m². Cela indique une abondance de lumière solaire disponible pour la production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques.

- Humidité relative : La région présente une faible humidité relative, ce qui peut être bénéfique pour la performance des panneaux solaires, car une humidité excessive peut réduire leur efficacité.
- Ciel clair : Il y a un grand nombre de jours avec un ciel clair, ce qui est favorable à la production d'énergie solaire, car les panneaux peuvent capter davantage de lumière directe du soleil.
- Tempêtes de poussière : Le site connaît un grand nombre de jours avec des tempêtes de poussière, principalement au printemps. Cela peut poser des défis pour le maintien et le nettoyage des panneaux solaires, car la poussière peut réduire leur efficacité s'ils ne sont pas régulièrement entretenus[19].



Figure 13:.. localisation géographique

II.3. Installer une station de panneaux solaires:

La centrale, d'une capacité de 20 MW, est construite en blocs standards de 1 MW afin de simplifier la conception de l'installation en raison de divers facteurs :

- **Le choix des onduleurs** : Le marché contient des marques distinctes dans la fabrication d'appareils électriques Onduleurs adaptés à l'énergie des installations photovoltaïques destinés à produire et vendre électricité aux sociétés de distribution Le choix des onduleurs avec la puissance maximale possible sera bénéfique pour le client qui est responsable des frais d'installation. Investir dans ces équipements est nécessaire en réduisant leur nombre. Parmi les produits de l'entreprise (Sungrow). Onduleurs fabriqués (selon exigences du client) Produits d'une variété d'onduleurs haute puissance pour les installations connecté à un réseau. La tension maximale de l'onduleur doit être de 1000 volts (pour travailler à l'endroit spécifié -Ain El melh) et le parce qu'ils doivent fournir une certification UL. De cette façon, les réflecteurs avoir la puissance la plus élevée Le maximum que nous pouvons atteindre est de 500 kV [20]
- **Le choix des transformateurs de puissance BT-MT**

La sélection de transformateurs d'appareils pour système d'onduleurs. :

- ✓ Si vous choisissez d'utiliser une puissance de 0,5 MW, vous devez utiliser des transformateurs de puissance pour augmenter la tension inférieure (BT) jusqu'à la tension inférieure (MT). Achter 40 investisseurs individuels pour retourner un investissement raisonnable en termes d'investissement national, mais dépendent également de la diversification de ces options de transformation, des économies de marché possibles et de la construction de concepts spécifiques dans votre projet[20].

- ✓ Utilisez des modules plus grands, tels que des adaptateurs secteur de 1 MW ou 1,5 MW, pour simplifier votre configuration et supprimer les numéros de transformateur nécessaires. Veuillez noter que ces complications peuvent inclure :
 - Lors de l'utilisation de modules de 1,5 MW, vous pouvez utiliser différents types de transformateurs : un à simple enroulement et un autre à double enroulement. Cela peut inclure des symptômes et des symptômes dans votre système, ainsi que des suppléments énergétiques dans certains appareils transformateurs que vous souhaitez utiliser.

L'utilisation de différents câbles peut inclure des compléments complexes, sachant que cela concerne les normes de traitement et d'équipement. Vous souhaitez utiliser davantage de déplacements avec plus de mobilier et diverses techniques spéciales, qui peuvent inclure des manteaux supplémentaires et des complications logistiques.

À la fin de l'ordinateur, la sélection des adaptateurs et modules d'alimentation de 0,5 MW avec le facteur de diversification le plus élevé, en tenant compte des spécifications du projecteur, des contraintes budgétaires, des conditions de construction et des options disponibles sur le marché. Il est important de s'assurer des avantages et des inconvénients liés à la sélection de l'option avant de prendre une décision[5].

II.4. La production du système photovoltaïque :

Diverses pertes dans une installation photovoltaïque, notamment concernant les pertes de température, les pertes dues au non-respect de la puissance nominale et les pertes de connexion.

1. **Pertes de température (FT) :** La température affecte les performances des modules photovoltaïques. Généralement, pour chaque augmentation de température de 1°C au-dessus des 25°C standard, il y a une perte de puissance d'environ 0,4 à 0,5 %. Ce coefficient de perte (-0,42%/°C) est spécifique à vos modules (YL250P-29b). La température a un impact plus important sur les pertes en été qu'en hiver

$$F_T = -0,42 \% / ^\circ C \quad (1)$$

2. **Pertes dues au non-respect de la puissance nominale (FPnom) :** Les cellules solaires des modules photovoltaïques peuvent ne pas avoir toutes des performances identiques en raison des variations dans le processus de fabrication. Cela entraîne des variations de production d'énergie entre les modules, allant généralement de ±3 % à ±10 % de la puissance nominale. Dans votre cas, le constructeur indique une marge de tolérance positive de 0/+5%. Une valeur de 0 % signifierait qu'aucun module ne produit plus de puissance que celle indiquée par le fabricant.

$$FP_{nom} = 0 \% \quad (2)$$

3. **Pertes de connexion (Fcon) :** Des pertes de non-concordance se produisent lors de la connexion de modules de valeurs de puissance différentes. Dans les connexions en série, un module avec une puissance inférieure limite le courant circulant dans la série. Dans les connexions parallèles, un module basse consommation limite la tension maximale. Les pertes de connexion varient généralement de 1 % à 4 %. Dans votre cas, la valeur fournie est de 2,1 %.

$$F_{con} = 2,1 \% \quad (3)$$

4. **Pertes d'ombrage** : L'ombrage causé par les obstacles peut avoir un impact direct sur l'efficacité de la capture du rayonnement solaire par les générateurs photovoltaïques. Cependant, dans votre cas, vous avez mentionné qu'il n'y avait aucun obstacle provoquant de l'ombrage.

5. **Pertes dues à la poussière et à la saleté (FS)** : L'accumulation de poussière et de saleté sur les surfaces photovoltaïques peut réduire leur efficacité. Les valeurs annuelles typiques des pertes dues à la poussière et à la saleté sont inférieures à 4 % pour les surfaces très sales. Dans votre cas, la valeur spécifiée est de 2 %.

$$F_S = 2 \% \quad (4)$$

6. **Pertes angulaires** : Lorsque le rayonnement solaire ne tombe pas perpendiculairement au panneau photovoltaïque, il y a des pertes d'efficacité. Ces pertes augmentent à mesure que le rayonnement s'éloigne de la perpendiculaire. Le fabricant détermine la résistance nominale des panneaux dans des conditions standard de mesure, y compris des conditions spécifiques d'irradiation et de température.

7. **Pertes dues aux performances des onduleurs (Finv)** : Les onduleurs jouent un rôle crucial dans la production d'énergie des systèmes photovoltaïques connectés au réseau. L'efficacité de l'onduleur a un impact sur les performances globales du système. Dans votre cas spécifique, l'onduleur 500HE-US de SMA ne dispose pas de transformateur interne et son rendement est spécifié à $\eta=98,80$ %. Le facteur de perte correspondant est calculé comme $1 - \text{efficacité}$, ce qui donne

$$F_{inv} = 1,20 \% \quad (5)$$

8. **Pertes dues aux chutes ohmiques dans le câblage** : Ces pertes sont dues à la résistance des câbles et des connecteurs utilisés dans le système. Il est essentiel de choisir des sections de câbles appropriées pour minimiser ces

perdes. Typiquement, les pertes ohmiques ne doivent pas dépasser 2,5 % pour la partie continue et 2 % pour la partie alternée du système.

9. Pertes du transformateur (Ftr) : Les pertes du transformateur contribuent à l'efficacité globale du système. Dans votre cas, le transformateur a un rendement spécifié de 99,2 %, ce qui entraîne un facteur de perte (Ftr) de 0,8 %.

$$F_{tr} = 0.8\% \quad (6)$$

10. Heures d'ensoleillement équivalentes (HES) et ratio de performance (PR) : Ces mesures sont utilisées pour normaliser l'énergie produite par le système photovoltaïque par rapport à la puissance nominale installée dans des conditions de test standard (STC). L'HES se définit comme le rapport entre l'énergie injectée dans le réseau électrique et la puissance de pointe totale installée.

Dans votre calcul, HES est déterminé à 1 882,01 heures sur la base de l'énergie injectée dans le réseau (Einjected) de 1 050 kW, en tenant compte de facteurs tels que Fac (facteur de conversion) et Ftr (facteur de perte du transformateur).

$$HES = \frac{E_{injecte}}{P_p} \times \frac{1000000}{8760} \times F_{ac} \times F_{tr} \quad (7)$$

- Einjecte' est l'énergie injectée dans le réseau électrique (en kWh),
- Pp est la puissance de crête totale installée (en kW),
- Fac est le facteur de conversion pour l'énergie AC
- Ftr est le facteur de perte du transformateur.

Étant donné Einjecte' = 1050 kW et d'autres paramètres, nous pouvons recalculer HES en utilisant cette formule.

II.5. Performances du système photovoltaïque

Pour calculer les performances d'un système photovoltaïque, vous pouvez considérer les pertes dans le système. Le rapport de performance (PR) est une mesure couramment utilisée pour évaluer l'efficacité d'un système photovoltaïque. Il est calculé comme le rapport entre la production d'énergie réelle et la production d'énergie maximale théorique. Cela peut être exprimé comme suit :

$$PR = \frac{\text{sorte réelle(kwh)}}{\text{productivite reference(kwh)}} \quad (8)$$

La production réelle peut être déterminée en surveillant la production d'énergie du système sur une période donnée. La productivité de référence, comme évoqué précédemment, est le rayonnement solaire incident annuel dans le plan des modules photovoltaïques, divisé par le rayonnement nominal de référence dans des conditions standards (1000 W/m²).

Des pertes dans un système photovoltaïque peuvent survenir en raison de divers facteurs tels que l'ombre, la saleté, les pertes de température et l'inefficacité de l'onduleur. Ces pertes sont généralement prises en compte dans le calcul de la production réelle.

Disons, par exemple, que la puissance réelle du système est de 1 800 kWh et que la productivité de référence est de 2 047 kWh (telle que calculée dans l'exemple fourni). Le ratio de performance serait alors :

$$PR = \frac{1800}{2047} = 0,879 \quad (9)$$

Cela indique que le système fonctionne à environ 87,94 % de son efficacité maximale théorique. Si vous disposez d'informations sur des pertes

spécifiques dans le système, vous pouvez les intégrer dans le calcul pour obtenir une évaluation plus précise des performances.

Ces facteurs sont cruciaux pour évaluer avec précision les performances et l'efficacité du système photovoltaïque, garantissant que les pertes sont minimisées et que la production d'énergie est optimisée. En prenant en compte ces pertes supplémentaires, vous pouvez évaluer plus précisément les performances globales et l'efficacité de votre système photovoltaïque[3].

II.6. Routage modulaire:

- **Déclinaison (δ)** : La déclinaison est l'angle entre les rayons uniques et le plan d'étage. Cette fois, il fait $-23,45^\circ$, soit la valeur du dispositif dans l'hémisphère Nord, notamment le jour d'ensoleillement (les 21 et 22 décembre).

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360}{365(N_j+284)}\right) \quad (10)$$

- **Calcul β** : remplace l'angle de l'altitude solaire et il est calculé dans la formule fournie. Pour le placement spécifique avec une latitude (ϕ) du milieu $34,84^\circ$, et la déclinaison donnée, β est calculé dans le milieu $31,71^\circ$.

$$\beta = 90 - \text{laltitude}) - 23,45 = 31,71 \quad (11)$$

- **Optimisation de l'angle d'inclinaison des panneaux** : Pour maximiser la capacité d'irradiation, l'angle d'inclinaison des panneaux est déterminé. Il est suggéré de fixer un point d'installation proche de manière à ce que

l'angle d'inclinaison à la latitude moins soit de 10° . Pour la latitude à $34,84^\circ$, l'angle environmental devrait être à $24,84^\circ$.

- **Simulation avec le programme PVSyst** : Les simulations affectent le programme PVSyst en utilisant différentes valeurs de fonctionnement pour déterminer les valeurs de production annuelles pour un module de 1 MW.

Si les simulations affectent différents angles cliniques, vous pouvez augmenter la valeur de ces angles et produire plus d'énergie sur une nouvelle installation de panneaux solaires. Cette approche vous permettra de créer un système de production plus uniforme tout au long de l'année, maximisant la production mondiale d'énergie[1].

Tableau 1: Production annuelle en fonction de l'angle d'inclinaison

Inclination (degrees)	Production / MW (MWh / year)	Select
20	2050	No
23	2072	No
25	2084	No
27	2094	No
28	2098	No
29	2102	No
31	2106	No
32	2108	No
33	2110	Selected
34	2112	No
35	2112	No
36	2112	No
37	2110	No

Cette découverte suggère que l'installation des panneaux solaires à une inclinaison de 33° entraînerait le rendement énergétique le plus élevé au cours d'une année, compte tenu de l'emplacement spécifique et des conditions considérées.

II.7. Distance entre les rangées :

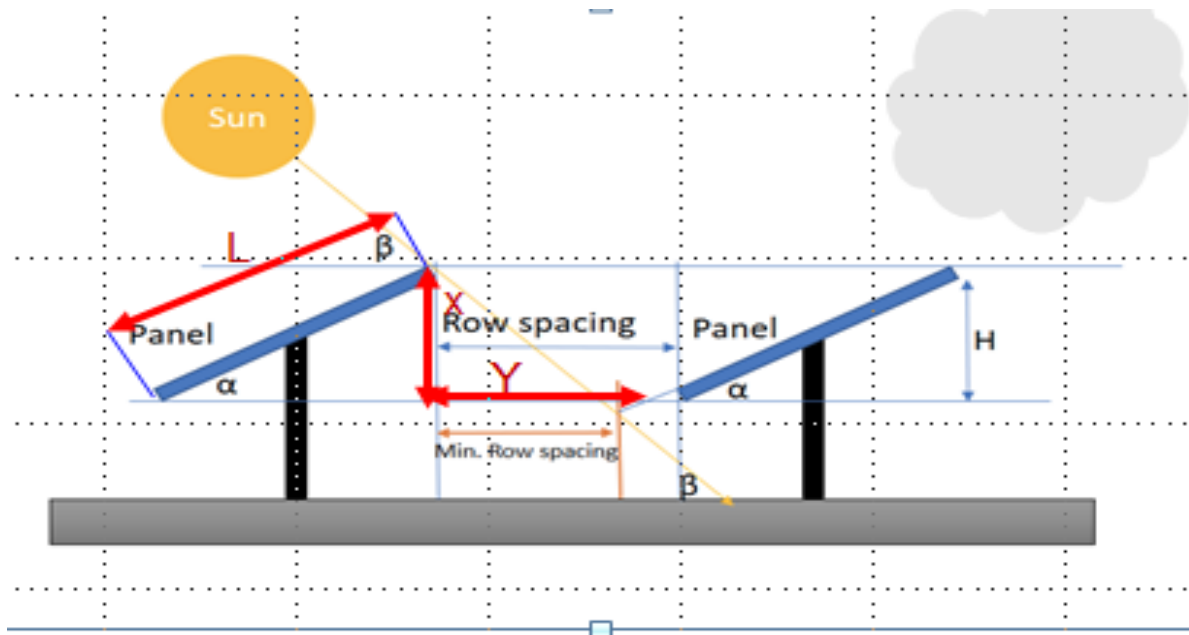


Figure 14: Distance entre les rangées

- Calcul de l'espacement minimum des rangs :

Le grand panneau mesure moins de 0,99 m et 4 panneaux sont utilisés. En conséquence, le grand total de panneaux est celui-ci $0,99 * 4 = 3,96m$

$$X = L \times \sin \alpha \quad (12)$$

$$\tan \beta = \frac{X}{Y} \rightarrow Y = \frac{L \sin \alpha}{\tan \beta} \rightarrow Y = \frac{L \sin \alpha}{\tan[66,55^\circ - (\text{Latitude})^\circ]} = \frac{3,96 \times \sin 33}{\tan 31,71} = 3,4907m \quad (13)$$

II.8. Considération sur Voc et Isc:

Pour afficher les dernières informations, veuillez cliquer sur tous les points dont vous avez besoin pour calculer la dimension d'installation :

- **Modules Photovoltaïques (YL250P-29b):**

- Tension fonctionnelle optimale (VMP) : 30,20 V
- Puissance nominale : 250 W (tolérance de 0/+5 W)
- Hauteur de tension : 29,8 V
- Prix actuel : 8,39 A
- Tension en circuit ouvert (Voc) : 37,7 V
- Courant Courant (Isc) : 8,92 A
- Fusible série maximum : 15 A
- Tension maximale du système : 1000 V
- Coefficients de température :
- Coefficient de température à Voc (α) : -0,42% / °C
- Coefficient de température pour Isc (β) : 0,042% / °C

- **Onduleur (Sungrow SG500MX-M) :**

- Courant maximum autorisable (ISC Tmax) : 1064 A
- Puissance nominale : 125 kW
- Tension maximale à courant constant : 1000 V

- Plage de tension : VMPP = 480 - 850 V

-Poids : 110 kg

- Température de fonctionnement : -25 °C à 60 °C

-Protection IP : IP65

Il est important de visualiser et de calculer les composants électriques des modules photovoltaïques, ainsi que les spécifications de l'onduleur, dès la conception de l'installation. Les différents coefficients de température sont tarifés pour calculer l'impact des variations de température sur les performances du système[5].

II.9. Modules Minimum et Maximum en série :

Tensions de fonctionnement efficaces minimales et maximales du module :

$$V_{Min_Eff} = v_{mpp_stc} \left[1 - \frac{\alpha_{voc}(T_{c_MAX} - T_{ref})}{100} \right] \quad (14)$$

- $V_{min} = 24,49v$

$$V_{Max_Eff} = v_{oc_stc} \left[1 - \frac{\alpha_{voc}(T_{c_min} - T_{ref})}{100} \right] \quad (15)$$

- $V_{max} = 37,7v$

$$[N_s]_{Min} \geq \frac{V_{Mpp_Min}^{inv}}{V_{Min_Eff}} \quad (16)$$

- $N_S \geq \frac{480}{24,49} \cong 20$

$$[N_S]_{MAX} \leq \frac{V_{DC_Max}^{inv}}{V_{Max_Eff}} \quad (17)$$

- $N_S \leq \frac{850}{37,7} \cong 23$

- Dans la plage définie (480 - 850 V). Il s'ensuit donc que pour ladite plage Défini, le seul nombre autorisé de modules en série est :

$$N_s = 22$$

II.8 le nombre maximum de modules en parallèle :

$$I_{sc_Eff} = I_{sc_stc} \left[1 + \frac{\alpha_{Isc}(T_C - T_{ref})}{100} \right] \quad (18)$$

- $I_{sc_Eff} = 9,08 \text{ A}$

Le nombre maximum de chaînes à connecter en parallèle avec l'onduleur peut être déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$[N_P]_{Max} \geq \frac{I_{Dc_Max}^{inv}}{I_{Max_Eff}} \quad (19)$$

- $N_P \leq \frac{1064}{9,08} \cong 117$

Le surdimensionnement (SD) supporté par le Sungrow_SG500MX_M.OND

L'onduleur est calculé à partir de la puissance maximale en courant continu = 506 kWp (Pour conditions inférieures à la norme STC).

$$SD = \frac{P_{Max\ cc} - P_{Nom}}{P_{nom}} = \frac{506 - 500}{506} = 0,012$$

L'onduleur admet un surdimensionnement jusqu'à 1,2%, ce qui génère une autre restriction pour le calcul du nombre de branches ou de chaînes en parallèle :

$$N_P = \frac{P_{Max\ cc}}{N_S P_{modul}} = 92 \quad (20)$$

Pour produire 20 MW, les mégawatts doivent être si similaires que chaque onduleur reçoive .La même quantité d'énergie produite et produit la même valeur de pertes dans le système, Cette organisation est obtenue grâce à 4048 panneaux photovoltaïques répartis sur 46 supports.

De sorte que:

$$N_s = 22 \text{ et } N_p = 92$$

À partir des données fournies :

- La centrale se compose de 40 onduleurs de 500 kW chacun, totalisant une puissance installée de 20 MW.
- Chaque onduleur est connecté à 92 chaînes de modules PV de 250 Wp.
- Il y a 20 transformateurs de puissance, chacun desservant un bloc modulaire de 1 MW.

- Les données de température de l'emplacement où se situera la centrale sont fournies, ce qui est crucial pour évaluer les performances des transformateurs.

Pour déterminer la charge sur chaque transformateur, nous devons calculer la puissance reçue par chaque onduleur dans des conditions de charge maximale. À partir des données de simulation, nous voyons la puissance reçue par chaque onduleur pour différents mois. Nous utiliserons la valeur la plus élevée pour déterminer la charge maximale sur les transformateurs.

Tableau 2::Données de simulation avec PVSyst.

Month	N HOURS	Courant (A)	Tension (V)	Power (KW)	Temperature (c°)	POW.2 INVERTER	Power * Red	APARENT POT TRAFO (kVa)
24 janury	5.53	954.06	645.9	616.2	2.98	1232.4	1217.6	1352.9
06 December	5.22	960	640.3	614.68	6.69	1229.36	1214.8	1349.7
16 february	5.625	973.68	637.8	598.05	7.19	1196.1	1181.7	1313
03 april	6.77	907.17	635.6	576.6	8.34	1153.2	1139.36	1266
12 November	5.38	920.57	623.8	574.25	13.29	1148.5	1134.7	1260.7
13 March	6.638	918.3	614.9	564.6	10.31	1129.2	1115.6	1239.5
07 Otober	6.28	905.04	600.4	543.4	21.1	1086.8	1073.7	1193
24 September	6.36	921	587.1	540.7	25.08	1081.4	1068.4	1187.1
03 May	7.01	833.03	605.7	504.56	20.23	1009.12	997	1107.7
04 Jun	6.94	817.6	614.1	502.08	17.95	1004.16	992.11	1102.34
18 August	7.09	801.08	570.7	475.7	32.16	951.4	940	1044.4
06 July	7.26	769.2	592.7	455.92	25.49	911.84	901	1001.1

Par exemple, à partir de la Table 2, pour janvier :

- La puissance reçue par chaque onduleur est de 1232,4 kW.

Étant donné qu'il y a 40 onduleurs, la puissance totale reçue par les transformateurs serait :

$$\mathbf{Puissance\ totale = 40 \times 1232,4 = 49256\ kw} \quad (21)$$

Maintenant, en considérant l'efficacité du transformateur (98,8%) et le facteur de puissance des onduleurs ($\cos \varphi = 0,9$ pour SUNGROW 500HE-US), nous pouvons calculer la puissance apparente que le transformateur verra.

$$\mathbf{puissance\ Apparente = \frac{Puissance\ totale \times Eff}{facteur\ puissance}} \quad (22)$$

Une fois que nous avons la puissance apparente, nous devons vérifier si elle dépasse la capacité nominale des transformateurs, qui sont actuellement proposés à 1 MVA pour chaque bloc modulaire de 1 MW.

De plus, nous devons prendre en compte les effets de la température sur la capacité du transformateur. Cela implique d'analyser les données de température fournies et d'évaluer le scénario le plus défavorable où les températures élevées réduisent la capacité de charge du transformateur.

En effectuant ces calculs et analyses, nous pouvons déterminer si les transformateurs de 1 MVA sélectionnés conviennent aux besoins de la centrale photovoltaïque ou si des ajustements sont nécessaires.

II.10.Conclusion :

À travers cette étude, nous avons réussi à déterminer avec précision le nombre de panneaux solaires, de transformateurs et d'onduleurs nécessaires pour atteindre une capacité de 20 mégawatts pour la station photovoltaïque. Nos calculs ont été rigoureux et nous avons pris en compte tous les aspects techniques pour assurer une performance optimale. Cependant, il est essentiel de reconnaître qu'il existe une perte inévitable lors de la conversion de l'énergie solaire en électricité, ce qui affecte légèrement le pourcentage de capacité réelle atteinte. Cette perte est un

facteur standard dans les systèmes photovoltaïques et a été soigneusement pris en considération dans nos prévisions pour assurer que la centrale fonctionne efficacement malgré ces pertes.

***Chapitre III.: Simulation de programme
pvsyst***

III.1. Introduction :

Dans cette partie, nous effectuerons une simulation expérimentale à l'aide du programme PVsyst pour la centrale photovoltaïque d'Ain El Melh. Nous analyserons en détail certains des nombreux résultats fournis par le programme.

III.2. Définition d'un programme:

PVsyst est un logiciel spécialisé dans la simulation et l'analyse de systèmes photovoltaïques (PV). Il permet aux ingénieurs, chercheurs et professionnels de l'énergie solaire de concevoir, modéliser et évaluer la performance de centrales solaires à travers des simulations détaillées[21].

Voici quelques caractéristiques clés de PVsyst :

- **Simulation de Systèmes PV :** PVsyst permet de modéliser des systèmes photovoltaïques de différentes tailles et configurations, en prenant en compte des paramètres tels que l'irradiance solaire, la température, l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires, ainsi que les caractéristiques des onduleurs.
- **Analyse de Performance :** Le logiciel fournit des outils d'analyse pour évaluer la performance énergétique des systèmes PV, y compris la production d'électricité attendue, la prévision des rendements énergétiques, et l'identification des pertes et des inefficacités.
- **Optimisation de Conception :** PVsyst aide les utilisateurs à optimiser la conception des installations solaires en testant différentes configurations, orientations de panneaux, inclinaisons et tailles de système pour maximiser la production d'énergie solaire et minimiser les coûts.

- **Importation de Données** : Le logiciel permet l'importation de données météorologiques réelles, telles que l'irradiance solaire, la température et la vitesse du vent, ainsi que des données sur les composants PV, comme les spécifications des panneaux solaires et des onduleurs.
- **Rapports Détaillés** : PVsyst génère des rapports détaillés sur les performances des systèmes PV simulés, fournissant des informations sur la production d'électricité, les rendements énergétiques, les coûts de l'énergie solaire produite, ainsi que les prévisions de rentabilité et les analyses financières[22].

En résumé, PVsyst est un outil puissant et polyvalent pour la conception, la simulation et l'analyse de systèmes photovoltaïques, offrant aux professionnels de l'énergie solaire les moyens d'optimiser leurs projets et d'assurer leur efficacité et leur rentabilité. Pour le projet à Ain El Melh, MSILA, Algérie, PVsyst est un outil précieux pour la conception et l'étude des caractéristiques de la région. Le rapport de simulation comprend des détails sur la conception du système, sa capacité de production et ses performances, offrant des insights sur les différentes pertes dans le système.

Les principales fonctionnalités de la simulation détaillée d'un système photovoltaïque par PVsyst incluent :

- Sélection des composants (panneaux PV, onduleurs).
- Arrangement détaillé du champ de capteurs (orientation, mode de montage).
- Estimation de la production d'énergie.

Les étapes de travail avec les simulations PVsyst sont représentées par des étapes organisées, garantissant une approche systématique de la conception et de l'analyse des systèmes PV[22].

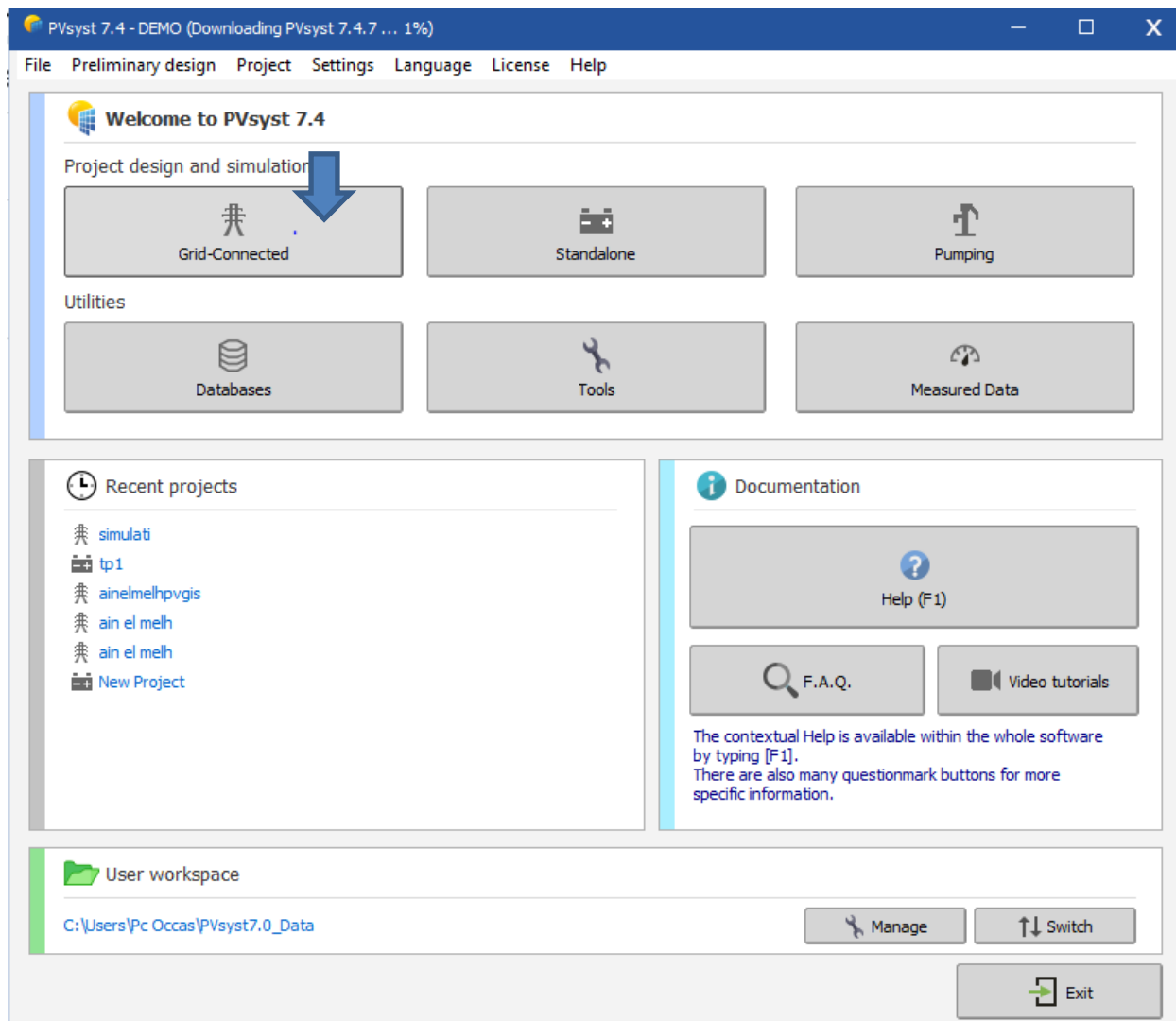


Figure 15:: Choisissez le type de conception[21]

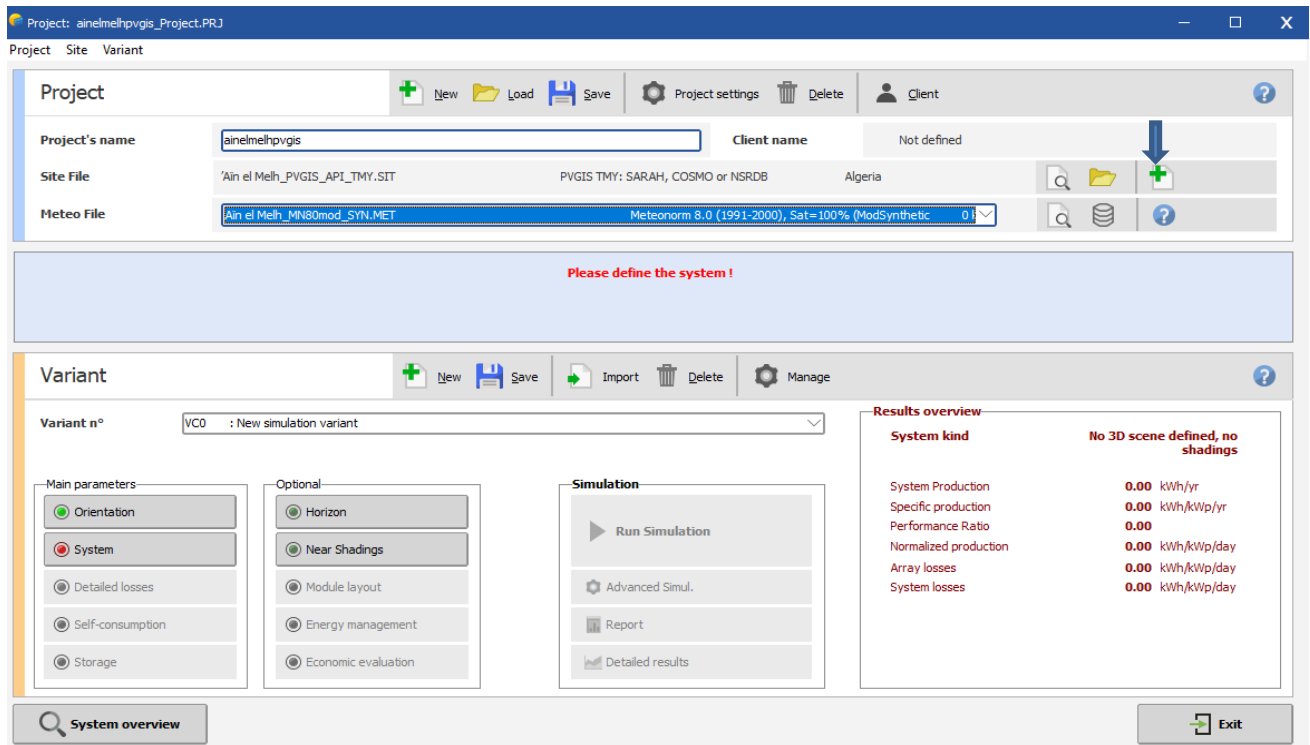


Figure 16: Liste du site[21]

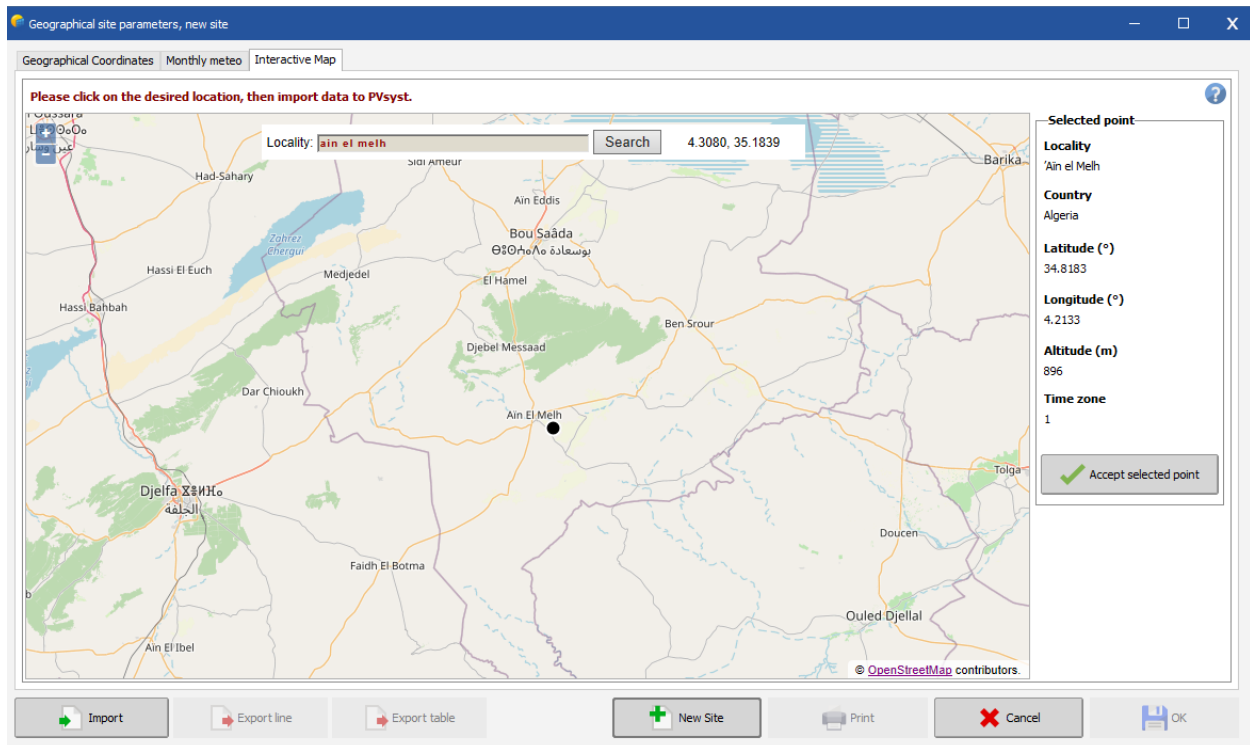


Figure 17: Localisation et carte géographique de la zone d'Ain -El Melh[21].

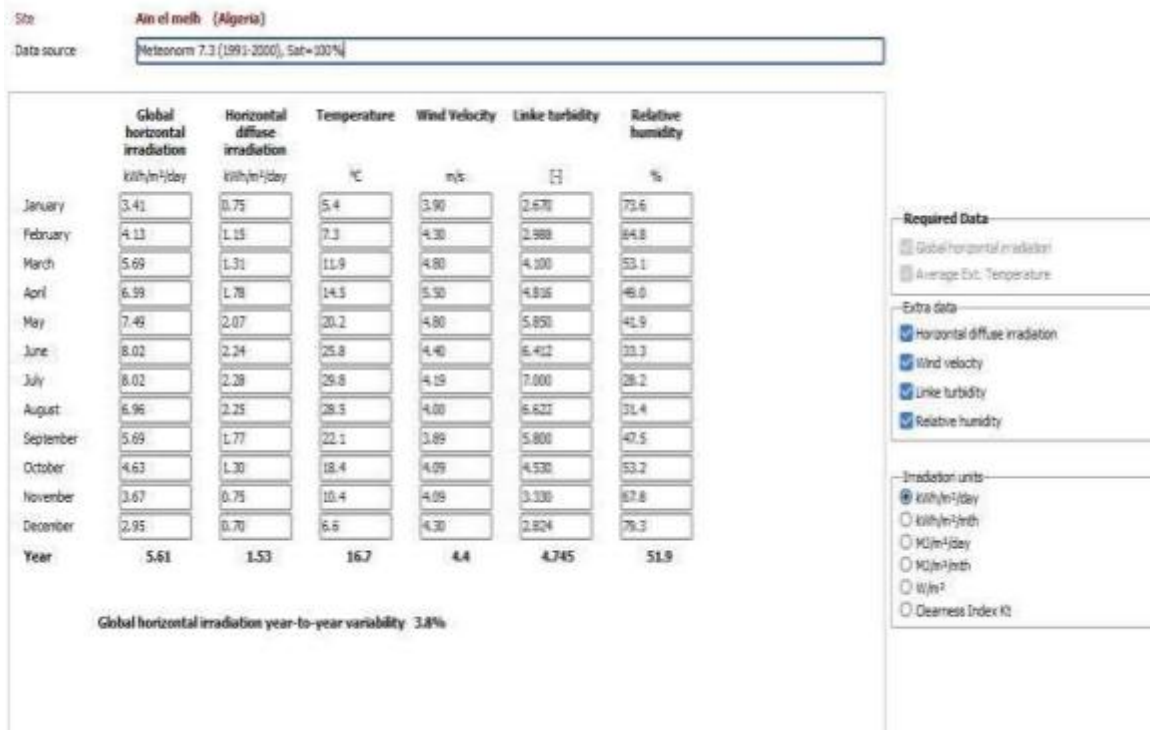


Figure 18::meteorological data of the site Ain El melh-Algeria[21]

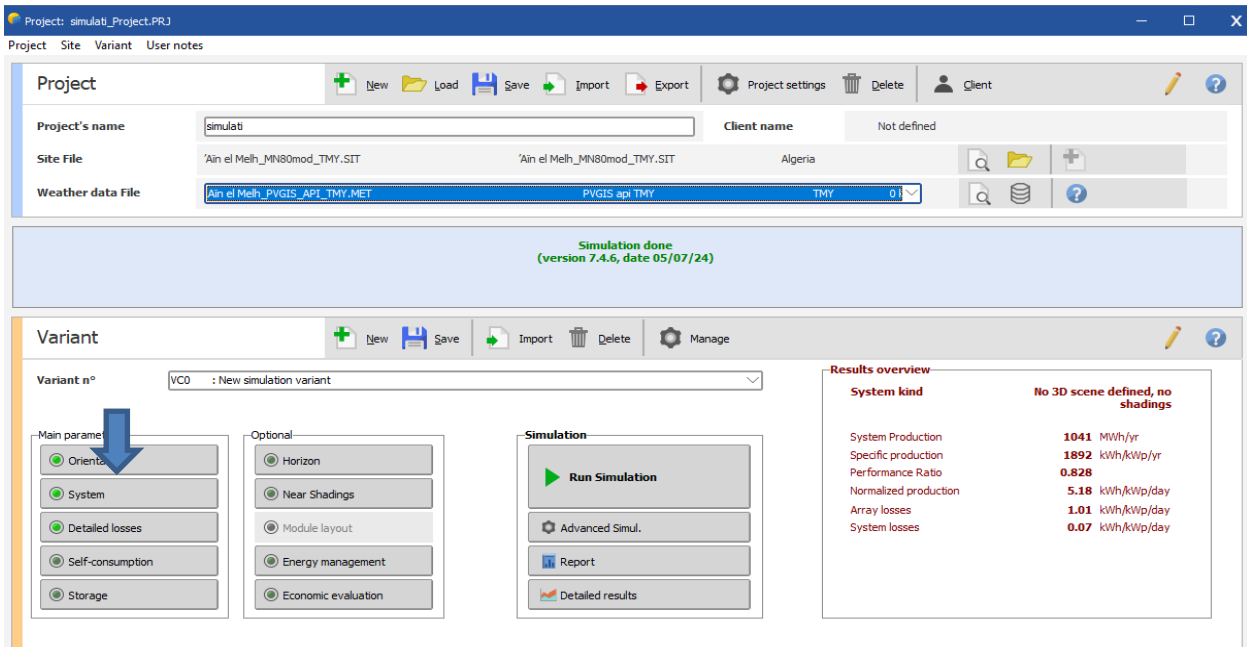


Figure 19:Choix de l'inclinaison et de l'angle d'azimut des panneaux[21]

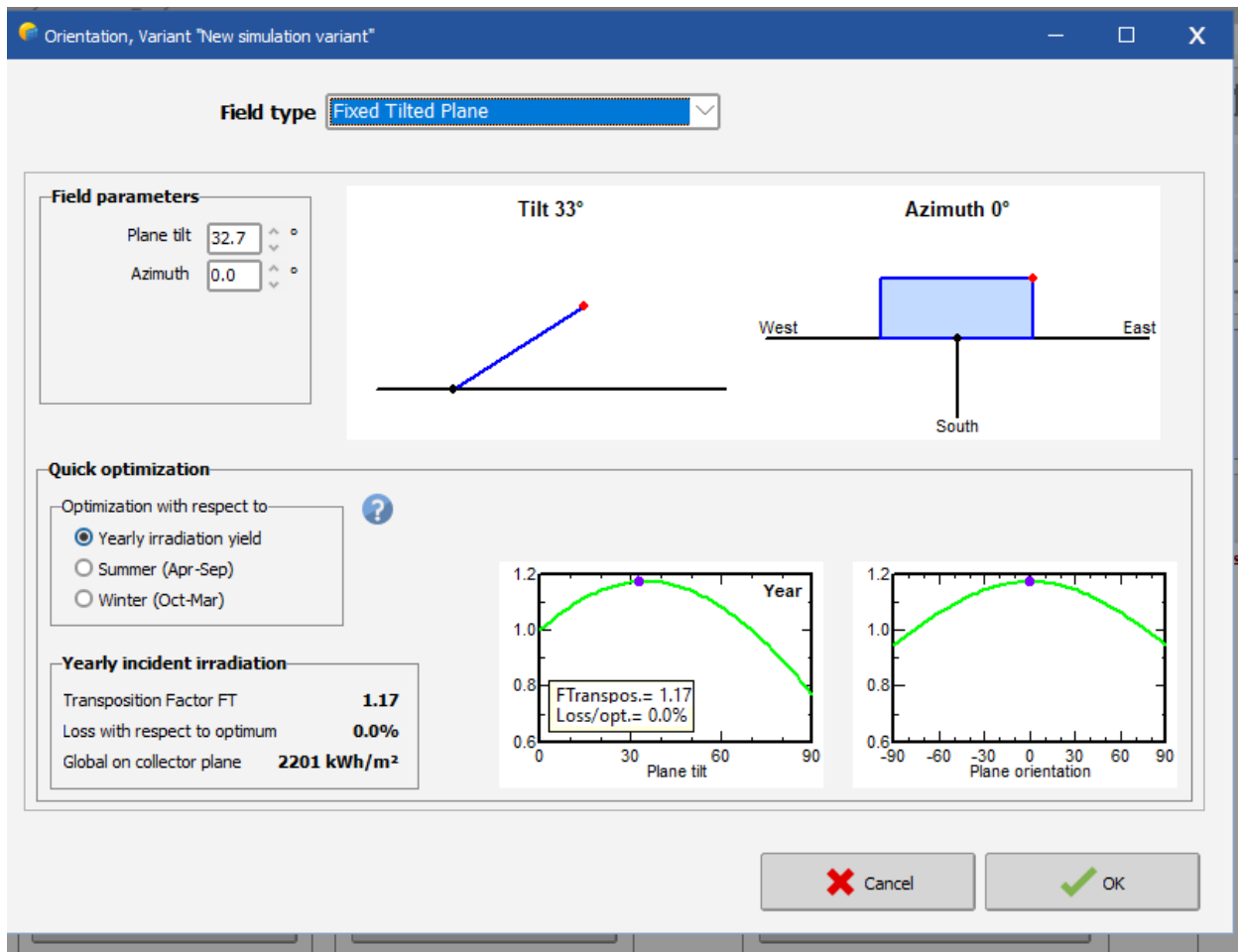


Figure 20:orientation du panneau photovoltaïque[21]

Choisir la bonne orientation pour les panneaux solaires est crucial pour maximiser leur production d'énergie et tirer le meilleur parti du rayonnement solaire disponible. Voici pourquoi :

- ✓ **Maximiser l'Exposition au Soleil** : Une orientation appropriée garantit que les panneaux solaires reçoivent un ensoleillement maximal tout au long de la journée. Orienter les panneaux vers le sud (dans l'hémisphère nord) ou vers le nord (dans l'hémisphère sud) leur permet de capter le plus de soleil possible alors que le soleil se déplace dans le ciel.

- ✓ **Optimiser la Production d'Énergie** : Lorsque les panneaux solaires sont positionnés correctement, ils peuvent générer plus d'électricité en capturant un pourcentage plus élevé de la lumière solaire disponible. Cela se traduit par une production d'énergie accrue du système, essentielle pour répondre aux demandes énergétiques et atteindre des niveaux plus élevés d'autosuffisance ou de génération de revenus.
- ✓ **Améliorer les Retours Économiques** : Une production d'énergie plus élevée se traduit par des profits économiques accrus pour les propriétaires de systèmes solaires. Que ce soit par le biais de factures d'électricité réduites pour les installations résidentielles ou d'une augmentation des revenus provenant de la vente de l'excédent d'énergie au réseau pour les projets commerciaux ou de grande envergure, maximiser la production d'énergie contribue à de meilleurs rendements financiers sur investissement.
- ✓ **Renforcer la Durabilité** : L'énergie solaire est une source d'énergie propre et renouvelable. En maximisant la production d'énergie des panneaux solaires, nous pouvons réduire la dépendance aux combustibles fossiles, diminuer les émissions de gaz à effet de serre et contribuer à un avenir énergétique plus durable.

En résumé, choisir la bonne orientation pour les panneaux solaires n'est pas seulement bénéfique pour augmenter la production d'énergie et les profits économiques, mais joue également un rôle significatif dans la promotion de la durabilité et la réduction de l'impact environnemental[3].

Project: simulati_Project.PRJ

Project Site Variant User notes

Project

Project's name: simulati Client name: Not defined

Site File: 'Ain el Meh_MN80mod_TMY.SIT' 'Ain el Meh_MN80mod_TMY.SIT' Algeria

Weather data File: 'Ain el Meh_PVGIS_API_TMY.MET' PVGIS api TMY TMY 01

Simulation done (version 7.4.6, date 05/07/24)

Variant

Variant n°: VCO : New simulation variant

Main parameters:

- Orientation
- System**
- Detailed losses
- Self-consumption
- Storage

Optional:

- Horizon
- Near Shadings
- Module layout
- Energy management
- Economic evaluation

Simulation:

- Run Simulation
- Advanced Simul.
- Report
- Detailed results

Results overview

System kind: No 3D scene defined, no shadings

System Production	1041 MWh/yr
Specific production	1892 kWh/kWp/yr
Performance Ratio	0.828
Normalized production	5.18 kWh/kWp/day
Array losses	1.01 kWh/kWp/day
System losses	0.07 kWh/kWp/day

Grid system definition, Variant VCO: "New simulation variant"

Sub-array

Sub-array name and Orientation: Name: PV Array, Orient.: Fixed Tilted Plane, Tilt: 33°, Azimuth: 0°

Pre-sizing Help:

- No sizing
- Enter planned power: 500.0 kWp
- ... or available area(modules): 3247 m²
- Resize

Select the PV module:

- Available Now: Filter: All PV modules, Approx. needed modules: 2000
- Yingli Solar: 250 Wp 25V Si-poly YL250P-29b Since 2015 Manufacturer 2015
- Use optimizer:
- Sizing voltages: Vmpp (60°C) 25.7 V, Voc (-10°C) 42.1 V

Select the inverter:

- All inverters: Output voltage 315 V Tri 50Hz
- Sungrow: 500 kW 480 - 850 V TL 50/60 Hz SG500MX-M Until 2015
- Nb of MPPT inputs: 4, Operating voltage: 480-850 V, Inverter power used: 500 kWac
- Use multi-MPPT feature: Input maximum voltage: 1000 V, inverter with 4 MPPT
- No power sharing between MPPTs

Design the array:

- Number of modules and strings: Mod. in series: 22 (between 19 and 23), Nb. strings: 100 (between 91 and 123), Overload loss: 0.0%, Pnom ratio: 1.10, Sizing
- Operating conditions: Vmpp (60°C) 564 V, Vmpp (20°C) 678 V, Voc (-10°C) 926 V, Plane irradiance: 1000 W/m², Imp (STC) 827 A, Isc (STC) 884 A, Isc (at STC) 884 A
- Max. operating power (at 1103 W/m² and 50°C): 539 kW, Array nom. Power (STC): 550 kWp

Figure 21: configuration du système dans PVsyst[21]

III.3. Rapport de simulation :

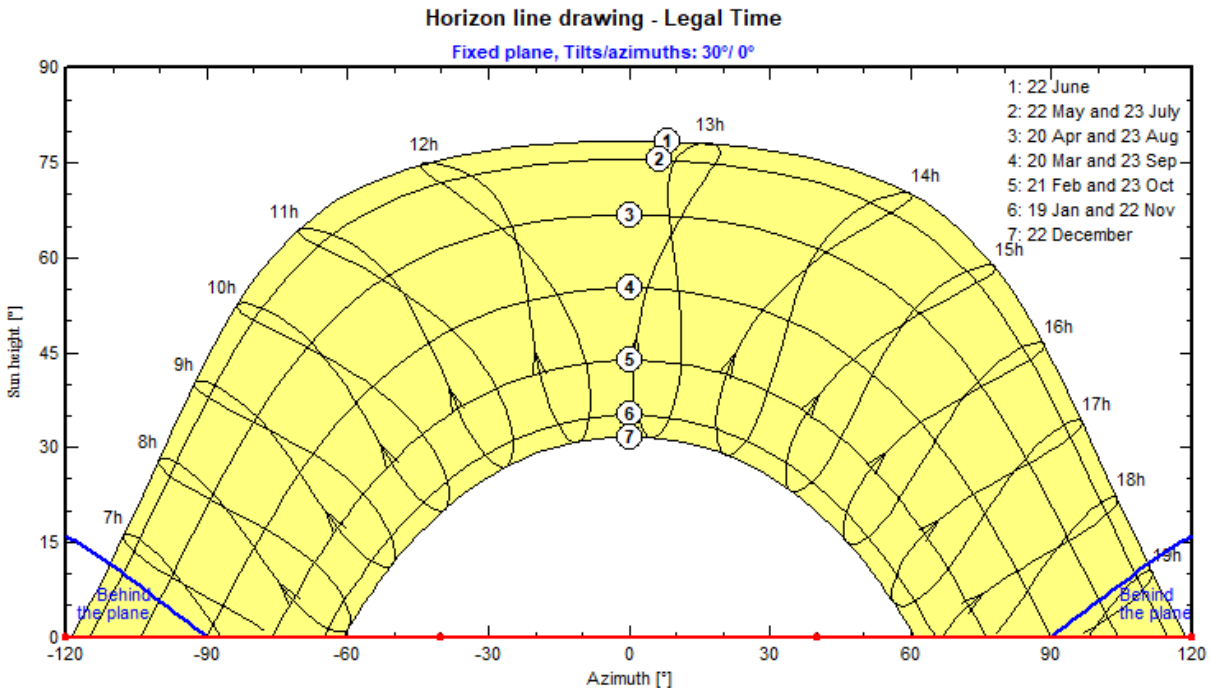


Figure 22:: La trajectoire du soleil pour la Région d'Ain el melh Algérie

L'image un diagramme de la ligne d'horizon, un outil utilisé pour calculer la hauteur du soleil et la durée du jour à un endroit donné. Le diagramme est composé d'un axe horizontal qui représente l'azimut, ou la direction du soleil par rapport au nord. L'axe vertical représente la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

Les lignes diagonales sur le diagramme représentent les différentes positions du soleil tout au long de l'année. Les nombres sur les lignes indiquent les mois de l'année, et les heures de la journée sont indiquées par des points le long des lignes. Par exemple, le point marqué "13h" sur la ligne de juin indique que le soleil sera à son point culminant (c'est-à-dire à sa hauteur maximale dans le ciel) à 13h le 22 juin. Le diagramme de la ligne d'horizon peut être utilisé pour calculer la hauteur

du soleil et la durée du jour à n'importe quel endroit donné et à n'importe quel moment de l'année. Il est un outil précieux pour les astronomes, les météorologues et les ingénieurs.

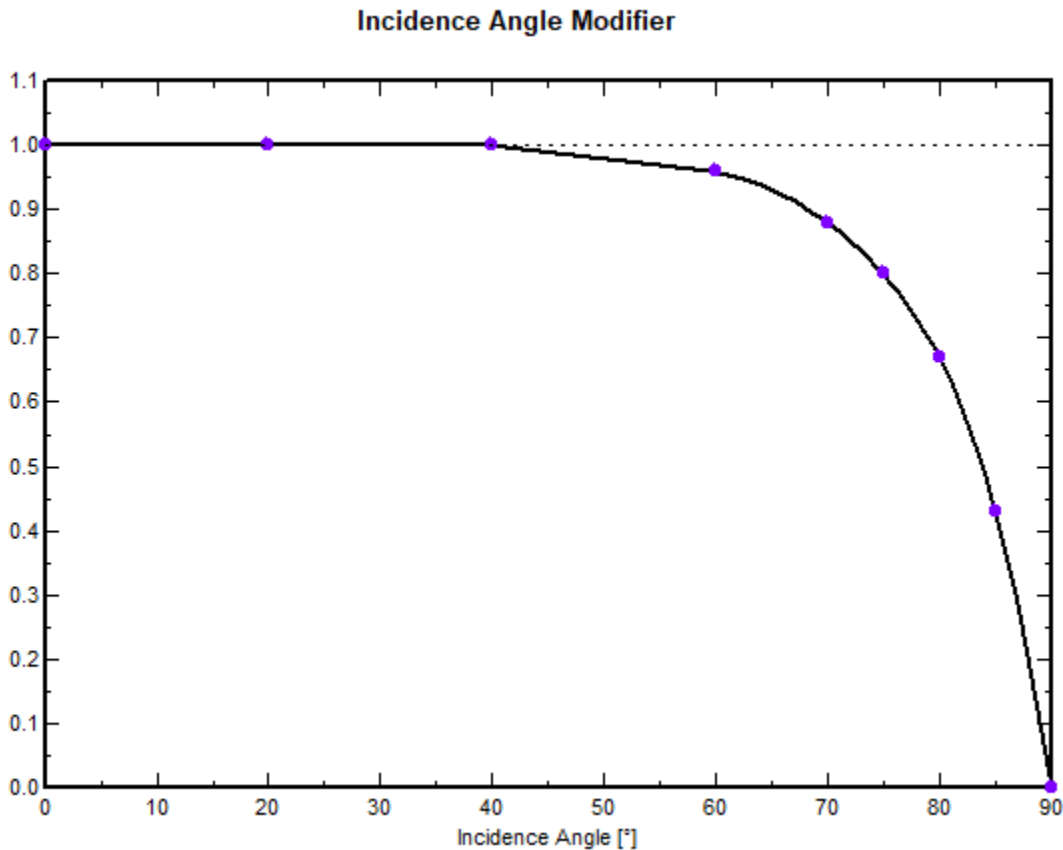


Figure 23:: incidence angle modifier

Le diagramme montre que le modificateur d'angle d'incidence diminue à mesure que l'angle d'incidence augmente. Cela signifie que moins de rayonnement solaire atteint une surface lorsque l'angle d'incidence est plus grand.

Le diagramme de l'angle d'incidence est un outil utile pour calculer la quantité de rayonnement solaire qui atteint une surface. Il est utilisé dans un certain nombre d'applications, notamment la conception de systèmes d'énergie solaire et la modélisation climatique.

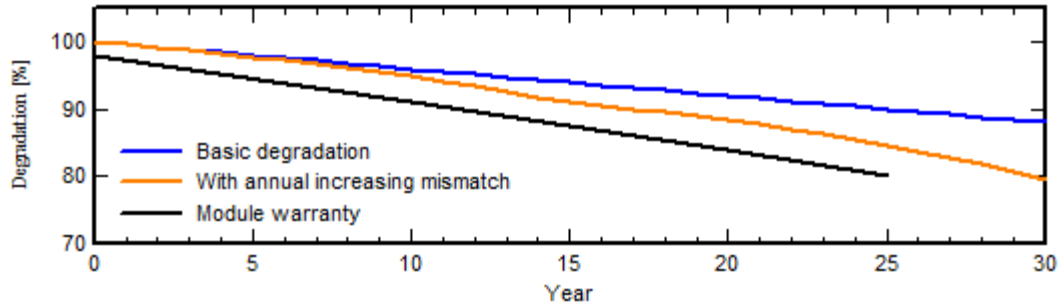


Figure 24:: dégradation

un graphique représentant la dégradation de base et la garantie des modules, ainsi que leur différence croissante chaque année. Le graphique montre que la dégradation de base est supérieure à la garantie des modules, et que cette différence augmente chaque année.

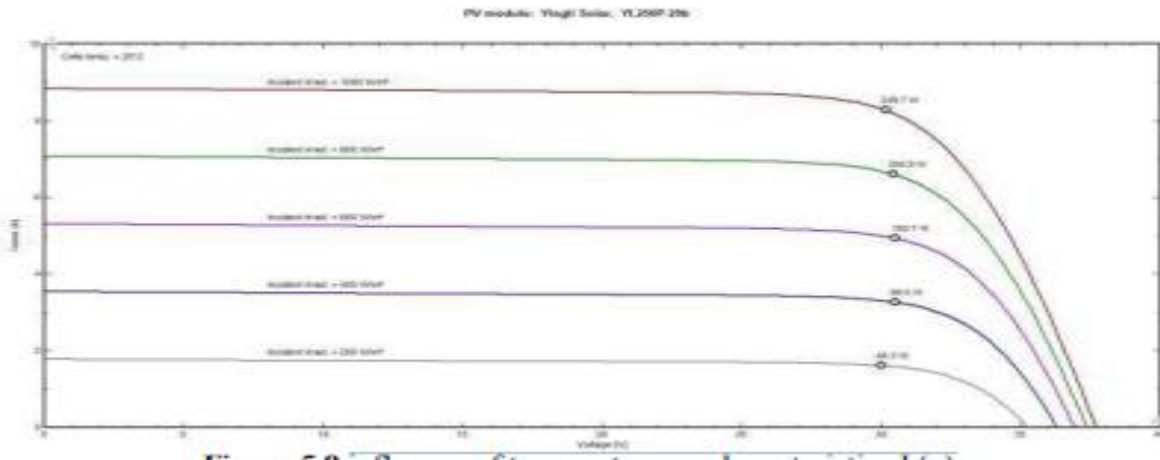


Figure 25:influence de la température sur les caractéristiques I (v)

L'image que vous m'avez envoyée montre un graphique représentant la puissance et la tension d'un panneau solaire. Le graphique montre que la puissance et la tension du panneau solaire augmentent à mesure que l'irradiance solaire augmente.

L'irradiance solaire est la quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la

Terre.

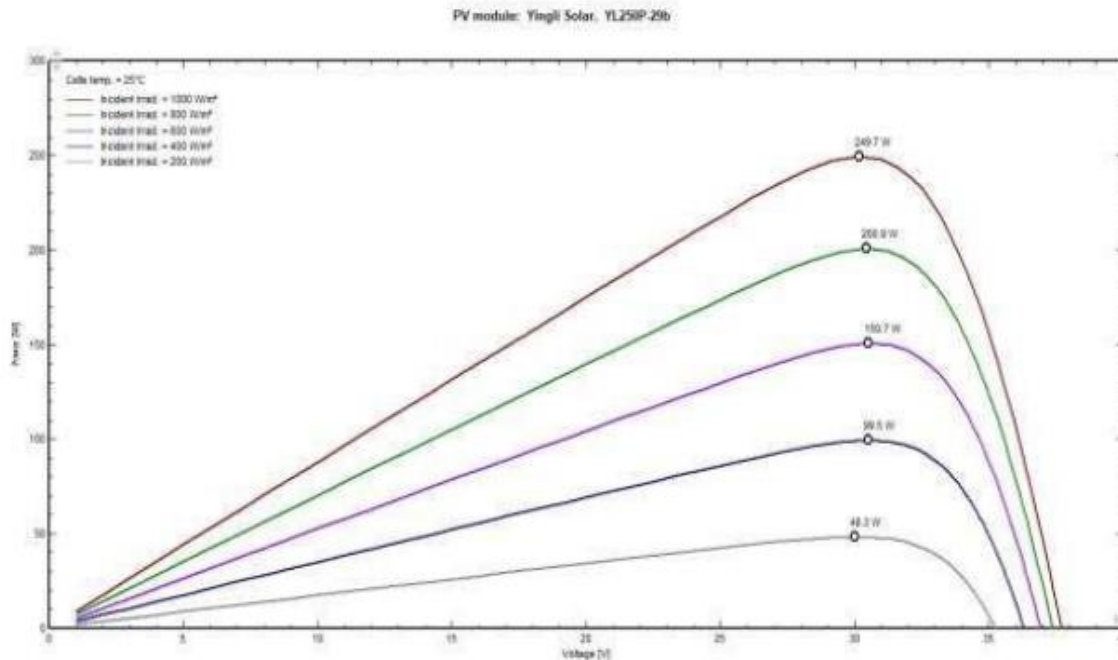


Figure 26:: influence de la température sur les caractéristiques p (v)

La température a un impact important sur le rendement d'un panneau solaire. À mesure que la température augmente, la tension de sortie du panneau diminue. Ce phénomène est appelé coefficient de température de tension (V_{oc}). Le courant de sortie du panneau diminue également légèrement avec l'augmentation de la température, mais cet effet est beaucoup plus faible que celui sur la tension.

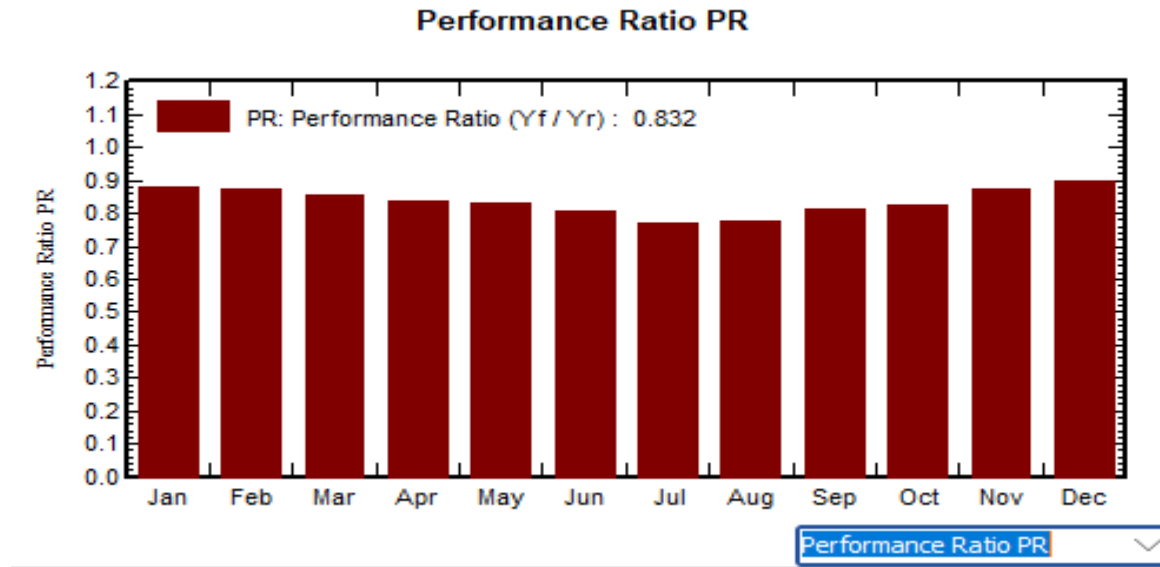


Figure 27:: Rendement globale

Barres graphiques montrant les performances du panneau solaire au passage du soleil. Le rapport de performance est une mesure de l'efficacité avec laquelle un panneau solaire convertit la lumière du soleil en électricité. Le dessin montre que le pourcentage de performance d'un panneau solaire diminue parfois en raison de plusieurs facteurs, notamment la température en été et l'ombrage en hiver.

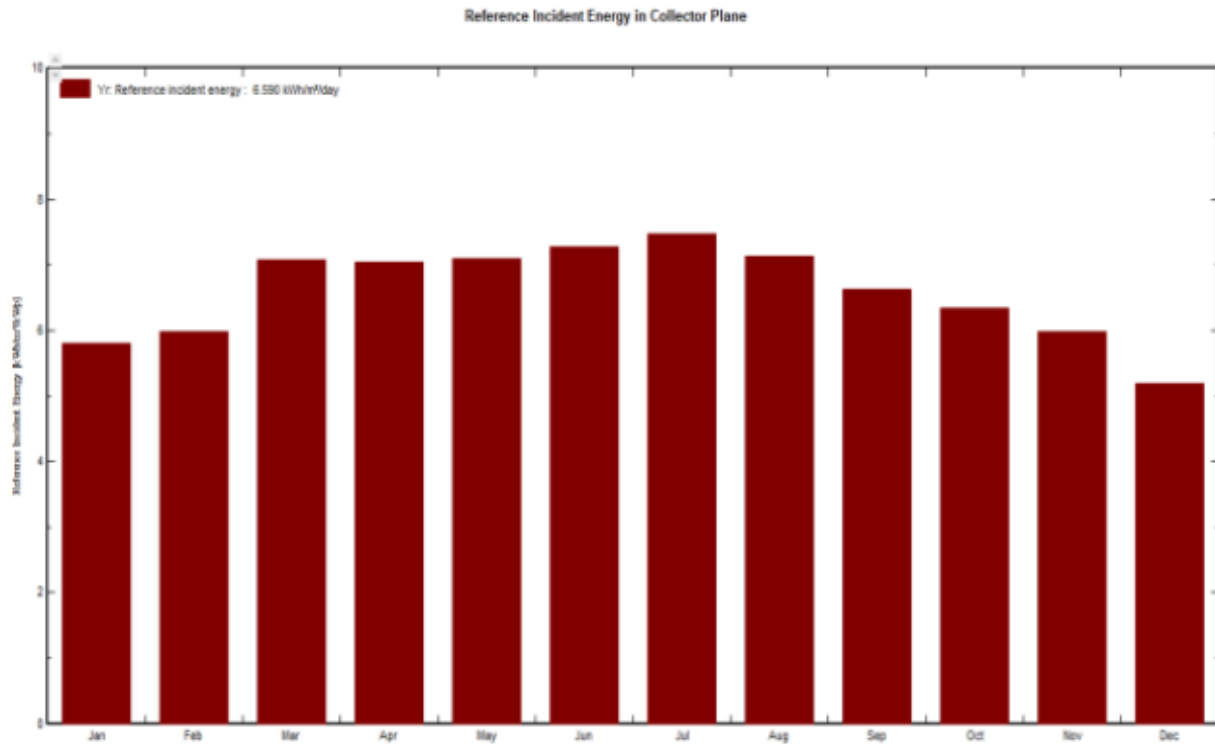


Figure 28::énergie incidente de référence sur le plan des panneaux

L'image est un graphique de l'énergie incidente de référence sur le plan des panneaux solaires. L'énergie incidente de référence est une mesure de la quantité de rayonnement solaire qui atteint les panneaux solaires. Le graphique montre que l'énergie incidente de référence varie tout au long de l'année. Cela est dû à un certain nombre de facteurs, notamment l'angle du soleil, la durée du jour et la présence de nuages.

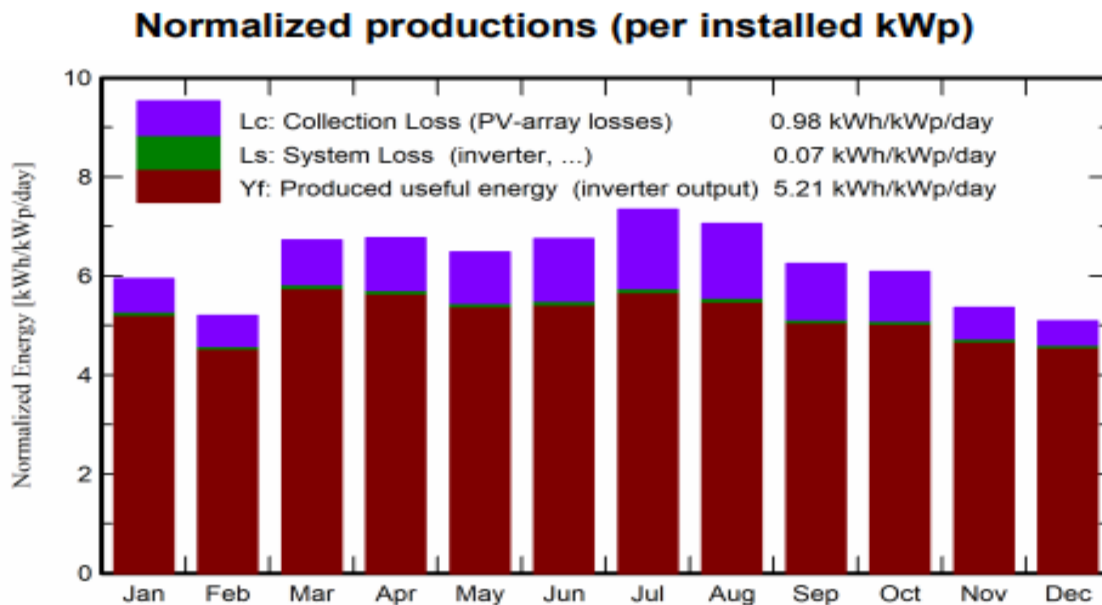


Figure 29: Production normalisé

Un graphique de production normal sur un panneau solaire cette année. L'axe qui représente le mois et l'axe qui représente la production normale sont en kWh/kWp/heure. Les graphiques indiquent que la production normale du panneau solaire est la plus efficace du mois d'été et la plus réalisable du mois d'hiver. Ceci est attribuable aux variations d'assaisonnement et de température.

Facteurs qui influencent :

Orientation et inclinaison des panneaux : L'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires peuvent affecter la quantité de lumière solaire qu'ils reçoivent.

L'efficacité des panneaux : L'efficacité des panneaux solaires assure l'efficacité avec laquelle ils convertissent la lumière du soleil en électrique.

Pertes du système: Le système englobe les pertes dues à l'efficacité de l'onduleur, au câblage et à d'autres composants.

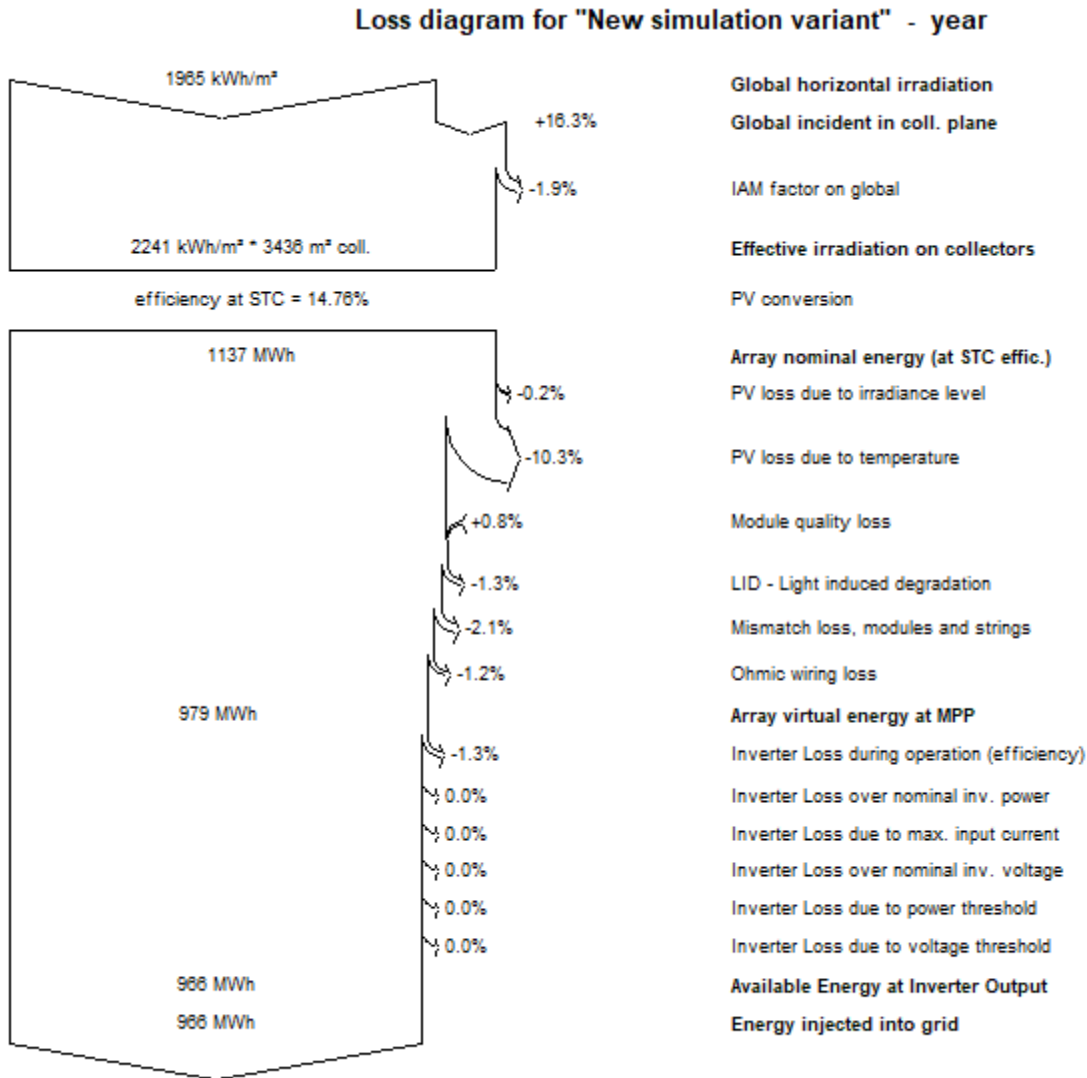


Figure 30: Diagramme des perte

L'image fournie répondait à un schéma parfait pour un système de panneaux solaires. Il montre différents types d'énergie produites dans le système, en raison d'accidents de rayonnement solaire qui provoquent l'injection d'électricité dans le système. Le diagramme vise à fournir des informations sur l'impact de différents facteurs sur la température, la climatisation et l'efficacité de l'onduleur sur la production globale d'énergie.



PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:

31/05/24 07:17

with v7.2.8

Project: simulation centale aine el melh

Variant: New simulation variant



Version 7.2.8

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: simulation centale aine el melh

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 508 kWp

'Ain el Melh - Algeria



Project: simulation centale aine el melh

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.8

VCO, Simulation date:

31/05/24 07:17

with v7.2.8

Project summary

Geographical Site		Situation		Project settings	
'Ain el Melh		Latitude	34.84 °N	Albedo	0.20
Algeria		Longitude	4.16 °E		
		Altitude	938 m		
		Time zone	UTC+1		
Meteo data					
'Ain el Melh					
PVGIS TMY: SARAH, COSMO or NSRDB - Synthetic					

System summary

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings			
PV Field Orientation		Near Shadings		User's needs	
Fixed plane		No Shadings		Unlimited load (grid)	
Tilt/Azimuth	33 / 0 °				
System information					
PV Array					
Nb. of modules	2116 units	Inverters		1 Unit	
Pnom total	508 kWp	Nb. of units		500 kWac	
		Pnom total		1.016	
		Pnom ratio			

Results summary

Produced Energy	965.8 MWh/year	Specific production	1902 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	83.20 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6



Project: simulation centale aine el melh

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:

31/05/24 07:17

with v7.2.8

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	33 / 0 °		
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
		Models used	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
		User's needs	
		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Yingli Solar	Manufacturer	Sungrow
Model	YL240P-29b	Model	SG500MX-M
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	240 Wp	Unit Nom. Power	500 kWac
Number of PV modules	2116 units	Number of inverters	4 * MPPT 25% 1 unit
Nominal (STC)	508 kWp	Total power	500 kWac
Modules	92 Strings x 23 In series	Operating voltage	480-850 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.02
Pmpp	453 kWp		
U mpp	610 V		
I mpp	742 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	508 kWp	Total power	500 kWac
Total	2116 modules	Nb. of inverters	1 Unit
Module area	3436 m²	Pnom ratio	1.02
Cell area	3089 m²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		LID - Light Induced Degradation				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	14 mΩ	Loss Fraction	1.3 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss				
Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %			
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.960	0.880	0.800	0.670	0.430	0.000



Project: simulation centale aine el melh

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:

31/05/24 07:17

with v7.2.8

Main results

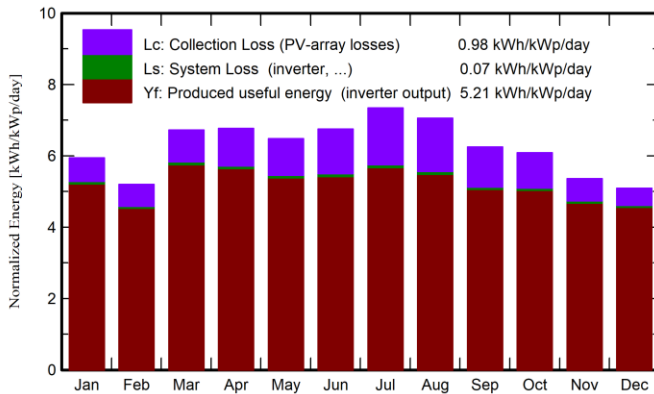
System Production

Produced Energy 965.8 MWh/year

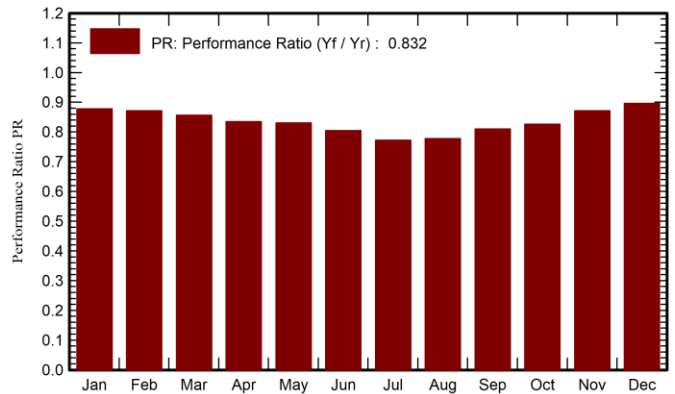
Specific production
Performance Ratio PR

1902 kWh/kWp/year
83.20 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	109.4	25.50	6.66	184.2	181.8	83.22	82.12	0.878
February	104.5	40.70	9.69	145.6	143.2	65.28	64.43	0.872
March	169.4	51.60	10.27	208.4	204.8	91.89	90.63	0.856
April	190.4	61.70	15.71	203.0	198.3	87.19	86.03	0.834
May	212.0	66.40	17.63	201.1	196.0	85.93	84.78	0.830
June	223.1	68.30	23.46	202.4	197.2	83.83	82.67	0.804
July	244.6	66.40	29.06	227.5	221.9	90.54	89.29	0.773
August	213.3	60.30	28.80	218.8	214.0	87.61	86.43	0.778
September	162.5	55.50	22.73	187.4	183.6	78.17	77.13	0.811
October	140.0	46.70	19.35	188.8	185.7	80.30	79.24	0.827
November	104.1	33.70	10.32	160.9	158.8	72.19	71.24	0.872
December	92.1	29.30	6.04	157.7	155.6	72.71	71.78	0.896
Year	1965.4	606.10	16.69	2285.7	2241.2	978.86	965.79	0.832

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



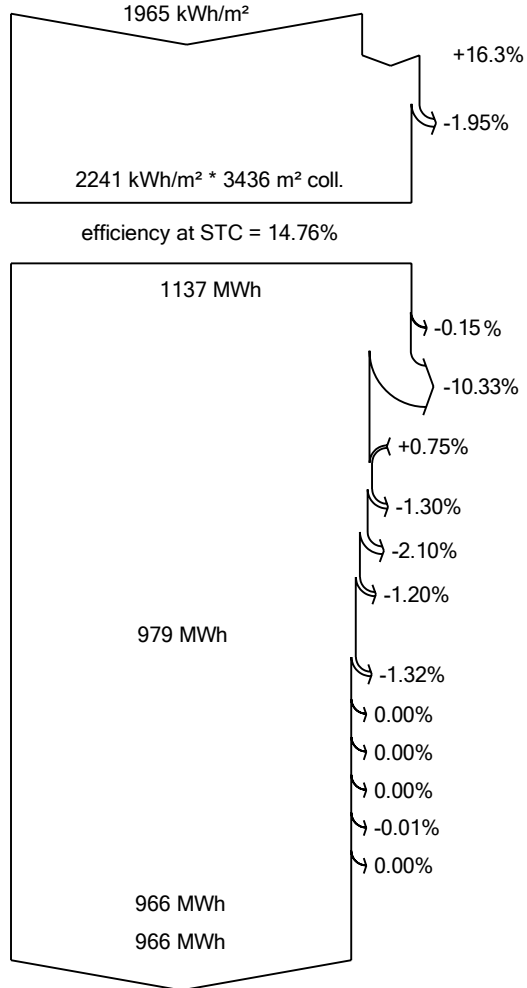
PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:

31/05/24 07:17

with v7.2.8

Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

IAM factor on global

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid

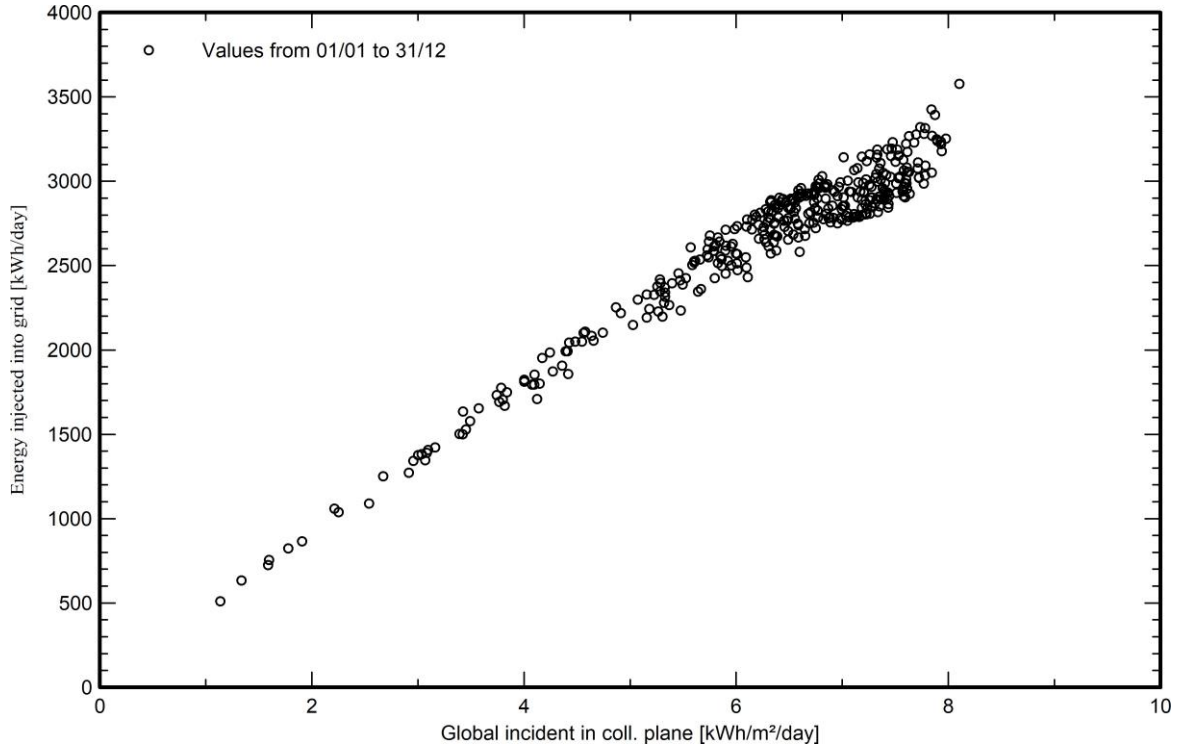


PVsyst V7.2.8

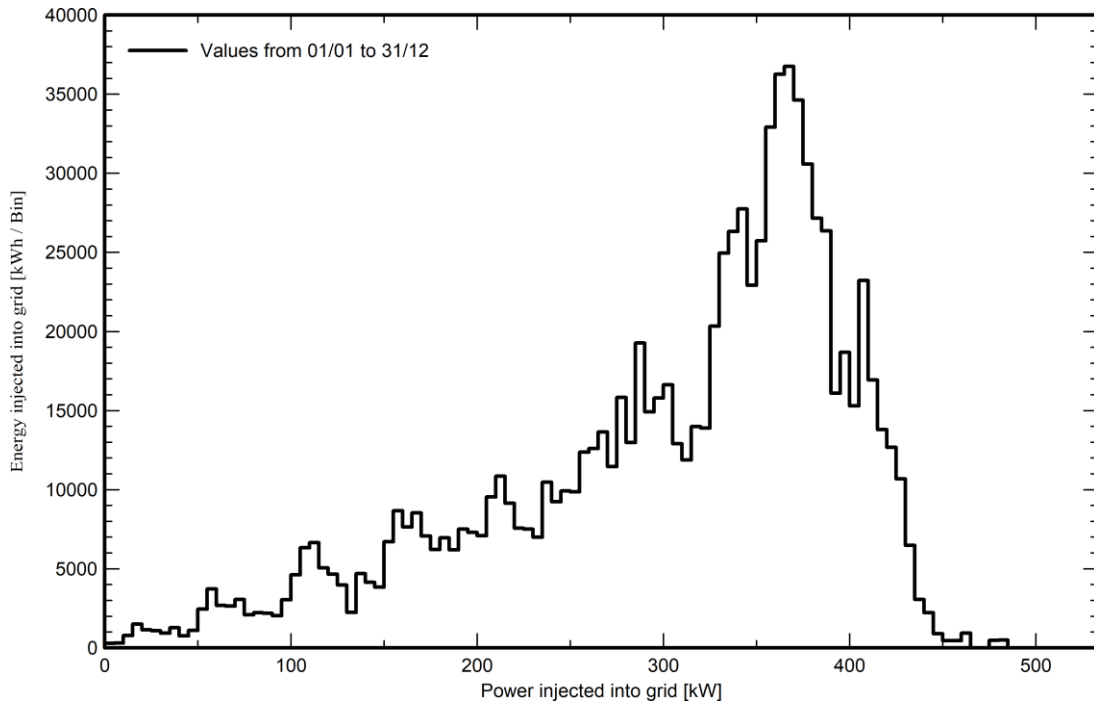
VC0, Simulation date:
31/05/24 07:17
with v7.2.8

Special graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



III .4.Conclusion :

Il semble que le rapport de simulation sur le programme PVsyst ait révélé plusieurs pertes dans le système, mais malgré ces revers, le taux de production du champ photovoltaïque reste substantiel. Cela suggère qu'il existe un potentiel important d'amélioration. En traitant ces pertes, le taux de production pourrait augmenter davantage, optimisant ainsi l'utilisation de la source d'énergie. Cela souligne l'importance du domaine de l'énergie solaire, le positionnant comme l'un des plus réussis en termes de productivité. C'est un signe encourageant pour les efforts continus de recherche et de développement dans la technologie de l'énergie solaire.

Conclusion générale

La simulation de la centrale photovoltaïque d'Ain El Melh à travers le logiciel PVSyst offre des perspectives précieuses sur les performances et les potentiels de cette installation solaire connectée au réseau. Cette conclusion générale résume les principales observations et implications de cette simulation.

Tout d'abord, la simulation confirme l'importance croissante des centrales solaires connectées au réseau dans le paysage énergétique mondial. En fournissant une source d'électricité propre et renouvelable, ces installations contribuent à la transition vers des systèmes énergétiques plus durables, tout en réduisant notre empreinte carbone et en atténuant les effets du changement climatique. En examinant les données de la simulation, nous constatons que la centrale photovoltaïque d'Ain El Melh présente des performances encourageantes en termes de production d'électricité. Grâce à son emplacement stratégique et à ses technologies efficaces, elle est en mesure de générer une quantité significative d'énergie solaire, répondant ainsi aux besoins croissants en électricité de la région.

De plus, la simulation met en évidence les avantages économiques de cette centrale solaire. En réduisant les coûts de production d'électricité et en offrant une source d'énergie stable et prévisible, elle contribue à la sécurité énergétique et à la stabilité économique de la région.

En conclusion, la simulation de la centrale photovoltaïque d'Ain El Melh démontre le potentiel transformateur de l'énergie solaire connectée au réseau. En investissant dans de telles installations et en adoptant des politiques favorables aux énergies renouvelables, nous pouvons construire un avenir énergétique plus propre, plus sûr et plus durable pour les générations à venir.

Reference :

[1] Agence Internationale de l'Énergie (AIE), : <https://www.iea.org/>

[2] Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) - L'UNESCO, <https://fr.unesco.org/>

[3] Agence internationale de l'énergie renouvelable (IRENA) – IRENA, <https://www.irena.org/>.

[4] Livres spécialisés sur l'énergie solaire, tels que "Photovoltaic Systems" de James P. Dunlop et Frank Kreith.

[5] Articles de revues scientifiques ou techniques comme Solar Energy, Renewable Energy, ou IEEE Journal of Photovoltaics.

[6] Les sites web du National Renewable Energy Laboratory (NREL) : <https://www.nrel.gov/>

[7] "Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications" par Martin A. Green.

[8] "Physics of Solar Cells: From Basic Principles to Advanced Concepts" par Peter Würfel.

[9]"Fundamentals of Solar Cells: Photovoltaic Solar Energy Conversion" par Allen Barnett et Keith McIntosh.

[10] Article : "Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, 3rd Edition" par J. Wiley & Sons. Cet article fournit des informations pratiques sur l'installation et la maintenance des systèmes photovoltaïques.

[11] Rapport : "Global Market Outlook for Solar Power 2020-2024" par SolarPower Europe. Ce rapport présente des données et des tendances sur le marché mondial de l'énergie solaire, y compris les technologies photovoltaïques

[12] Solar Power World

[13] colibri solar

[14] central-solaire-au-sol <https://www.solargie.com/centrale-solaire-au-sol>

[15] IPTC

[16] solaire_off gride.com

[17] phaesun <https://www.phaesun.com/fr/home.html>

[18] liver:Photovoltaic Systems Engineering"

[19] Agence nationale de météorologie d'Algérie

[20] mémoire Design of a PV power plant connected to the network: case study of the power plant 20MW Ain El melh

[21] PVSyst logiciel

[22] documentation officielle de PVsys.

Symbole :

α : latitude du lieu

β : L'angle d'altitude

δ : Déclinaison

I_{SC} : Le courant de court-circuit en .

V_{OC} : La tension de circuit ouvert en(V)

V : La tension (v)

T : La température en (k)

P : Puissance(W)

L : longueur du module pv (m)

h : La hauteur(m)

p_p : la puissance de crête totale installée (en kW),

F_{ac} : le facteur de conversion

F_{tr} : le facteur de perte du transformateur.

N_J : le nombre de jours

N_S : nombre de cellules en série

N_P : nombre de cellules en parallèle

Résumé :

Ce mémoire explore la conception et la mise en œuvre d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique dans la zone d'Ain El Melh. Il examine en détail les principes de base de la conception de la centrale, ainsi que sa mise en œuvre. Une simulation précise est réalisée à l'aide du logiciel PVsyst pour analyser et évaluer les performances de la centrale. Ce logiciel fournit un rapport détaillé qui met en évidence les caractéristiques de chaque élément de la centrale, notamment la production d'énergie, le rendement, la capacité, et d'autres informations pertinentes.

Resume:

This thesis explores the design and implementation of a grid-connected photovoltaic power plant in the Ain El Melh area. It examines in detail the fundamental principles of plant design and its execution. A precise simulation is conducted using PVsyst software to analyze and evaluate the plant's performance. This software provides a detailed report highlighting the characteristics of each plant component, including energy production, efficiency, capacity, and other relevant information.

تلخيص:

في هذه مذكرة قمنا بتصميم وتنفيذ محطة طاقة شمسية متصلة بالشبكة في منطقة عين الملح. تم فحص مبادئ تصميم المحطة وتنفيذها بالتفصيل، مع إجراء محاكاة دقيقة لتحليل وتقييم أداء المحطة. يوفر هذا البرنامج تقريرًا PVsyst باستخدام برنامج

مفصلاً يسلط الضوء على خصائص كل مكون للمحطة، بما في ذلك إنتاج الطاقة والكفاءة والسعة ومعلومات أخرى ذات الصلة.