

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة Hassiba Benbouali بن بوعلي - الشلف -

Université Hassiba Benbouali de Chlef (U.H.B.C)

Faculté de Technologies

Département d'Electrotechnique



Mémoire de Projet de Fin d'Etude en vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Domaine : Sciences & Technologies

Filière : Electrotechnique

Option:

Réseaux électrique & Machines électriques

Thème

**Évaluation de la taille requise d'un système photovoltaïque
pour alimenter un centre de calcul en électricité en utili-
sant l'outil PVSyst**

Présenté par:

Hadjer OUADAH & Noura ZAAFAR

Soutenu le 26/06/2024 devant le jury composé de :

Mr. H. ALOUACH	MCA	UHBC	Président
M ^{lle} . A. TOUALBIA	MCA	UHBC	Examinateur
Mr. M. ARAB	MCA	UHBC	Examinateur
Mr. M. DEKKICHE	MCA	UHBC	Encadreur

Promotion: 2023/2024

ملخص

أصبحت الكهرباء ضرورة يومية، ومع زيادة الطلب على الطاقة، نحتاج إلى إيجاد طرق أخرى لإنتاج الكهرباء. وقد ظهرت العديد من مصادر الطاقة المتجددة. من خلال دراسة حالة منشأة كهروضوئية موصولة بالشبكة لتلبية الاحتياجات الكهربائية لمركز الحوسبة التعليمي في الحسنية - جامعة الشلف، استخدمنا الطاقة الشمسية في أطروحتنا. للقيام بحساب الحجم والتكلفة المالية الإجمالية للتركيب PVsyst بذلك، استخدمنا برنامج

Résumé

L'électricité est devenue un besoin quotidien et avec l'augmentation de la demande énergétique, il faut trouver d'autres moyens de production d'électricité.

De nombreuses sources d'énergie renouvelable sont nées. En examinant le cas d'une installation photovoltaïque connecté au réseau pour assurer les besoins électriques d'une centre de calcul pédagogique à El Hassania -UHBC- située à Chlef, nous avons utilisé l'énergie solaire dans notre mémoire. Pour ce faire, nous avons fait appel au logiciel PVsyst afin de calculer la taille et le coût financier total de l'installation.

Mots clé : photovoltaïque, réseau, dimensionnement, technique, économique.

Abstract

Electricity has become a daily necessity, and with the increase in energy demand, we need to find other ways of producing electricity.

Many renewable energy sources have emerged. By examining the case of a photovoltaic installation connected to the grid to meet the electrical needs of an educational computing centre at El Hassania -UHBC- located in Chlef, we used solar energy in our dissertation. To do this, we used PVsyst software to calculate the size and total financial cost of the installation.

Key words: photovoltaic, grid, sizing, technical, economic.

Dédicace

Nous dédions ce mémoire à tous ceux qui nous ont soutenus et encouragés à entreprendre ce travail de recherche, et à ceux qui ont porté notre réussite dans leur cœur.

Remerciements

En premier lieu et avant tout, nous te remercions **Allah** le tout puissant qui nous a donné la volonté et le courage pour effectuer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement mon promoteur de mémoire le Docteur **DEKKICHE Mohamed**, Maitre assistant à l'université de Chlef, pour ses conseils très utiles, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de la préparation de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi a ceux qui nous avons fait l'honneur de juger notre travail les membres du jury.

Par la même occasion, nous présentons également nos vifs remerciements aux enseignants du département d'Électrotechnique/Faculté de technologie de l'université Chlef, pour leurs conseils et leurs encouragements.

Nous tenons également à adresser nos plus sincères remerciements à nos chers parents et familles, sans eux, nous n'aurions pas pu arriver ici aujourd'hui.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont permis, de près ou de loin, de réaliser ce travail.

Nomenclature

Symboles	Désignation	Unités
Lc	Perte de collection	kWh/kWc/j
Ls	Perte système	kWh/kWc/j
T _C	Température journalière de la cellule du PV	°C
T _{C,NOCT}	Température du fonctionnement nominale de la cellule	°C
T _{C,STC}	Température de la cellule du PV en STC	25°C
Yf	Energie utile produite	kWh/kWc/j
E	Tension	(V)
I	Intensité	(A)
I _{cc}	Courant de court-circuit	(A)
IMPP	Courant de puissance maximal	
I _{oc}	Intensité à circuit ouvert	A
kW	Kilowatt	kW
kWh	Kilowatt heure	kWh
MPP	Point de Puissance Maximum	W
P	Puissance	W
U	Tension	V
UMPP	Tension de puissance maximale	
V	Volt	V
V _{co}	Tension de circuit ouvert	V
Wc	Watt-crête	W
Exposants		
°C	Degré celsius	
Abréviations	Désignation	
\$	Dollar	
AC	Courant alternatif	
an	Année	
CCP-UHBC	Centre de calcule pédagogique Université Hassiba Ben Bouali	
COE	Le coût de l'énergie	

DC	Courant continu
DZD	Dinar Algérien
ENIE	L'Entreprise nationale des industries électroniques
EnR	Energies renouvelables
EPIA	Européan photovoltaic industry association
IAM	Incidence angle modifié
J	Jour
N	Neutre
NICE	New Industrial Cells Encapsulation
NPC	l'investissement global du système
Ond	Onduleur
P	Phase
PR	L'indice de performance
PV	Panneau photovoltaïque
SKB	Shariket Kahraba Berrouaghia
SKD	Shariket Kahraba de Koudiet Edraouch
SKH	Shariket Kahraba Hadjret Ennouss
SKS	Shariket Kahraba Skikda
SKT	Shariket Kahraba Terga
SKTM	Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida
SPE	Société Algérienne de Production de l'Electricité
SPP	Solar Power Plant
STC	Conditions standards de test des panneaux
TEP	Tonnes équivalentes de pétrole

Liste des figures

Chapitre I.....	
Figure I 1. Répartition du rayonnement solaire dans le monde en kWh/m ² /an	1
Figure I 2. Comparaison de l'évolution de la population mondiale et de la consommation énergétique mondiale, par habitant	2
Figure I 3. La production mondiale d'électricité en 2013 :(A). les différentes sources de production d'électricité. (B). l'électricité d'origine renouvelable	3
Figure I 4. Évolutions des prix du Watt crête photovoltaïque et d'une installation solaire entre 1978 et 2013	4
Figure I 5. Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu	5
Figure I 6. Puissance installée par producteur	6
Figure I 7. L'horizon des énergies renouvelables en 2030	7
Chapitre II.....	
Figure II 1. Système PV/Réseau	11
Figure II 2. Configuration d'un système hybride	12
Figure II 3. Systèmes autonome avec stockage	12
Figure II 4. Les types des modules photovoltaïques	13
Figure II 5. Schéma générale de production, transport et distribution de l'énergie électrique	14
Figure II 6. Onduleurs	14
Chapitre III.....	
Figure III 1. Plan récapitulatif des étapes à suivre pour simuler PV/Réseau	16
Figure III 2. Présentation du site.....	17
Figure III 3. Orientation optimale proposée par PVsyst.....	18
Figure III 4. Les données climatiques du CCP durant l'année 2023.....	19
Figure III 5. Consommation horaire journalière globale	21
Figure III 6. Consommation journalière globale	21
Figure III 7. Profil mensuelle	21
Figure III 8. Caractéristique I(V) d'un module PV	22
Figure III 9. Efficacité en fonction de la puissance de sortie.....	25
Figure III 10. Choix de type de module et onduleur dans PVsyst.....	25
Chapitre IV.....	
Figure IV I. Système PV connecté au réseau considéré dans cette étude.....	27

Figure IV 2. Schéma Simplifié du système.....	28
Figure IV 3. Distribution de l'irradiation incidente	28
Figure IV 4. Distribution de la puissance du champ PV.....	29
Figure IV 5 Distribution de la sortie de l'onduleur.....	29
Figure IV 6. Distribution de la puissance à la sortie du système PV.....	30
Figure IV 7. Puissance injectée dans le réseau.....	31
Figure IV 8. Diagramme d'Entrée / Sortie journalier.....	31
Figure IV 9. Diagramme des pertes sur l'année entière.....	33
Figure IV 10. Les productions normalisées.....	34
Figure IV 11. L'indice de performance (PR).....	35
Figure IV 12. Cout de système.....	39

Liste des tableaux

Tableau III.1. Potentiel météorologique d'El Hassania.....	18
Tableau III.2. Détermination des besoins électriques.....	20
Tableau III.3. Les données du coût du PV et Onduleur	22
Tableau III.4. Caractéristique du champ PV et d'onduleur.....	26
Tableau IV.1. bilan de l'énergie.....	35
Tableau IV.2. Énergie injectée dans le réseau pour l'année 2023 durant 24 heures.....	37

Table des matières

ملخص	
Résumé.....	
Abstract.....	
Dédicace	
Remerciements.....	
Nomenclature.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Table des matières.....	
Introduction générale.....	
Chapitre I: Le marché solaire photovoltaïque	
I.1. Introduction.....	1
I.2. Description de l'énergie solaire photovoltaïque.....	1
I.2.1. Dans le monde.....	1
I.2.1.1. Le gisement solaire.....	1
I.2.1.2. La croissance énergétique dans le monde	1
I.2.1.3. Le marché photovoltaïque	2
I.2.2. En Algérie.....	4
I.2.2.1. La croissance énergétique.....	4
I.2.2.2. Le potentiel solaire.....	5
I.2.2.3. Le marché photovoltaïque.....	6
I.2.2.3.1. Parc de Production National	6
I.2.2.3.2. Les projets de l'énergie solaire photovoltaïque.....	7
I.3. Conclusion.....	10
Chapitre II: différents systèmes et composants photovoltaïques	
II.1. Introduction.....	11
II.2. Configuration du système solaire photovoltaïque.....	11
II.2.1. PV connecté au réseau.....	11
II.2.2. Système hybride.....	11
II.2.3. Systèmes autonomes avec stockage.....	12
II.3. Les différents composants d'un système photovoltaïque connecté au réseau.....	13
II.3.1. Module photovoltaïque.....	13
II.3.2. Réseau.....	13
II.3.3. Onduleur.....	14
II.4. Conclusion.....	15

Chapitre III. Outil et méthode

III.1. Introduction.....	16
III.2. Présentation du logiciel PVsyst.....	16
III.3. Méthodologie.....	16
III.3.1. Présentation des données.....	17
III.3.1.1. Site choisie.....	17
III.3.1.2. Données climatiques.....	18
III.3.1.3. Profil de charge.....	19
III.3.1.4. Données technico-économique.....	22
III.3.1.4.1. Coût des composants PV/Onduleur.....	22
III.3.1.4.2. Coût d'achat et de vente au réseau.....	22
III.3.2. Critères de choix des composants.....	22
III.3.2.1. Choix du générateur photovoltaïque.....	22
III.3.2.2. Choix de l'onduleur photovoltaïque.....	23
III.3.4. Caractéristiques thermique et électrique des composants (PV/Onduleur).....	25
III.4. Conclusion.....	26

Chapitre IV: Simulation et analyse des résultats

IV.1. Introduction.....	27
IV.2. Simulation d'un système photovoltaïque couplé au réseau.....	27
IV.3. Résultats pour PVsyst.....	28
IV.3.1. Distribution de l'irradiation incidente.....	28
IV.3.2. Distribution de la puissance du champ PV.....	28
IV.3.3. Puissance convertie à la sortie de l'onduleur.....	29
IV.3.4. Puissance à la sortie du système.....	30
IV.3.5. Puissance injectée dans le réseau.....	30
IV.3.6. Diagramme d'Entrée / Sortie journalier.....	31
IV.3.7. Diagramme des pertes sur l'année entière.....	32
IV.3.8. Évaluation des productions normalisées.....	34
IV.3.9. Indice de performance.....	34
IV.3.10. Bilans d'énergie.....	35
IV.3.11. Énergie injectée dans le réseau (valeurs horaires maximales).....	36
IV.4. Résultats économique.....	37
IV.5. Conclusion.....	38
Conclusion générale.....	39
Références bibliographiques.....	40

Annexes

Introduction générale

Introduction générale

Au fil du temps, l'énergie solaire photovoltaïque deviendra une source d'électricité majeure dans le monde. Il faut effectuer une étude préalable, précise et complète pour installer les systèmes solaires photovoltaïques. La performance des installations solaires est conditionnée par les exigences d'efficacité qui sont fournies par un logiciel développé PVsyst.

Une analyse technique suivie d'une évaluation économique par simulation numérique d'une installation PV connectée au réseau est présentée dans ce mémoire pour faciliter le choix des composants du système photovoltaïque et leur dimensionnement.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres:

Le premier chapitre, s'intéresse au marché solaire photovoltaïque, qui présente l'estimation du potentiel solaire mondial et algérien.

Le deuxième chapitre, est dédié aux différents systèmes et composants photovoltaïques et principalement les composants des systèmes connectés au réseau, pour une utilisation efficace de l'énergie solaire.

Le troisième chapitre présente méthode et outil pour satisfaire nos besoins énergétiques

Le quatrième chapitre présente la simulation et l'analyse des résultats de la simulation par PVsyst où nous exposerons la configuration du système connecté au réseau choisi.

Enfin, le travail sera achevé par une conclusion qui portera le résultat de simulation. Quelques suggestions seront faites en vue de recherches à mener et à titre de développement futur à envisager.

Chapitre I

Le marché solaire photovoltaïque

I.1. Introduction

Le chapitre aborde le potentiel de l'énergie solaire à travers le monde, ainsi qu'en Algérie. La croissance de l'énergie nécessite la recherche de ressources énergétiques inépuisables, ce que permet à la fois au monde en général et à l'Algérie en particulier de vivre une nouvelle ère des sources d'énergie renouvelable, en particulier l'énergie solaire. Enfin, on met l'accent sur le marché photovoltaïque (PV) et les initiatives de production d'électricité par photovoltaïque que le gouvernement algérien a offert pour augmenter leurs capacités à utiliser cette région.

I.2. Description de l'énergie solaire photovoltaïque

I.2.1. Dans le monde

I.2.1.1. Le gisement solaire

L'énergie solaire est répartie de manière inégale dans le monde. le plus grand potentiel possible .L'énergie se trouve dans l'hémisphère sud, mais au-dessus de 50° Nord environ, comme illustré à la figure I 1 Dans ces endroits chauds du monde, L'ensoleillement annuel peut atteindre 2300 kWh/m²/an [2].

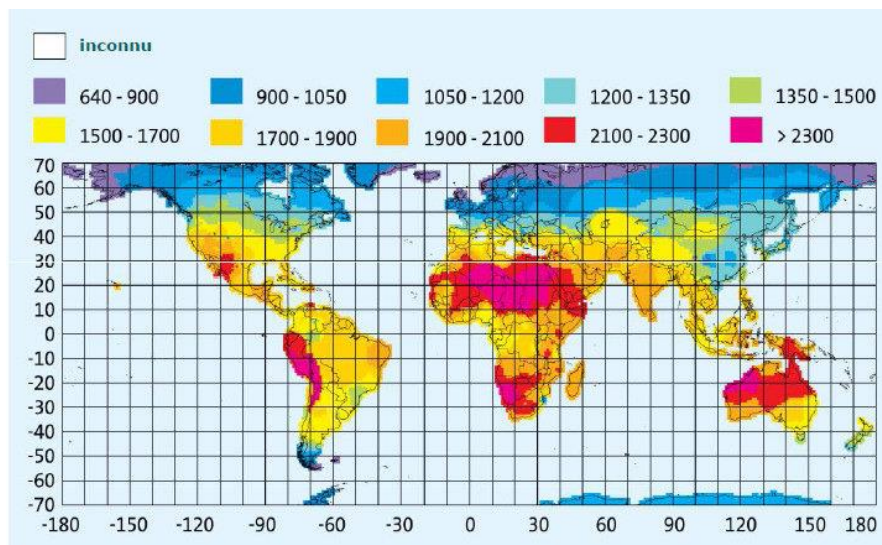


Figure I 1. Répartition du rayonnement solaire dans le monde en kWh/m²/an [1]

I.2.1.2. La croissance énergétique dans le monde

En raison de l'augmentation de la population mondiale et du progrès technologique .La consommation énergétique va augmenter, ce qui signifie que le besoin en électricité devient de plus

en plus important. La figure I 2 montre cette croissance, qui oscille entre 11% au cours de la période. 1970-2000 jusqu'à 27% entre 2000-2030 [2].

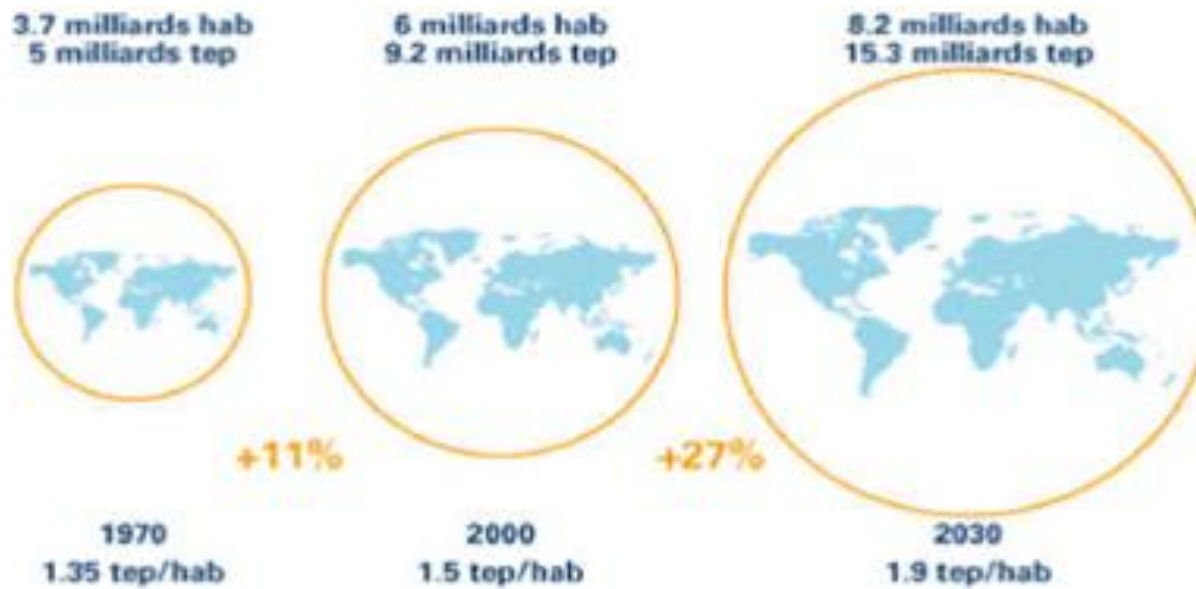


Figure I 2. Comparaison de l'évolution de la population mondiale et de la consommation énergétique mondiale, par habitant [2]

I.2.1.3. Le marché photovoltaïque

Le marché du photovoltaïque a connu une croissance remarquable ces dernières années et malgré les difficultés économiques rencontrées par le marché. La production d'électricité à l'échelle mondiale en 2013 est représentée à la figure I 3 représente une somme totale de 2 3405,7 TWh, la plupart provenant du thermique à flamme principalement en raison du développement de l'industrie dans des pays. Autres les énergies renouvelables, y compris le solaire, ne représentent qu'une infime partie de la fournir de l'électricité [3].

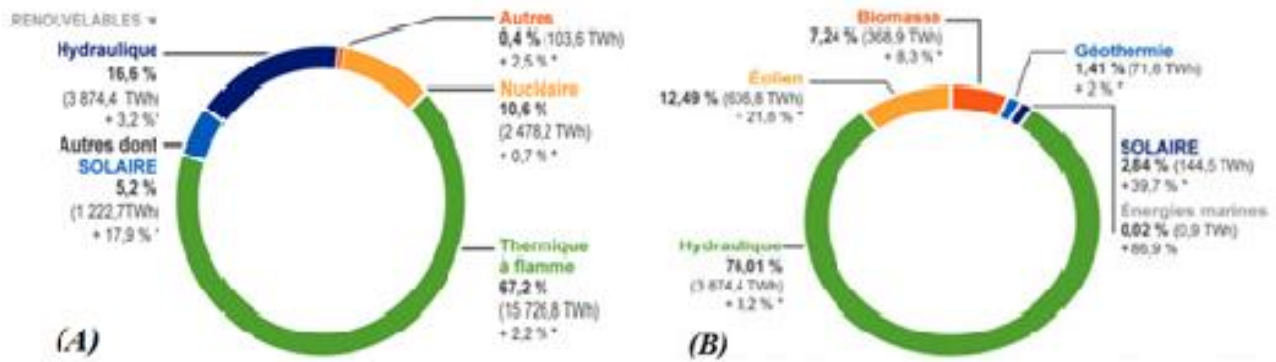


Figure I.3. La production mondiale d'électricité en 2013 : (A). les différentes sources de production d'électricité. (B). l'électricité d'origine renouvelable [3]

Selon les informations présentées aux figures I.3, la proportion d'énergie du rayonnement solaire reste assez faible. Le solaire a représenté 2,84 % de la production mondiale de l'électricité d'origine renouvelable en 2013 [3], ainsi que le rapport européen de l'électricité solaire Selon l'Association de l'industrie (EPIA) de 2014, la capacité totale installée de panneaux photovoltaïques à l'échelle mondiale atteint 138,9 GW [4].

Le fort développement du PV est dû à la baisse remarquable des prix des modules PV ont actuellement diminué, ce qui est principalement dû aux progrès en recherche et à la surcapacité de production de modules, en particulier en Chine. En Europe, la figure I 4 montre que le prix du watt crête an atteint environ 0.8 € en 2013 [2].

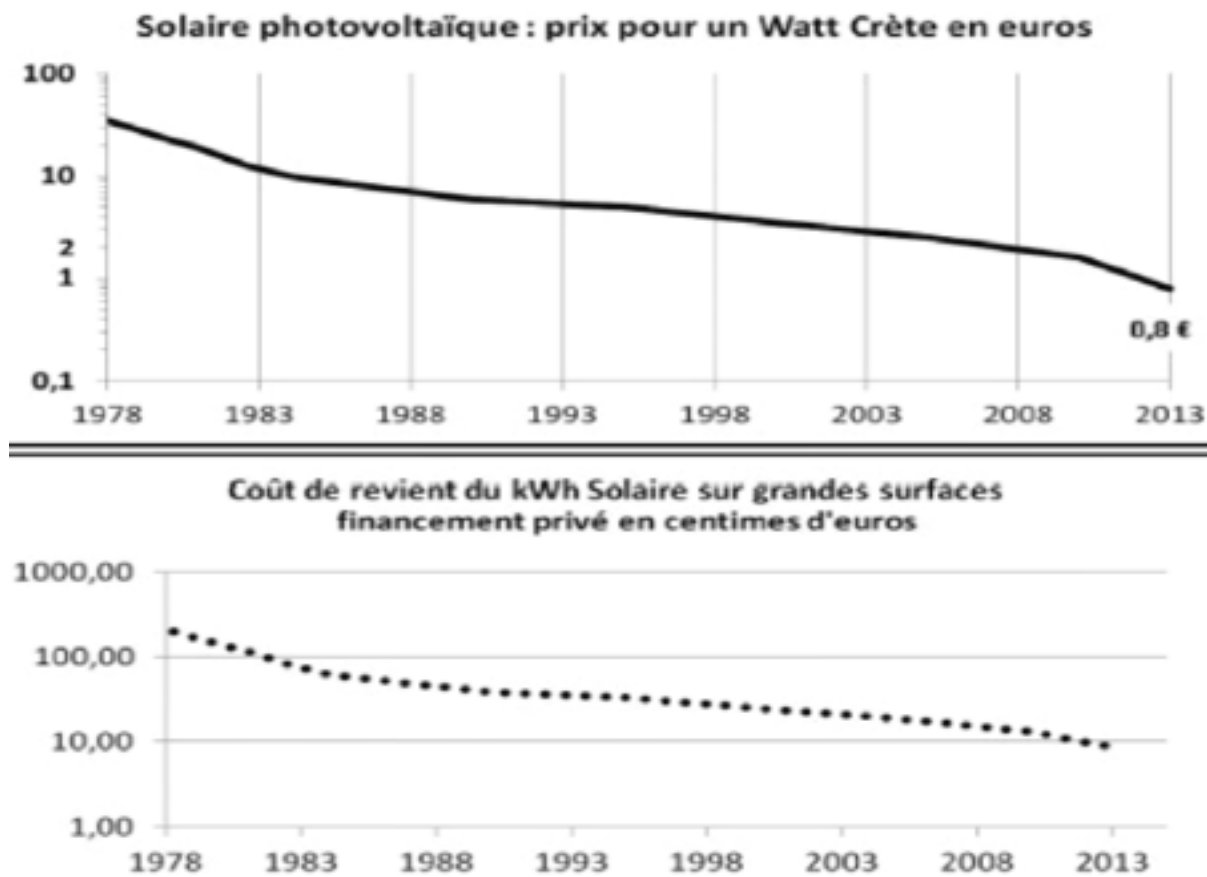


Figure I 4. Évolutions des prix du Watt crête photovoltaïque et d'une installation solaire entre 1978 et 2013 [2]

La baisse des prix des modules rend le PV plus concurrentiel que les sources d'électricité alternatives dans des pays où le réseau n'est pas encore suffisamment développé et/ou ayant beaucoup d'ensoleillement chaque année.

I.2.2. En Algérie

I.2.2.1. La croissance énergétique

La consommation d'énergie du pays a continué à augmenter pour atteindre en 2015 [3], il y avait 58 millions de tonnes équivalentes de pétrole (TEP). Cette expansion implique de tous les produits (gaz naturel, électricité et pétrole) [5].

Pour le pétrole : 18,3 millions de tonnes de produits pétroliers ont été En 2015, il y a eu une consommation de 17,5 millions de tonnes, soit une augmentation de 5,5 %. La demande d'essence et le gasoil.

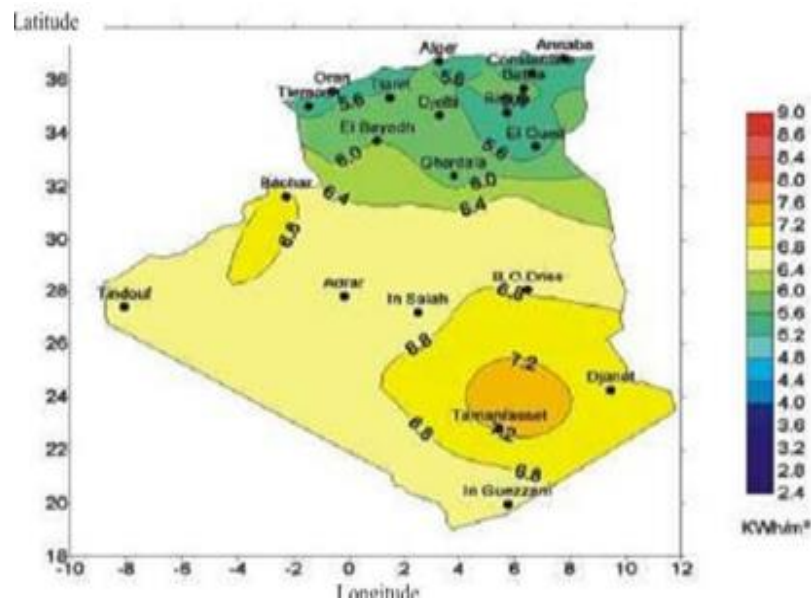
Pour l'électricité : En 2015, une augmentation de 8 % a été enregistrée .En comparaison avec l'année 2014. Elle a principalement été tirée par la demande des clients.de basse tension, principalement des ménages, avec une augmentation de 11 %. Celui-ci demande an enregistré un nouveau record en termes de puissance maximale appelée pendant la période estivale de 2015. Elle an atteint un sommet de 12.4 GW, avec un forte augmentant de 14 % par rapport au sommet de l'été 2014, qui était de 10,9MW.

Pour le gaz naturel : 39,5 milliards de mètres cubes sont consommés au niveau national .En 2015 : soit une augmentation de plus de 5% par rapport à 2014. La demande de ce produit augmente principalement en raison des exigences de la filière pétrochimie et de la demande des ménages.

I.2.2.2. Le potentiel solaire

La figure I 5 Le potentiel solaire de l'Algérie est le plus important de tout le bassin méditerranéen. Soit le solaire photovoltaïque produit 13,9 TWh/an [6]. Il représente également 5000 fois la quantité d'électricité consommée en Algérie. La durée moyenne d'insolation dans le Sahara algérien est d'environ 3500 heures par an est important dans le monde [7].

Pendant l'été, elle peut atteindre jusqu'à plus de 12 heures/jour au centre du Sahara. La région de Saoura est parmi les régions qui présentent le plus grand potentiel de tout le pays (Figure I 5) [6].



I.2.2.3. Le marché photovoltaïque

Ces dernières années, on a vu une évolution significative dans la capacité de production d'électricité déjà installé. Il y a eu une augmentation de près de 10 MW, passant de 7 492 MW en 2005 à 17238,6 MW en 2015. En dix ans, une plus grande quantité de MW sera mise en service [3].

I.2.2.3.1. Parc de Production National

Les centrales électriques de la Société forment le parc de production national .La société algérienne de production électrique (SPE) et Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida (SKTM) est mentionné ci-dessous : [3]

- Kahrama Arzew mise en service en 2005 ;
- Shariket Kahraba Skikda « SKS » mise en service en 2006 ;
- Shariket Kahraba Berrouaghia « SKB » (Médéa) mise en service en 2007;
- Shariket Kahraba Hadjret Ennousse « SKH » mise en service en 2009 ;
- Solar Power Plant (SPP) à Hassi R'Mel mise en service en 2010 ;
- Shariket Kahraba Terga (Ain Timouchent) « SKT » mise en service en 2012 ;
- Shariket Kahraba de Koudiet Edraouch (El Tarf) « SKD » mise en service en 2013.

La distribution et le développement de la puissance installée par producteur pour l'année 2015 sont les suivantes dans la figure I 6.

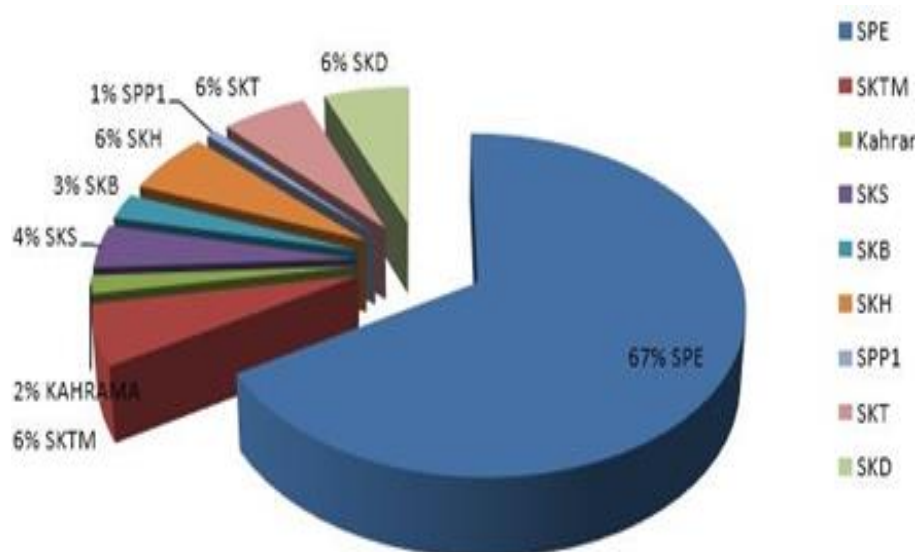


Figure I 6. Puissance installée par producteur [3]

En lançant un programme ambitieux, l'Algérie inaugure une dynamique d'énergie verte croissance des énergies renouvelables (EnR) et de l'efficacité énergétique souhaitée produire environ 40% de l'électricité renouvelable d'ici 2030 [8]. L'accent principal du programme est mis sur le solaire, une composante cruciale de la technologie photovoltaïque [3].

- Première phase 2015-2020 : Cette phase verra la réalisation d'une puissance de 4010 MW, entre photovoltaïque et éolien, ainsi que 515 MW, entre biomasse, cogénération et géothermie.
- Deuxième phase 2021-2030 : Le développement de l'interconnexion électrique entre le Nord et le Sahara, permettra l'installation de grandes centrales d'énergies renouvelables.

Objectifs du programme algérien des Energies Renouvelables

22 GW à l'horizon 2030

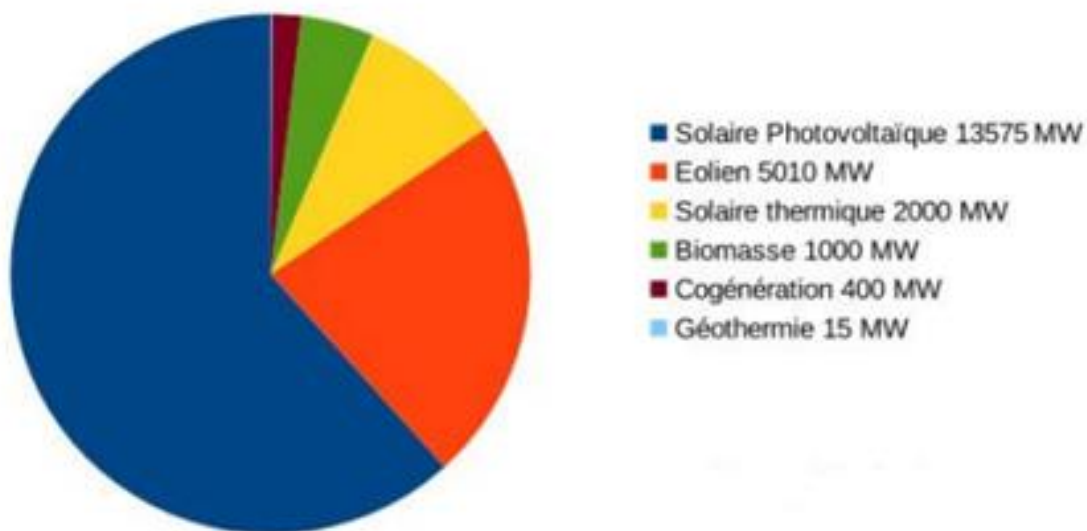


Figure I 7. L'horizon des énergies renouvelables en 2030 [3]

I.2.2.3.2. Les projets de l'énergie solaire photovoltaïque

Il est prévu que le gouvernement lance plusieurs projets solaires photovoltaïques d'ici 2020, la capacité totale sera d'environ 800 MWc. D'autres projets de 200 MWc par an devraient être réalisés entre 2021 et 2030. La majorité de ces projets sont illustrés comme suit dans la figure I 7 [8].

- Projets EnR réalisés dans le cadre du Programme d'électrification rurale 1995- 1999 : Electrification à l'énergie solaire de 906 foyers répartis sur 18 villages isolés du grand sud de l'Algérie, dans les wilayas de Tamanrasset, Adrar, Illizi et Tindouf [9]
- Projets et actions de la phase 2011-2014 du Programme national des énergies renouvelables (2011-2014) : La phase d'expérimentation du programme (2011-2014) a connu la réalisation de plusieurs projets [10]
 1. La Centrale électrique hybride (gaz–solaire) de Solar Power Plant (SPP1) à Hassi R'Mel de 150 MW dont 25 MW en solaire thermique (CSP), mise en service en Juillet 2011;
 2. La ferme éolienne de 10 MW de la Société Algérienne de Production de l'Electricité dénommée SPE dans la région d'Adrar, mise en service en Juin 2014;
 3. La centrale pilote photovoltaïque de 1,1 MWc à Ghardaïa, mise en service en Juin 2014;
 4. La Centrale photovoltaïque 03 MW de Djanet (Illizi), mise en service en Février 2015;
 5. La Centrale photovoltaïque 20 MW de Adrar (Adrar), mise en service en Octobre 2015;
 6. La Centrale photovoltaïque 03 MW de Kabertene (Adrar), mise en service en Octobre 2015;
 7. La Centrale photovoltaïque 13 MW de Tamanrasset (Tamanrasset), mise en service en Novembre 2015;
 8. La Centrale photovoltaïque de 09 MW Tindouf (Tindouf), mise en service en Décembre 2015;
 9. La Centrale photovoltaïque de 06 MW Zawyat Kounta (Adrar), mise en service en Janvier 2016;
 10. La Centrale photovoltaïque 09 MW de Timimoune (Adrar), mise en service en Février 2016;
 11. La Centrale photovoltaïque 05 MW de Reggane (Adrar), mise en service en Janvier 2016;
 12. La Centrale photovoltaïque 05 MW d'In-Salah (Tamanrasset), mise en service en Février 2016;
 13. La Centrale photovoltaïque 05 MW d'Aoulef (Adrar), mise en service en Mars 2016;
 14. La Centrale photovoltaïque 20 MW d'Ain El-Ibel (Djelfa), mise en service en Avril 2016;
 15. La Centrale photovoltaïque 20 MW de Khnag (Laghouat), mise en service en Avril 2016;

16. La Centrale photovoltaïque 15 MW d'Oued El-Kebrit (Souk Ahras), mise en service en Avril 2016;
17. La Centrale photovoltaïque 20 MW de Sedrate Leghzal (Nâama), mise en service en Mai 2016;
18. La Centrale photovoltaïque 30 MW d'Ain-Skhouna (Saida), mise en service en Mai 2016;

L'usine de fabrication de panneaux photovoltaïques

Les entreprises algériennes contribuent également à renforcer l'entrée de l'Algérie dans le secteur de l'énergie solaire. Les panneaux solaires sont fabriqués à partir de la construction des usines photovoltaïques. Les usines les plus célèbres sont citées après :

- L'usine "Aurès Solaire" de fabrication de panneaux photovoltaïques à Ain Yagout (Batna).

Une unité privée de production de panneaux photovoltaïques d'une nouvelle génération appelée NICE (New Industrial Cells Encapsulation) avec une capacité de 25 MW entrera en activité en Février 2016 [3]. Aurès solaire est une société mixte détenue par un privé algérien et le groupe français Vincent Industrie dans le but d'augmenter très rapidement la capacité de production de 25 à 50 MW afin de répondre aux besoins du marché intérieur algérien, mais également à l'exportation [3].

- L'usine "ENIE" de fabrication de panneaux photovoltaïques à Sidi Bel Abbès.

L'Entreprise nationale des industries électroniques (ENIE) mettra en production, la fin de 2016 [1], une usine de fabrication des panneaux et des cellules solaires avec une capacité correspondant à 25 MW/an au départ globalement, ces derniers seront à usage aussi bien public que domestique allant de l'éclairage public et industriel aux équipements électriques solaires (moteur, TV, climatiseur solaire..) [10].

- L'usine "Condor" de fabrication de panneaux photovoltaïques à Bordj Bou Arréridj.

Le groupe algérien spécialisé dans l'électronique, Condor a commencé la production en Mai 2013 avec une capacité de production de panneaux solaires initialement fixée à 75 MW/an [1] et une technologie du silicium dont la puissance peut varier entre 70W à 280 W monocristalin et polycristalin. Ce produit sera destiné à un usage en industrie (stations solaires), aux habitations, au pompage agricole, à l'électrification rurale et à l'éclairage public [3].

- L'usine "Rouïba Eclairage" de fabrication de panneaux photovoltaïques à Rouïba (Alger).

L'entreprise, une des filiales du groupe Sonelgaz, permettra de produire 116 MW d'énergie solaire avec ces panneaux qui seront d'une nouvelle génération, fabriqués à base du silicium et de la cristobalite, à fort captage et d'absorption des rayons du soleil. L'usine commence à fabriquer ses premiers panneaux en 2014 [3].

I.3. Conclusion

Selon l'estimation du potentiel solaire mondial et Algérien présentée dans ce chapitre. On peut généralement conclure que l'Algérie reçoit un taux de rayonnement comparable à celui des grandes puissances de l'énergie solaire, ce qui permet d'utiliser cette énergie de manière très large pour augmenter la production électrique d'un point et approvisionné les besoins électrique par panneau solaire en Algérie d'un autre point, ce qui est l'étude du chapitre suivant.

Chapitre II

Différents systèmes et composants photovoltaïques

II.1. Introduction

Les systèmes solaires photovoltaïques se composent de trois types principaux, chacun comprenant une variété de composants essentiels. Dans ce chapitre, nous explorerons chaque type de ces systèmes et leurs composants.

II.2. Configuration du système solaire photovoltaïque

Différents systèmes photovoltaïques existent, variant selon le service souhaité et les applications nécessaires.

II.2.1. PV connecté au réseau

Fait référence à une configuration dans laquelle un système de production d'électricité est connecté au réseau électrique principal. Nous convertissons cette énergie en courant alternatif et l'injectons dans le réseau électrique principal. L'énergie excédentaire peut être partagée avec le réseau [11] ce processus est illustré dans la figure II 1.

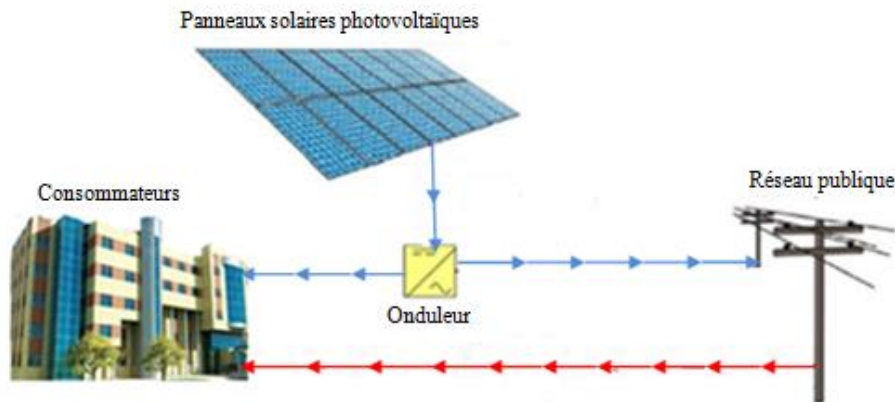


Figure II 1. Système PV/Réseau

II.2.2. Système hybride

Généralement, hybride signifie combiner deux ou plusieurs technologies dans le secteur de l'énergie, un système hybride intègre des sources d'énergie renouvelables comme le solaire et l'éolien avec des méthodes de production d'énergie traditionnelles pour assurer une production d'énergie plus stable et durable [12] comme le montre la figure II 2.

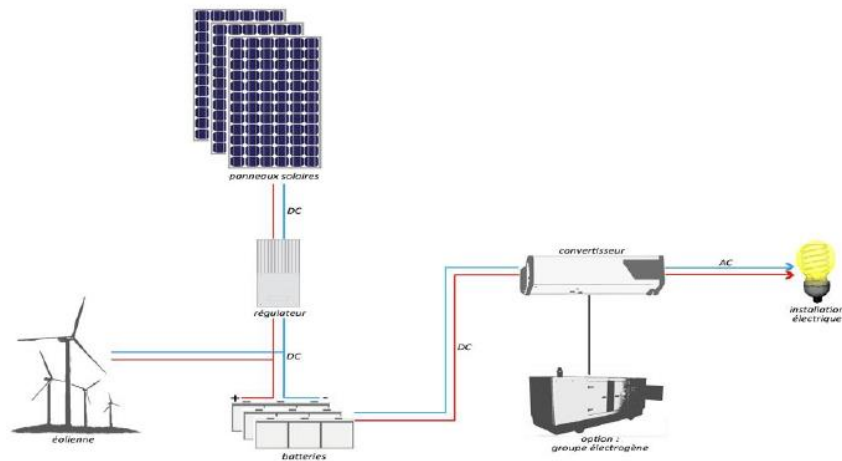


Figure II 2. Configuration d'un système hybride [13]

II.2.3. Systèmes autonomes avec stockage

L'utilisation de systèmes photovoltaïques (PV) autonomes pour alimenter les maisons ou les petites entreprises est à la fois économiquement viable et respectueuse de l'environnement pour de nombreuses personnes (Figure II 3). Ces systèmes sont particulièrement avantageux dans les zones reculées où l'extension des lignes électriques est coûteuse. Ils séduisent également ceux qui recherchent l'indépendance du réseau ou qui démontrent un engagement en faveur d'une énergie propre [14].

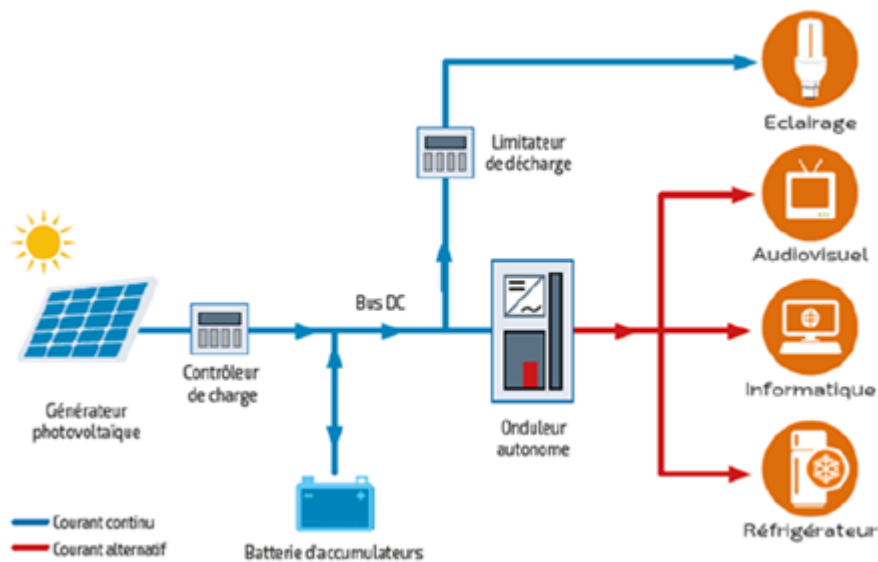


Figure II 3. Systèmes autonome avec stockage [15]

II.3. Les différents composants d'un système photovoltaïque connecté au réseau

Un système solaire photovoltaïque (PV) connecté au réseau comprend de nombreux composants différents qui fonctionnent ensemble pour créer un système solaire photovoltaïque fiable et durable. Il se compose généralement de trois composants principaux : le panneau photovoltaïque, l'onduleur et le réseau.

Grâce au mécanisme photovoltaïque, l'énergie solaire est convertie en courant continu par des panneaux photovoltaïques. Un onduleur PV convertit le courant continu produit par les modules photovoltaïques en courant alternatif compatible avec le réseau public de distribution et peut être injecté dans ce réseau et l'utilisateur.

II.3.1. Module photovoltaïque

Lorsqu'un groupe de cellules photovoltaïques à base de silicium sont connectées entre elles, elles forment un module ou panneau PV. La fonction principale de ce panneau est de capter la lumière du soleil et de la convertir en électricité utilisable [15], se composent de trois types principaux disponibles comme le montre la figure II 4.

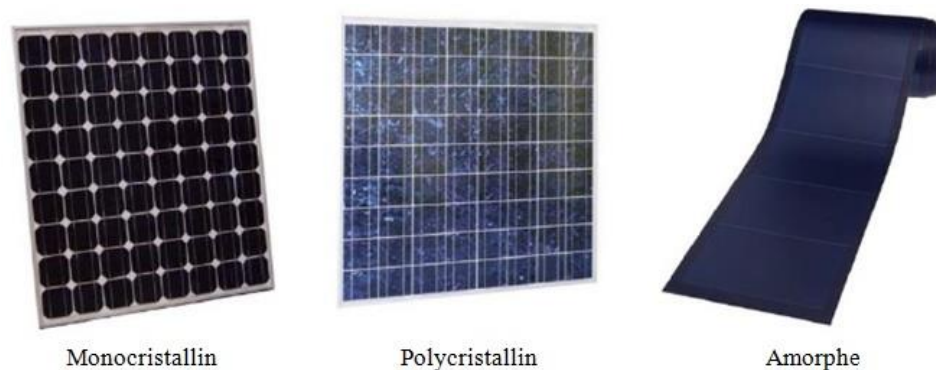


Figure II 4. Les types des modules photovoltaïques

II.3.2. Réseau

Un réseau électrique est un moyen qui permet d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est composé des lignes électriques à différents niveaux de tension connectées à des postes électriques qui permet de transformer l'électricité d'une tension à une autre (figure II 5).

Une fois produite l'électricité doit être transportée et distribuée jusqu'au consommateur. Pour cela, on distingue le réseau de transport et le réseau de distribution, ce dernier est le type qui nous intéresse.

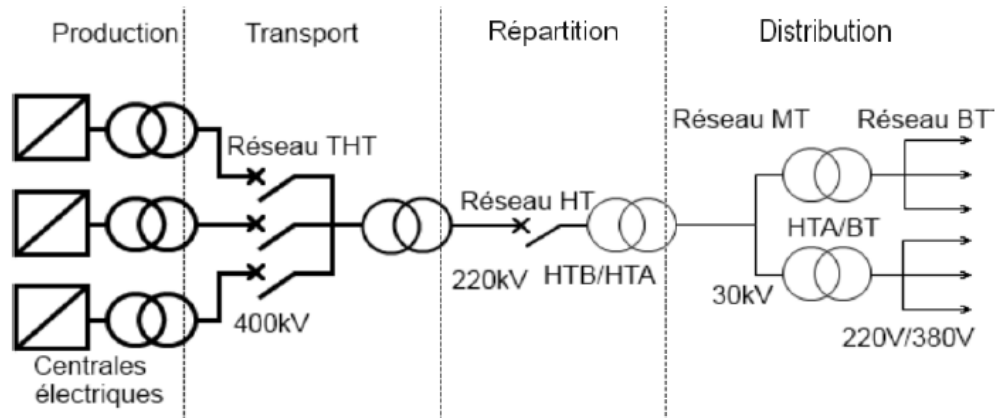


Figure II 5. Schéma de production, transport et distribution de l'énergie électrique [16]

II.3.3. Onduleur

L'onduleur a pour fonction de convertir et d'acheminer l'électricité produite avec une efficacité maximale et en toute sécurité vers le réseau électrique, s'il y a un raccordement, ou à l'utilisateur, s'il y a des sites isolés. Il est chargé de convertir comme le montre la figure II 6 le DC généré par les panneaux solaires en AC, et d'ajuster le niveau de tension (12 V, 24 V...48 V) à 220 V.

La durée de vie moyenne d'un onduleur solaire est d'environ 10 ans, et une vingtaine d'années pour les micro-onduleurs. Plus vous l'entretenez, plus il peut durer dans le temps [17].



Figure II 6. Onduleurs

II.4. Conclusion

Comprendre les différentes configurations et composants des systèmes photovoltaïques est essentiel pour une utilisation efficace de l'énergie solaire. Un aspect clé à considérer est de savoir comment dimensionner avec précision une installation photovoltaïque connectée au réseau pour garantir des performances et une rentabilité optimale. Quelles méthodologies et outils sont utilisés pour déterminer la capacité idéale des panneaux solaires et la vente et l'achat au réseau.

Après tout, ce sont les raisons ou la motivation qui nous ont permis d'étudier le chapitre suivant.

Chapitre III

Outil et méthode

III.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'outil et méthodologie employées dans notre étude. Il existe actuellement de nombreux outils qui permettent de modéliser, optimiser ou dimensionner les systèmes conçus à partir de l'énergie renouvelable. Une démarche efficace qui répondre au besoin électrique du centre de calcul pédagogique, en tenant compte des différents diversité régionales de rayonnement solaire, température ambiante et de vitesse du vent.

III.2. Présentation du logiciel PVsyst

PVsyst 7.2 est un logiciel PC pour l'étude, le dimensionnement et l'analyse des données de systèmes photovoltaïques complets. Il traite des systèmes photovoltaïques connectés au réseau, autonomes, de pompage et de réseau (transport public), et comprend des bases de données météorologiques et de composants de systèmes photovoltaïques étendues, ainsi que des outils généraux sur l'énergie solaire. Ce logiciel répond aux besoins des architectes, des ingénieurs et des chercheurs. Il est également très utile pour la formation.

PVsyst 7.2 se concentre sur l'étude complète et précise des systèmes PV à l'aide d'un ensemble complet d'outils.

III.3. Méthodologie

L'organigramme de la figure III 1 décrit la démarche employée pour déterminer un PV relié au réseau pour CCP-UHBC de l'étude.

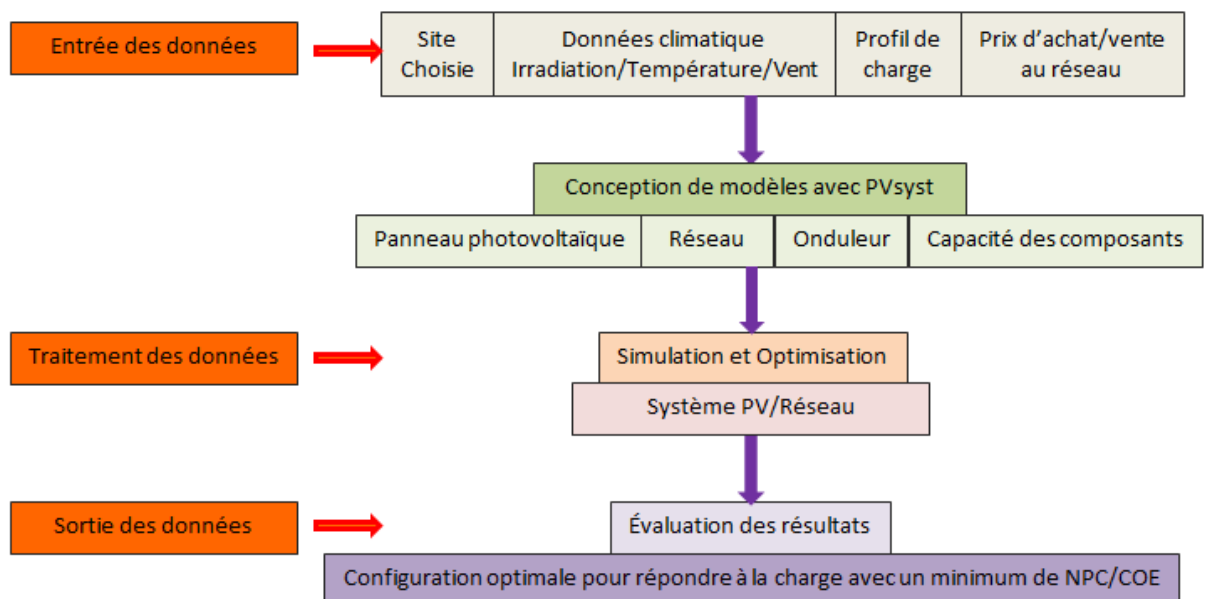


Figure III 1. Plan récapitulatif des étapes à suivre pour simuler PV/Réseau

La conception d'un système d'énergie exige la sélection et le dimensionnement de la combinaison les plus appropriées des différents composants du système, ainsi que l'implémentation d'une stratégie de fonctionnement efficace. L'analyse et la comparaison des différentes combinaisons possibles des sources utilisées dans les systèmes d'énergie nécessitent l'utilisation des logiciels de dimensionnement.

Les principaux facteurs pour le dimensionnement sont :

- Les conditions environnementales du CCP-UHBC (irradiation, température et vitesse du vent) ;
- Le profil de la courbe de charge (consommation) ;
- Les ressources financières ;
- La disponibilité de la technologie et le support technique.

III.3.1. Présentation des données

III.3.1.1. Site choisie

Notre université se situe à El Hassania dans la wilaya de Chlef (UHBC), à 200 km à l'Ouest de la capitale Alger (Algérie). Il est caractérisé par un climat froid en hiver et chaud en été de par sa position dans une cuvette séparée de la mer par les monts du Dahra. Les coordonnées géographiques de notre université sont: Latitude ($36^{\circ} 13' N$), Longitude ($1^{\circ} 33' E$) figure III 2.

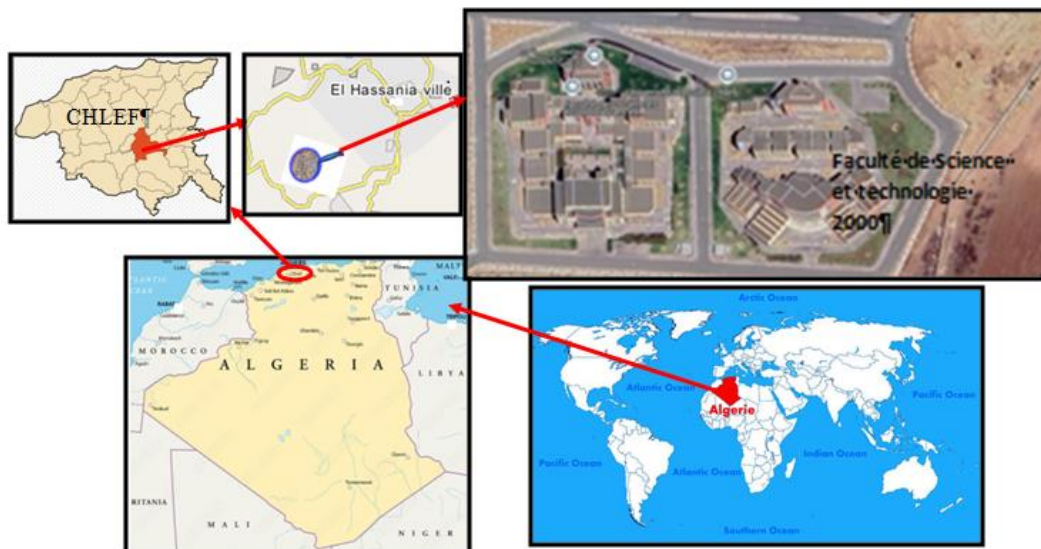


Figure III 2. Présentation du site

Orientation des panneaux PV

Étant donné le coût élevé des panneaux solaires, des orientations et des inclinaisons favorables sont nécessaires pour optimiser la production d'énergie. Nous avons choisi un plan

Incliné de 36° fixe par rapport à l'horizontale comme illustre la figure III 3. Cette inclinaison optimale donnée par le logiciel PVsyst indique que le facteur de transposition correspondant à 0,1%, la différence (perte) par rapport à l'orientation optimale et l'irradiation disponible sur ce plan incliné est $2157 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$.

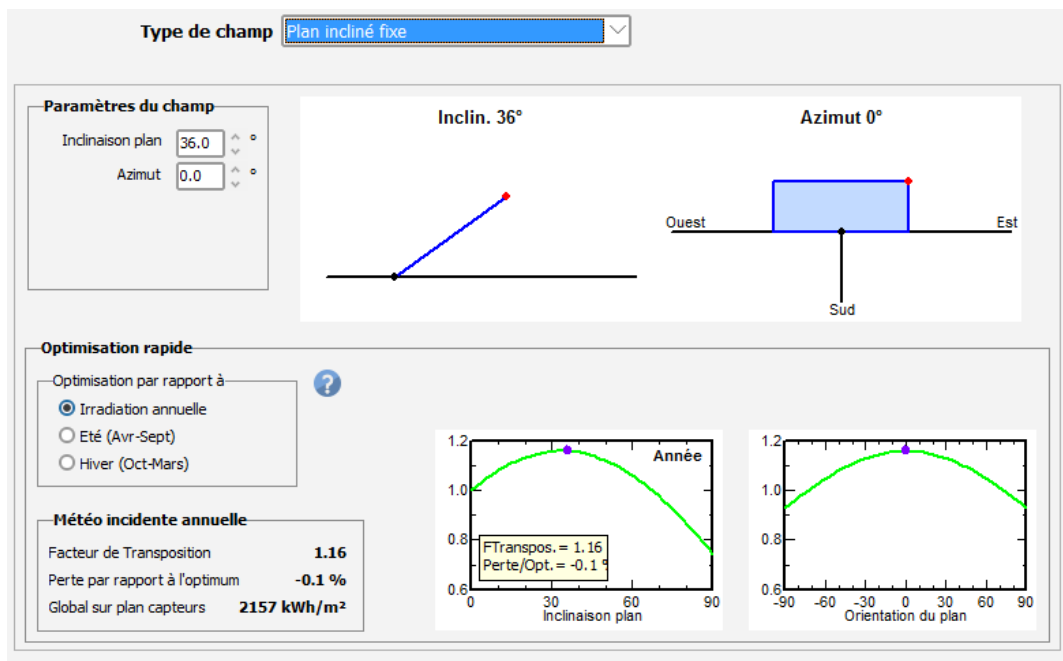


Figure III 3. Orientation optimale proposée par PVsyst

III.3.1.2. Données climatiques

Les données d'irradiation, température et vent pour El Hassania UHBC sont des données mesurées par du logiciel PVGIS, sont décrits respectivement dans le tableau III.1.

Tableau III.1 Potentiel météorologique d'El Hassania.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
Irradiation(H) [kWh/m ² /j]	2,58	3,45	4,44	5,82	6,29	8,26	8,08	6,99	5,56	3,94	2,89	2,90	5,11
Température [°C]	11,7	7,5	13,7	18,1	20,4	22,2	30,6	28,2	24,7	22,9	13,7	12,2	18,8
Vitesse du vent [m/s]	3,76	2,15	2,84	2,66	2,78	2,56	1,99	2,74	1,98	2,09	2,37	1,30	2,4

De plus, les données sur le rayonnement solaire, température et la vitesse du vent de notre site CCP d'El Hassania sont indiquées dans la figure III 4.

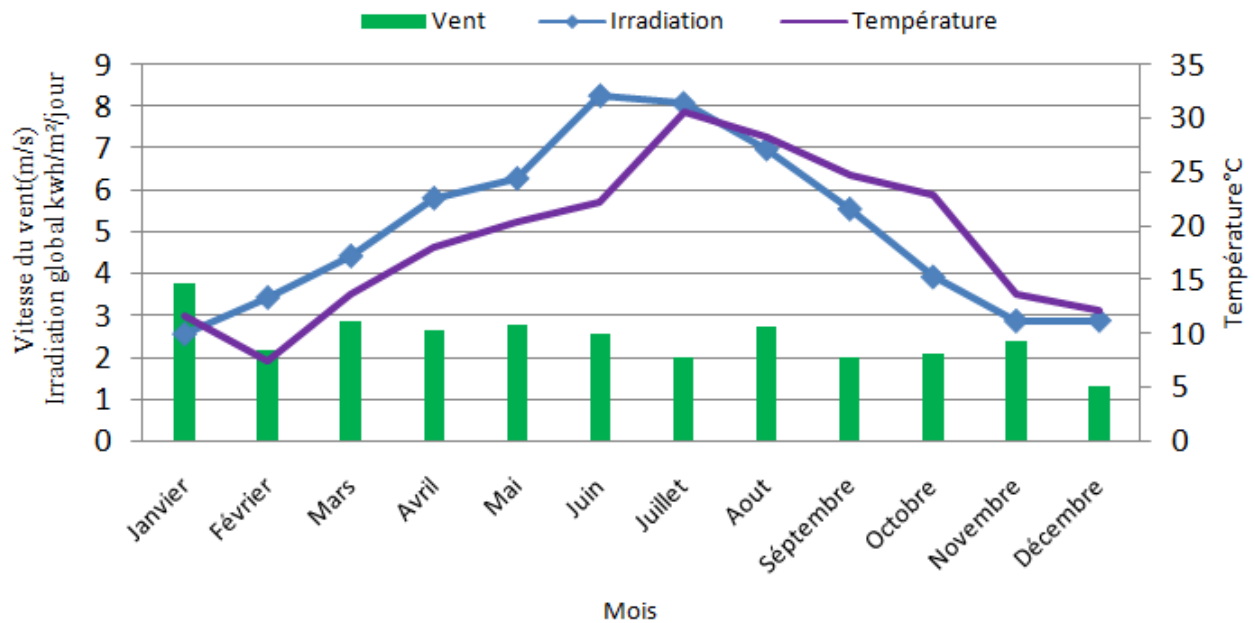


Figure III 4. Les données climatiques du CCP durant l'année 2023

- Les valeurs du rayonnement solaire mensuel extrêmes 8,26 en Juin et 2,58 kWh/m²/j en Janvier, correspondent à une moyenne annuelle de 5,11 kWh/m²/j. Ce potentiel est assez important et il est pratiquement exploitable durant toute l'année 2023. Les moyennes mensuelles journalières du rayonnement, dépassent les 5,11 kWh/m²/j durant la période d'Avril à Septembre.
- La température mensuelle moyenne maximale est de 30,6°C au mois de Juillet, tandis que la température minimale est de 7,5°C au mois de Février, ce qui fait une moyenne annuelle de 18,8°C.
- Dans notre mode de montage des modules fixées et orientées de 36° (latitude), on a obtenu une aération de libre circulation d'aire, se refaire au 2 faces, c'est la raison d'évaluer le potentiel du vent. La vitesse moyenne mensuelle du vent varie entre 3,76 et 1,30 m/s, ce qui donne une vitesse moyenne annuelle du vent de l'ordre de 2,4 m/s.

III.3.1.3. Profil de charge

En mode PV connecté au réseau .La consommation électrique prélevée du CCP est affectée par nombreux critères tel que le nombre d'appareils électriques et la consommation électrique (Voir annexe A) comme l'illustre dans le tableau III.2.

Tableau III.2.Détermination des besoins électriques.

Appareil	Nombre d'appareil	Puissance (W)	Durée d'utilisation (H)	Energie journalière (Wh/Jr)
Lampe (néon)	40	18	4,5	3240
Ecran (PC)	40	16	4,5	2880
Unité centrale	40	55	4,5	9900
Climatiseur	4	2500	1,5	10000
Datta-show	4	271	1,5	1626
Énergie journalière totale (Wh/Jr)				27670
Énergie mensuelle (kWh/Mois)				592,9

- Calcul puissance crête du système :

La puissance d'un panneau solaire est mesurée en Watt-crête (Wc). Le nombre de Wc d'un panneau solaire correspond au nombre de Watt fourni par ce dernier dans des conditions standard (STC)

Trois paramètres sont pris en compte pour dimensionner le générateur PV : l'énergie totale de la charge et les heures d'ensoleillement maximale reçues sur le plan des modules, ainsi que le coefficient correcteur système [17].

$$P_c = \frac{E_c}{K \times I_r}$$

III 1

Avec :

P_c : la puissance crête de champ PV (kW) ;

I_r : Irradiation moyenne mensuelle reçue par le capteur photovoltaïque correspondant au moins le plus défavorable (kWh/m².j);

E_c : Consommation d'énergie (kWh/j) ;

K : Coefficient correcteur.

K est généralement compris entre 0,55 et 0,75. Une valeur courante pour les calculs du système de batterie est $K = 0,65$.

La puissance crête de notre installation égale 2.8Kwc

De plus, compte tenu du nombre d'heure du fonctionnement des appareils électriques et des occupations dans les 5 jours de la semaine comme l'illustre à la figure III 5.

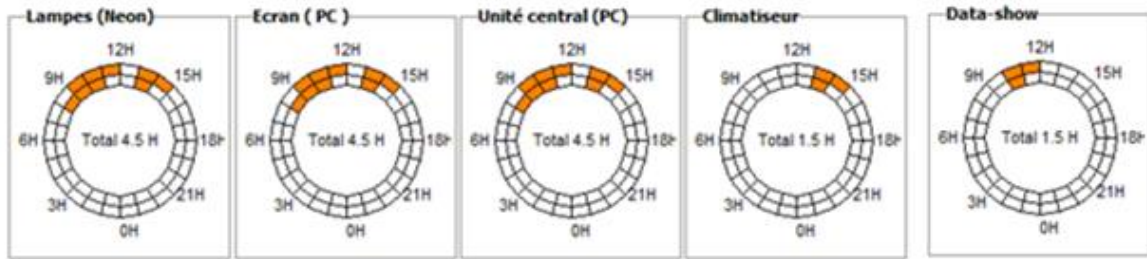


Figure III 5. Consommation horaire journalière globale

Le profil de charge moyen journalier sur une base horaire est affiché dans la figure III 6

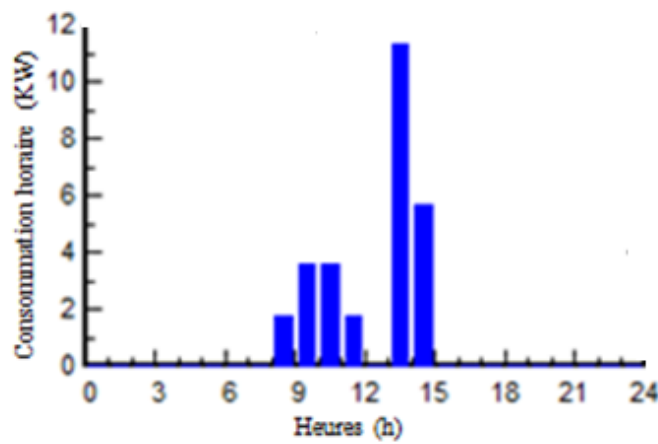


Figure III 6. Consommation journalière globale

La demande de point de charge est produite entre 13h00 et 14h30. Lorsque le profil de charge a été examiné, la consommation d'énergie avait tendance à être plus élevée pendant l'après-midi, c.à.d. d'après la consommation du climatiseur dans les deux mois Mai et Juin comme illustre la figure III 7.

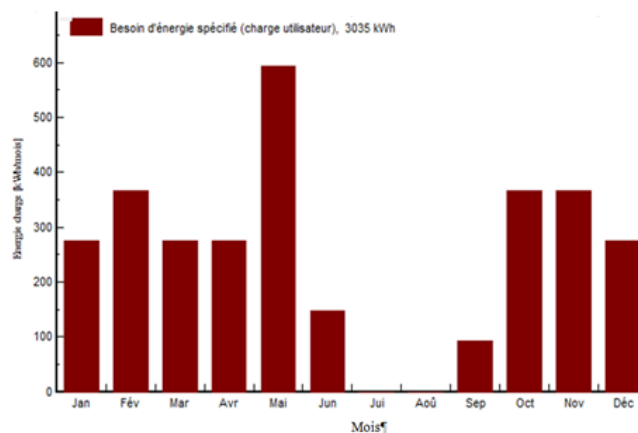


Figure III 7. Profil mensuelle

III.3.1.4 Données technico-économique

III.3.1.4.1. Coût des composants PV/Onduleur

La simulation définie par PVsyst pour la recherche du système optimal, prendra en considération les paramètres suivants: ordre de grandeur des coûts : l'investissement [\$], le remplacement [\$] voir tableau III.3.

Tableau III.3 Les données du coût du PV et Onduleur.

Composant	Taille [W]	Capital [\$]	Remplacement [\$]
PV [13]	320	199	199
Onduleur [18]	2700	432	432

III.3.1.4.2. Coût d'achat et de vente au réseau

Dans cette étude, des prix constants sont utilisés pour la vente et l'achat d'électricité vers/depuis le réseau car ces prix sont subventionnés et ne fluctuent pas. Les tarifs d'achat d'électricité du réseau sont de 0.038 \$/kWh et les tarifs de vente sont de 0.144 \$/kWh [19]

III.3.2. Critères de choix des composants

III.3.2.1. Choix du générateur photovoltaïque

Plusieurs technologies existantes pour les modules PV; pour cela le dimensionnement du module est basé selon plusieurs critères [20] qui sont les suivants.

a) Courbe I(V) de générateur photovoltaïque :

La figure III 7 montre la caractéristique I(V) d'un module PV. Les conditions météorologiques sont fortement liées à cette courbe et les informations sur la fiche technique du module PV sont liées aux STC.

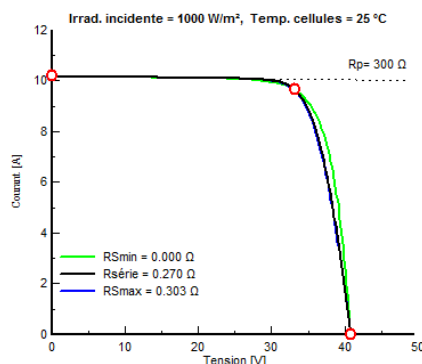


Figure III 8. Caractéristique I(V) d'un module PV

Les paramètres principaux dans cette courbe sont :

- I_{cc} : le courant de court-circuit (A) ;
- MPP : Point de Puissance Maximale (W) ;

- V_{co} : la tension de circuit ouvert (V).

b) Modules courants :

Anciennement ; Les modules de 36 cellules sont équipés de diodes de protection pour charger une batterie de 12V (évent 40-44), avec des puissances de 40 à 75 Wc et une tension V_{mpp} de 14,3 à 15 V à 60°C (-80 mV/°C).

Modernes pour grands systèmes ou intégration ; Les câbles et les boîtes scellées des modules de 120 à 350 Wc sont utilisés pour les connexions, laminées avec ou sans cadres, et l'insertion de modules verre-verre avec emboîtement entre cellules.

Modules en couches minces, 40 à 130 cellules, hautes tensions et petits courants, et modules de couvertures très grandes dimensions (1500 Wc, 33 m²)

c) Connexions :

Boîte de connexions traditionnelle ; Il y a des diodes de protection (by-pass) et des câbles étanches.

Pour les grands systèmes ; Nous avons besoin de câbles prémontrés, des fiches spéciales et des étanches. Il faut donc utiliser un câble spécial résistant aux ultra-violets. Il faut donc surveiller la disposition et les gouttes pour éviter l'humidité et le courant de grande surface (Il y a une foudre).

d) Branchement GPV et onduleur :

Tous les strings sur un même onduleur doivent être envoyés par une entrée MPPT avec des informations similaires (nombre de modules et orientation). Ne branchez pas plusieurs onduleurs en même temps.

Choisissez le type de module en fonction du marché, du prix et des disponibilités, du montage mécanique prévu.

e) Le choix de nombre de module en série : Il est important de prendre en compte trois valeurs de température pour choisir le nombre de modules en série, à savoir la température minimale, maximale et moyenne.

III.3.2.2. Choix de l'onduleur photovoltaïque

Le choix d'onduleur dépend de type de l'installation, pour une installation autonome en choisit un onduleur autonome, pour une installation hybride en utilise un onduleur hybride et pour une installation connecté au réseau, le choix de l'onduleur dépend aussi de la puissance nécessaire pour alimenter les appareils électrique. L'onduleur est dimensionné en fonction de différents critères [21] qui sont les suivants :

a) Fonctionnalités

Fonction principale: Transformer l'énergie continue DC du champ de capteurs en énergie alternative AC compatible avec le réseau

En entrée :

- Utiliser un algorithme de recherche de points de puissance maximale MPPT (Maximum Power Point Tracking) pour obtenir la puissance maximale du champ PV disponible. Enclenchement et déclenchement automatiques.
- La sécurité est garantie contre les dépassements de puissance maximale, les surtensions et la foudre.

En sortie :

- Transfert de l'énergie au réseau ;
- Synchronisation avec le réseau ;
- injecter un courant sinusoïdal à distorsion harmonique faible ;
- Limiter les perturbations électromagnétiques ;
- Démarrage en cas d'absence de réseau et en cas de sous et surtension ou sous et sur fréquence.

b) Paramètres significatifs ; Lors du dimensionnement, il est important de prendre en compte les paramètres de l'onduleur.

Paramètres de l'entrée DC :

- V_{\min} (mpp) – V_{\max} (mpp) : tension minimale et maximale pour un fonctionnement optimal (plage de tension pour la recherche de MPP) ;
- V_{MaxAbs} : tension maximale absolue à ne jamais dépasser ;
- $V_{\min} P_{\max}$: tension minimale pour obtenir P_{nom} (Correspond à une limitation du courant d'entrée).

Paramètres de sortie AC :

- P_{nom} : Puissance nominale ; puissance de sortie AC ;
- P_{\max} : Puissance maximale ; puissance admissible si la température de l'onduleur le permet ;
- V_{nom} : tension nominale à la sortie de l'onduleur.

c) Fonctionnement :

Efficacité : La courbe d'efficacité est calculée en fonction de la puissance qui peut être définie pour plusieurs valeurs de la tension d'entrée en utilisant deux valeurs Eff_{\max} et Eff_{euro} .

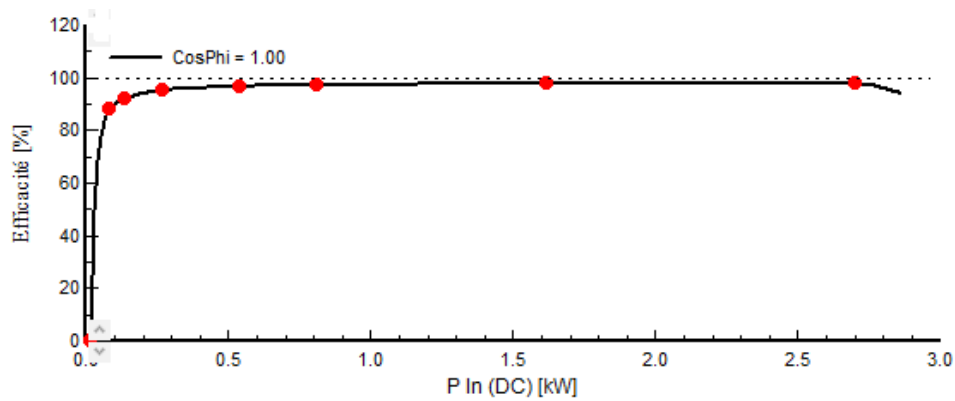


Figure III 9. Efficacité en fonction de la puissance de sortie

d) Facteur de dimensionnement (FD)

La relation entre la puissance nominale de l'onduleur et la puissance crête du générateur photovoltaïque GPV est le facteur de dimensionnement.

$$FD = \frac{P_c}{P_{nom}}$$

III 2

Avec :

P_c : La puissance crête du GPV.

P_{nom} : La puissance nominale ; P_{nom} raisonnable.

Dans notre système $P_{nom}=1,07$, pour différentes conditions et contraintes ce paramètre est compris entre 0,8 et 1,2 [20]. Il n'y a pas de souci d'espace dans notre cas, le FD étant sélectionné pour optimiser la production sans perdre de surpuissance de l'onduleur.

III.3.4. Caractéristiques thermique et électrique des composants (PV/Onduleur)

Ainsi, comme c'est indiqué sur la figure III 10. Notre installation est composée de 9 modules PV de modèle JAM60-S09-320-PR et un onduleur choisi dans le cas de cette étude est de type SOFAR 2700TL-G3.

Sélection du module PV

Disponibles Tous les modules PV Modules nécessaires approx. 9

JA Solar

Utiliser optimiseur

Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) **28.7 V**
Vco (-10°C) **45.1 V**

Sélection de l'onduleur

Disponibles 50 Hz 60 Hz

SofarSolar

Nbre d'onduleurs Tension de fonctionnement: **50-550 V** Puissance globale ond. **2.7 kWac**
Tension entrée maximale: **550 V** Onduleur "string" avec 1 entrées

Figure III 10. Choix de type de module et onduleur dans PVsyst

Comme il est illustré dans le tableau III.2 dont les caractéristiques techniques de modules (Voir annexe B) et l'onduleur (Voir annexe C).

Tableau III.4 Caractéristique du champ PV et d'onduleur.

GPV	
Puissance crête (1000W/m ² et 25°C)	2.9kWc
Puissance à (1000W/m ² et 50°C)	2.6kW
Nombre totale des modules de 320Wc	9 unités
Nombre de modules en série	9
Nombre de chaînes en parallèles	1
Tension MPP à T _{max} =60°C	258V
Tension MPP à T _{moy} hiver =20°C	306V
Tension maximale V _{co} à T=-10°C	406V
Surface totale des modules	15m ²
Onduleur	
Puissance nominale DC	3.7kW
Puissance maximale AC	2.7kW
Tension min pour MPP	50V
Tension max pour MPP	550V
Tension maximale absolue	550V

III.4. Conclusion

Ce chapitre illustre que l'outil a besoin des données d'entrées, qui sont la situation géographique du CCP, irradiation solaire globale, température et vent d'une part et d'autre part le savoir du choix des composants PV et onduleur. Ce choix est conditionné par les paramètres de base du logiciel PVsyst utilisé durant le prochain chapitre.

Chapitre IV

Simulation et analyse des résultats

IV.1. Introduction

Suite à notre étude du système d'installation d'une chaîne photovoltaïque injecté au réseau électrique, dans ce chapitre on présentera les résultats de simulation par le logiciel utilisé PVsyst, tel que tous les graphes et les tableaux, aussi la rentabilité de système par le PV. Afin d'évaluer économiquement et énergétiquement, dimensionnement optimal et un NPC (\$) et COE (kWh).

IV.2. Simulation d'un système photovoltaïque couplé au réseau

Figure IV 1 représente un système PV relié au réseau électrique. Actuellement, ils sont utilisés pour vendre la totalité de l'énergie produite. L'électricité et l'émission du générateur PV peuvent être autoconsommées lors d'une installation PV domestique, et le surplus est vendu à l'opérateur du réseau. Le réseau sert alors à alimenter en insuffisance d'énergie PV.

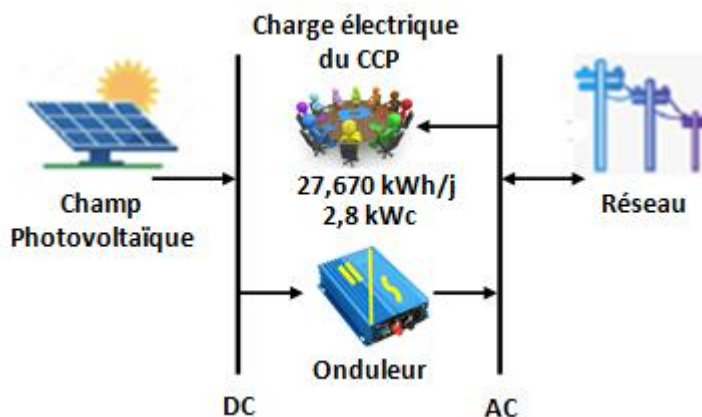


Figure IV 1. Système PV connecté au réseau considéré dans cette étude

Le schéma de l'installation PV reliée au réseau pris en compte dans la simulation est présenté dans la figure IV 2.

Ce système se divise en trois parties:

- Partie champ photovoltaïque ;
- Système de conversion du courant CC/CA;
- Réseau électrique et l'utilisateur.

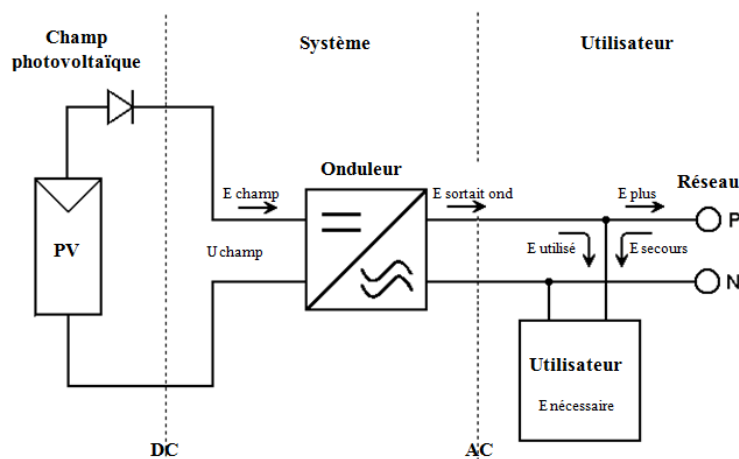


Figure IV 2. Schéma Simplifié du système

IV.3 Résultats pour PVSyst

IV.3.1. Distribution de l'irradiation incidente

La production journalière des panneaux PV, en fonction du temps d'ensoleillement et de la hauteur du soleil, est illustrée dans la figure IV 3. L'estimation de l'irradiation globale horizontale est de 1864 kWh/m² et de 14,2% pour l'incident global, avec une perte de 2,46% en raison de l'irradiation effective de 2076 kWh/m² et de la valeur totale effective sur la surface de 15 m² Son pic max est capable d'atteindre une valeur maximale de 115 kWh/m² et de rayonnement solaire de 990 W/m².

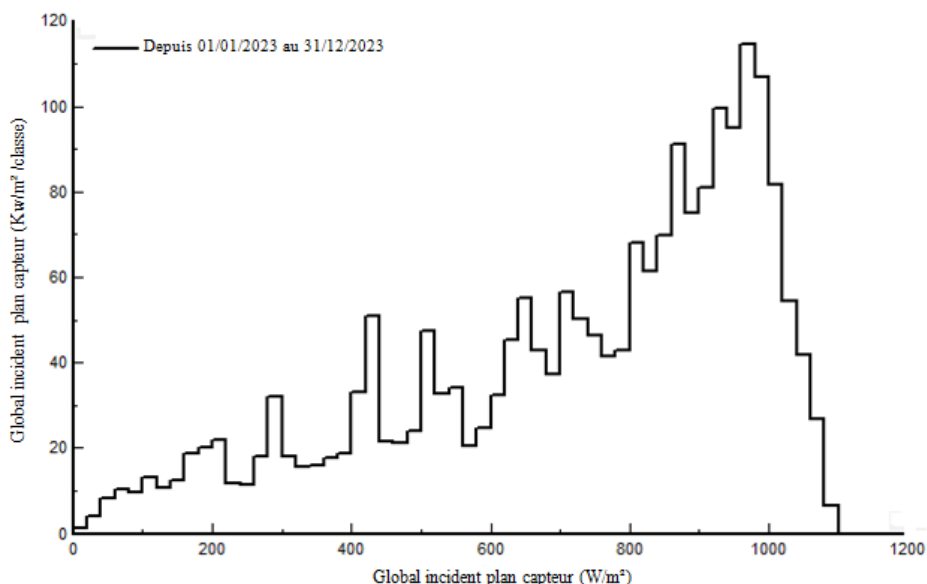


Figure IV 3. Distribution de l'irradiation incidente

IV.3.2. Distribution de la puissance du champ PV

La puissance effective annuelle du champ PV peut atteindre 5,29 MWh et la valeur de pic de puissance de 172 kWh/m² sont indiquées dans la figure IV 4. Nous remarquons que la

distribution de la puissance en sortie du champ PV varie selon la même tendance que la distribution du rayonnement incident, à une échelle différente. Ceci est causé par des pertes globales qui varient selon la qualité des modules, notamment les pertes mismatch, les pertes ohmiques de câblage qui sont causées par la température et qui ont un impact considérable sur la production des modules. Elle présente également des pertes ohmiques de câblage dues au niveau d'irradiante, variables en fonction du rayonnement global reçu et de l'éclairement, avec une valeur de 2,1 %.

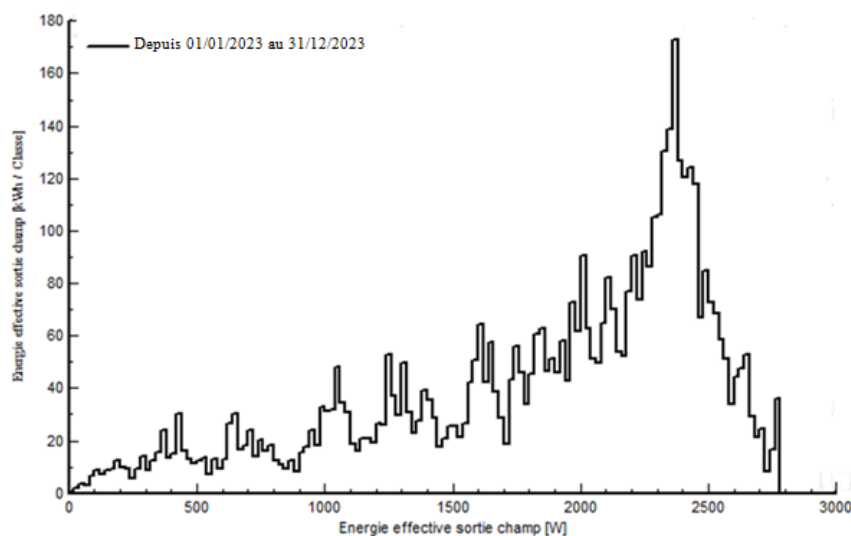


Figure IV 4. Distribution de la puissance du champ PV

IV.3.3. Puissance convertie à la sortie de l'onduleur

L'onduleur transforme le courant continu en courant alternatif avec un taux de perte d'onduleur de 0,0% passant de 5,42 MWh à 5,29 MWh à la sortie du convertisseur. Le signal de pertes est représenté par un pic de 220 kWh sur la figure IV 5.

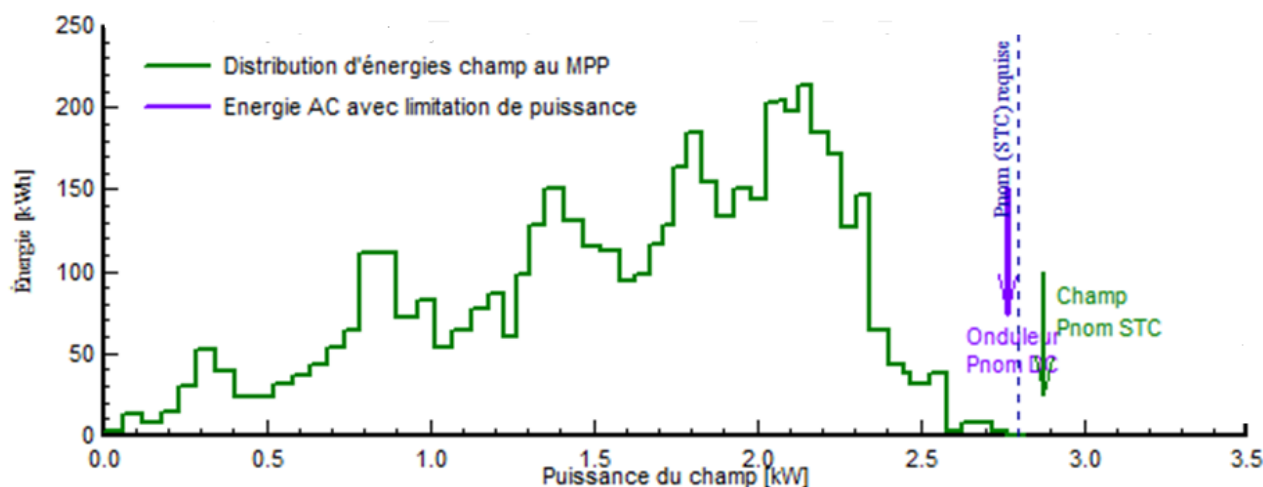


Figure IV 5 Distribution de la sortie de l'onduleur

IV.3.4. Puissance à la sortie du système

A partir de la figure IV 6, nous avons remarqué que les puissances en sortie de l'onduleur en fonction du point de puissance maximal MPP du courant continu produit par le champ photovoltaïque et la puissance convertie en courant alternatif sont différentes, ce qui permet de visualiser la puissance crête produite 160 kWh/m^2 . Nous remarquons également que la distribution de puissance en sortie du champ photovoltaïque varie dans le même sens que celle du rayonnement incident, à une échelle différente.

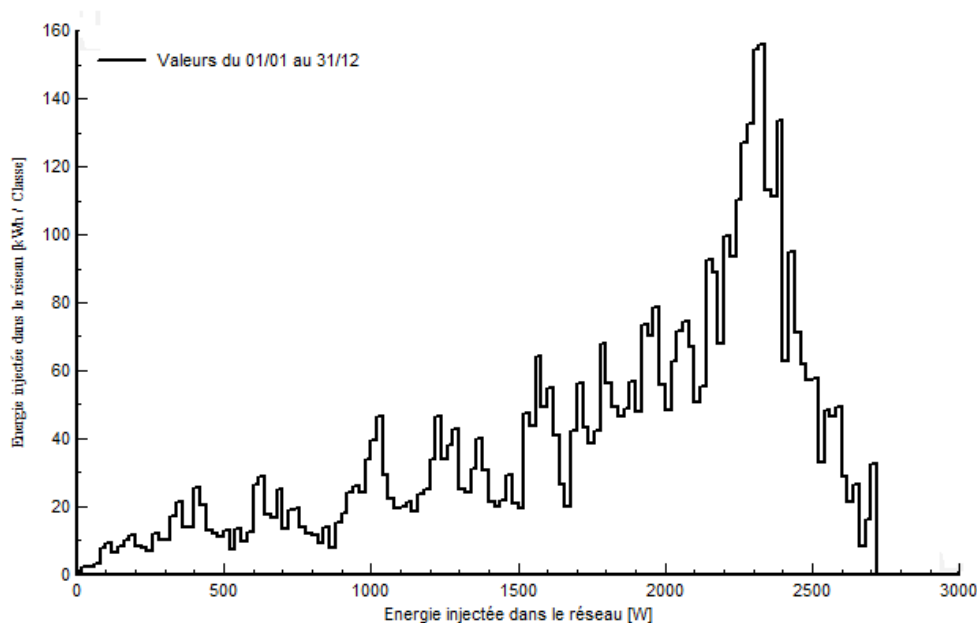


Figure IV 6. Distribution de la puissance à la sortie du système PV

IV.3.5. Puissance injectée dans le réseau

Le graphe présenté dans la figure IV 7 nous donne une variation journalière constante et croissante de $2,6 \text{ kWh/j min}$ et de 20 kWh/j max .

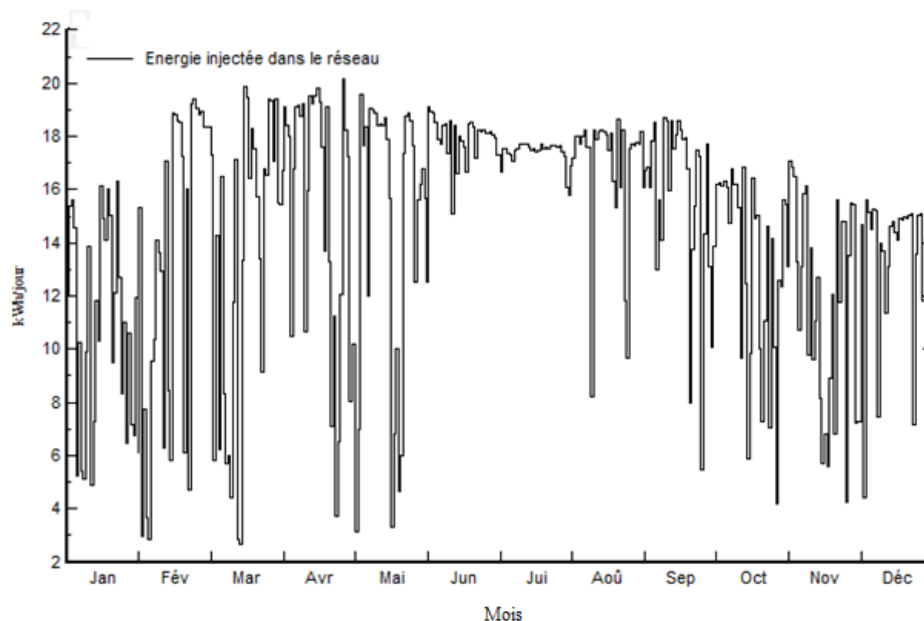


Figure IV 7. Puissance injectée dans le réseau

IV.3.6. Diagramme d'Entrée / Sortie journalier

Le diagramme journalier Entrée/Sortie de la figure IV 8. L'énergie injectée dans le réseau est calculée en fonction de l'Irradiation journalière totale incident en kWh/j pendant l'année dans le site étudié. L'énergie injectée dans le réseau électrique augmente en fonction du rayonnement incident global sur la surface des panneaux photovoltaïques, donc pour un dimensionnement optimal, il devrait s'agir d'une ligne droite un peu saturée pour de fortes valeurs d'irradiation. Cette légère saturation est due à la température. Si certains points (jours) ne sont pas couverts par des rayonnements élevés, cela indique que le système est injecté au réseau.

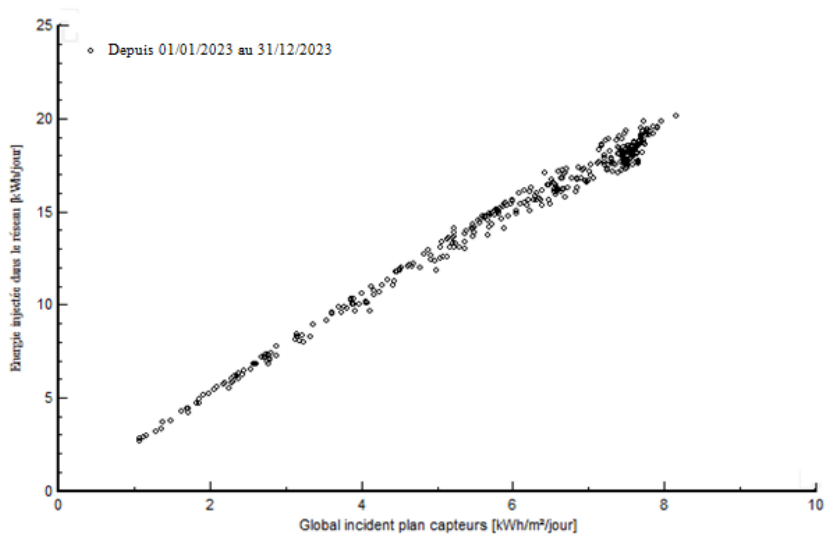


Figure IV 8. Diagramme d'Entrée / Sortie journalier

IV.3.7. Diagramme des pertes sur l'année entière

La figure IV 9, résume le diagramme de pertes fournit un aperçu rapide et détaillé de la qualité de la conception d'un système photovoltaïque, en identifiant les principes sources de pertes.

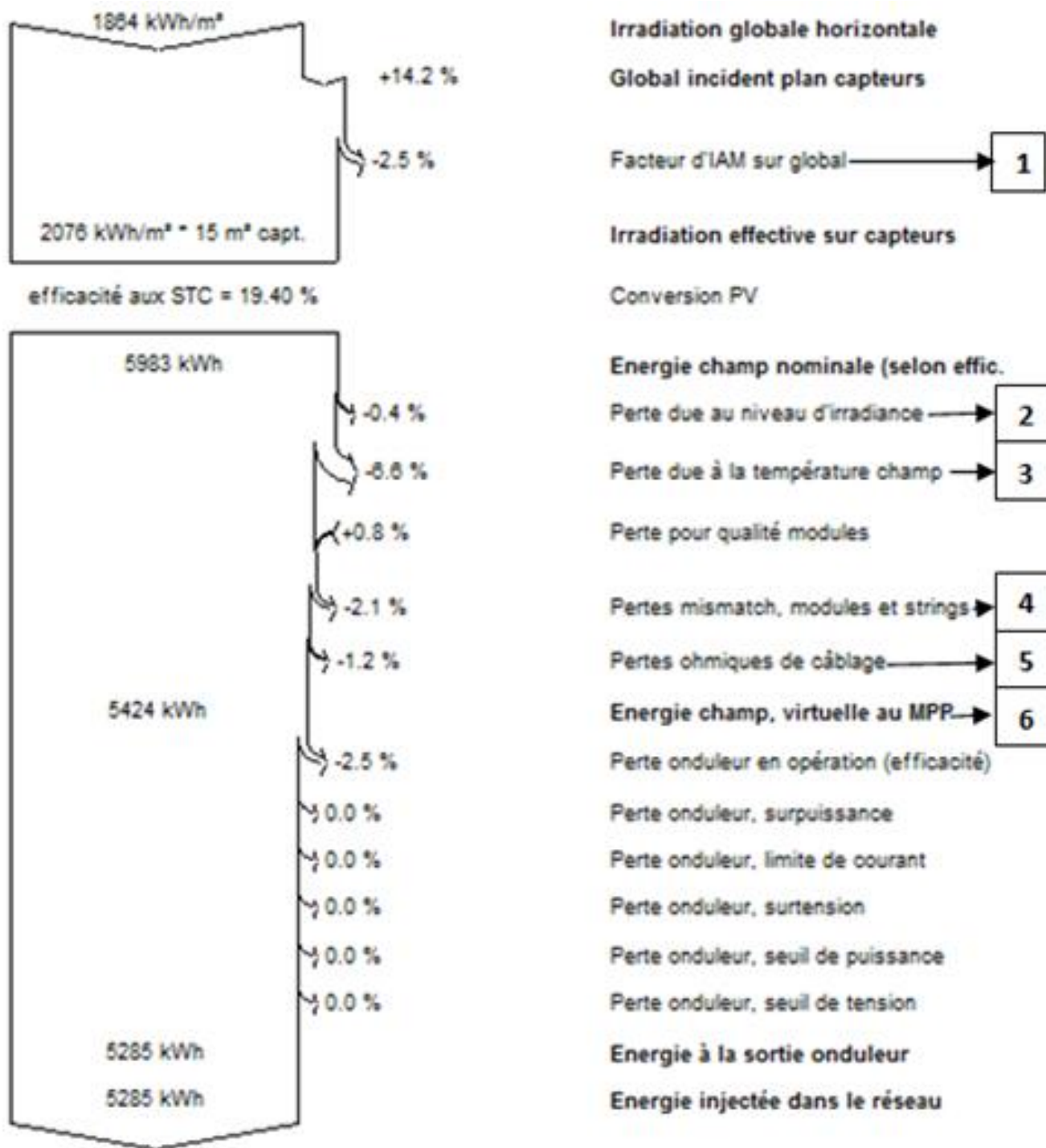


Figure IV 9. Diagramme des pertes sur l'année entière

- **1- Facteur d'IAM sur global:** La perte de 2,5% de la limite de collecte des irradiances rasantes est variable selon la latitude. Il est possible d'utiliser des panneaux à verre structuré ou de déplacer le site vers le sud pour réduire cette valeur.
- **2- Perte due au niveau d'irradiante:** Cette perte de 0,4% est causée par une faible luminosité ou le courant photovoltaïque est consommé à l'intérieur par la résistance shunt des cellules. Le concepteur ne peut modifier cette résistance.

- **3- Perte due à la température champ:** La perte la plus importante de notre système est de 6,6% en raison de la température ambiante élevée, ce qui rend cette perte importante. Le mode de montage est également déterminé par ce chiffre, c'est-à-dire que les panneaux sont entièrement libres et ventilés sur les deux faces.
- **4- Perte du champ pour "mismatch":** La perte de 2,1% est due au pairage des panneaux.
- **5- Pertes ohmiques de câblage:** La perte de 1,2% causée par les câbles peut être réduite en augmentant les sections des câbles.
- **6- Perte par rapport à la fonction MPP : 2,5 %**

IV.3.8 Évaluation des productions normalisées

Il s'agit de la figure IV 10. Chaque mois, multiplié l'énergie produite par l'installation photovoltaïque par un an. La figure montre que la production d'énergie est la plus importante pendant l'été Juin –Juillet. La production d'énergie est la plus faible en janvier. Les pertes Lc, Ls sont les pertes du champ PV : on constate que ces valeurs des pertes égales à 1 kWh/kWc/j sont de 11,5 %

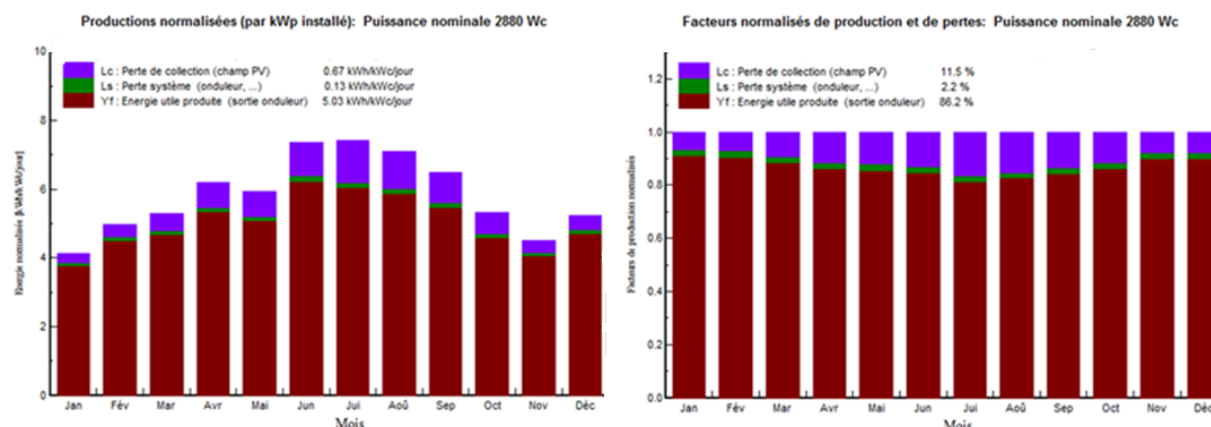


Figure IV 10. Les productions normalisées

IV.3.9. Indice de performance

L'indice de performance (PR) est une des mesures les plus significatives pour évaluer l'efficacité d'un PV. Le rapport entre le rendement énergétique réel et le rendement énergétique théoriquement possible est désigné par l'indice de performance. Le rayonnement incident est en grande partie indépendant de l'orientation des panneaux. La figure IV 11 présente l'indice de performance obtenu pour notre site et indique que le PR peut atteindre 86,2%. Ce coefficient varie au fil du temps. C'est fondamentalement un effet de température des capteurs. La puissance fournie par un champ PV diminue en fonction de la température.

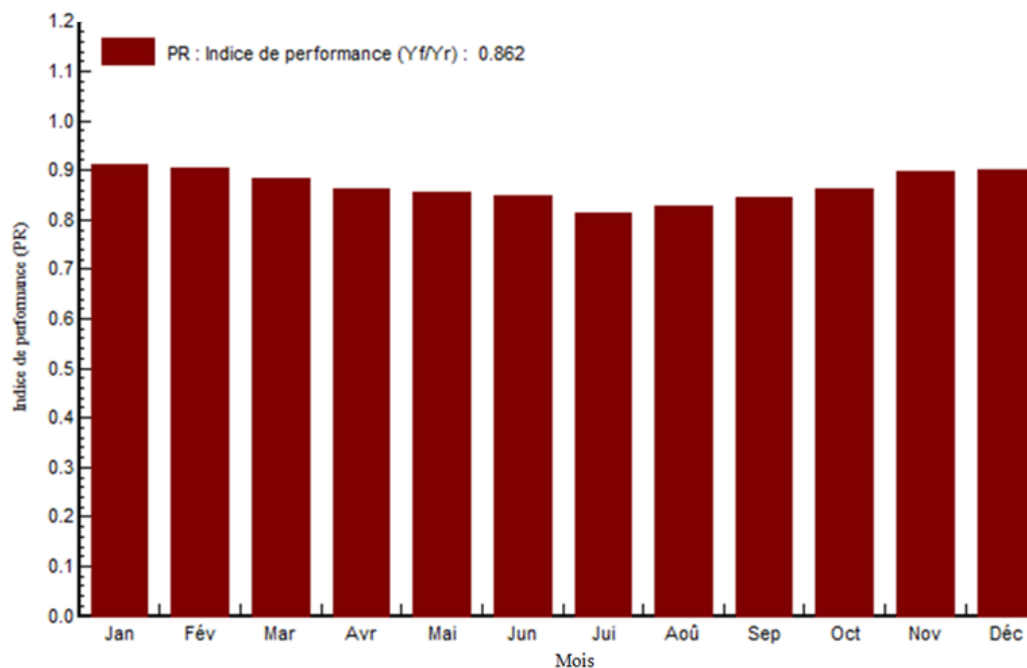


Figure IV 11. L'indice de performance (PR)

IV.3.10. Bilans d'énergie

Le tableau suivant résume le bilan de l'énergie que l'installation a reçue et délivrée pendant une année par mois.

Tableau IV.1. Bilan de l'énergie.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Janvier	79,9	34,69	11,73	128,3	126,0	345,7	336,9	0,911
Février	96,7	32,23	7,45	139,4	136,5	373,0	363,4	0,905
Mars	137,7	58,06	13,74	164,3	160,5	429,4	418,4	0,884
Avril	174,6	62,77	18,10	185,8	180,8	473,4	461,3	0,862
Mai	195,1	72,37	20,44	183,9	178,3	465,7	453,4	0,856
Juin	247,7	63,27	22,23	220,9	213,9	552,7	538,7	0,847
Juillet	250,4	64,87	30,57	229,7	222,9	552,8	538,8	0,815
Août	216,7	60,03	28,18	219,9	214,0	537,2	523,7	0,827
Septembre	166,9	53,82	24,67	194,2	189,7	484,0	471,9	0,844
Octobre	122,2	46,74	22,93	164,6	161,4	419,2	408,7	0,862
Novembre	86,7	35,66	13,68	135,6	132,9	360,0	350,8	0,898
Décembre	89,8	28,57	12,19	161,9	159,3	429,7	419,3	0,899
Année	1864,5	613,08	18,91	2128,4	2076,0	5422,8	5285,4	0,862

- GlobHor (Rayonnement global horizontal): Le rayonnement diffuse global est combiné au rayonnement direct global pour une surface horizontale.
- GlobEff (Le rayonnement effectif sur les collecteurs): La surface PV multiplie le rayonnement restant après les pertes détaillées précédemment..
- La conversion PV: le rendement du module aux STC (conditions standards de test).
- L'énergie nominale du panneau (au rendement STC): le rendement de la production PV multiplié par le rayonnement efficace sur les collecteurs.
- EArray : Energie effective sortie champ (L'énergie nominale du panneau (au rendement STC) – les pertes de modèle PV et les pertes de champ).

D'après le tableau des bilans et les résultats montrent une production annuelle ; la plus importante à 5285,4 kWh, dont le mois de Mars donne une valeur de 418,4 kWh. On constate également qu'il y a une production de 538,8 avec un rayonnement solaire du mois de Juillet, le plus important 250,4 kWh/m², par rapport à celui de Mars, qui est égal à 137,7 kWh/m², alors que les températures sont de 30,57° C au Juillet et 13,74°C au Mars, donc ce qui influence la diminution de la production des panneaux sont les pertes de collection et les pertes du système qui sont plus importantes à des températures.

IV.3.11. Énergie injectée dans le réseau (valeurs horaires maximales)

Le tableau IV.2 représente l'énergie horaire maximale injectée au réseau chaque mois, et nous concluons l'énergie max injectée chaque année. On observe que l'énergie max injectée au réseau chaque année vaut 736,1 kWh, Après simulation, on a trouvé l'énergie max injectée vaut 71,2 kWh.

Tableau IV.2. Énergie injectée dans le réseau pour l'année 2023 durant 24 heures.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
0H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6H	0	0	0	0	0,4	1	0,3	0	0	0	0	0	1,7
7H	0	0	0,2	3,1	5,2	5,7	4,6	3,3	2	0,1	0	0	24,1
8H	0	4,3	9,8	16,6	17,8	20,1	18,3	17,6	16,4	13	7,8	0	141,7
9H	18,9	22,8	24,4	32,1	33,7	39,1	36,2	35,6	32,7	29,5	24,6	24,9	354,5
10H	30,4	33,3	39,4	46,6	46,7	50,6	52,7	49,2	44,7	41,6	42,1	44,3	521,9
11H	45,2	44,4	52,5	57,2	54,9	63,1	64	62,9	61	56	50,9	58,1	670,3
12H	47,5	51,4	59,8	62,2	58,1	69,2	69,8	71	68,8	57,8	51,6	65,1	732,4
13H	48,7	50,6	57,6	62,2	58,2	71,2	71,1	70,5	65,7	60,3	52,4	67,5	736,1
14H	54,3	50,6	56,1	55,2	54,4	67,8	67,7	66,8	60,2	56,3	45,5	61,1	695,9
15H	46,1	44	51,3	49,2	49,2	59,3	59,4	59,5	52,6	46,2	37,1	51,6	605,5
16H	30,2	36,3	37,1	42,5	39	46,9	47,7	44,2	40	32,3	28,3	34,6	459,1
17H	15,5	22	22,5	25,4	24,7	29,6	30,8	30,1	22	14,8	10,4	12	260
18H	0	3,7	7,8	8,6	9,2	11,9	13,0	11,3	5,9	0,8	0	0	72,2
19H	0	0	0	0,3	1,9	3,2	3,2	1,5	0	0	0	0	10,1
20H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IV.4. Résultats économique

Le prix du kWh produit par cette installation solaire photovoltaïque dépend des plusieurs facteurs, En se basant sur le marché international du photovoltaïque, et sur le marché algérien et d'après la figure IV 12 nous remarquons que l'investissement global du système (NPC) connecté au réseau trouvé une valeur de $2414.74\$=325487,63$ DZD, avec $1\$=134,48$ DZD et maintenant en considérant la production annuelle du système et le retour d'investissement sur 3,9 ans, on a déduit que le coût de l'énergie (COE) produite est de $0,05\$/kWh$. Désormais, pour le système connecté au réseau, le propriétaire peut consommer l'électricité produite ou la vendre aux entreprises de services publics locales. Dans les deux cas, l'électricité produite a une valeur monétaire qui peut être comparée aux coûts annuels afin d'évaluer la rentabilité du système .Ce segment réalise un bilan annuel des coûts et des revenus, selon plusieurs modalités de vente possibles.

Production du système					
Energie produite	5.29 MWh/an	Productible	1835 kWh/kWc/an		
		Indice de performance (PR)	86.23 %		
Evaluation économique					
Investissement		Coût annuel		LCOE	
Global	2'414.74 USD	Annuités	0.00 USD/an	Coût de l'énergie	0.05 USD/kWh
Spécifique	0.84 USD/Wc	Coût exploit.	136.36 USD/an		
		Retour invest.	3.9 ans		

Figure IV 12. Cout de système

IV.5. Conclusion

Les résultats de simulation de l'application d'installation PV connecté au réseau dans la région Chlef ont montré que cette région est très favorable pour les projets photovoltaïques du plan technique et économique à condition de répondre aux exigences suivantes :

- Une orientation des champs PV.
- Un choix de modules PV de meilleure qualité.
- Une protection adaptée.
- Étude des pertes détaillée et des performances énergétiques du système.

Le système PV relais au réseau admettrait non seulement de réduire le coût de l'installation, mais aussi un moyen de stockage d'énergie qui est plus nécessaire, mais qui permettra d'avoir une possibilité de revendre l'énergie excédentaire au réseau pour faire des profits, ce qui amortira le prix d'investissement initial du système.

Conclusion générale

Nous avons considéré l'étude d'un système PV connecté au réseau pour répondre à la demande en électricité d'un CCP-UHBC, dans la région d'EL Hassania. Dans cette étude, une tentative a été faite pour explorer une meilleure optimisation pour couvrir les besoins locaux de notre cite et vendre le surplus au réseau central en utilisant le logiciel PVsyst V7.2.

Dans cette étude, on a présenté l'estimation du potentiel solaire mondial et Algérien, ainsi que des généralités sur le système photovoltaïque, ses composants : générateur photovoltaïque, convertisseur (DC-DC), l'onduleur de tension (DC-AC), une charge équilibrée du côté (AC) et le réseau électrique.

L'Algérie possède un important gisement solaire très important, et c'est le cas pour la région de Chlef. Le site de l'installation de notre futur système PV à la zone CCP-UHBC d' El Hassania produit une puissance de 5,29 MW/an d'électricité. Le logiciel PVsyst V7.2 répond aux choix des composants constituant notre installation de site d'El Hassania, il se base sur les coordonnées géographiques et météorologiques pour retrouver l'irradiation solaire et la température, nous avons choisi un module PV de puissance de 320 Wp, un onduleur de puissance maximale de 2,7 kWc, cela pour obtenir le dimensionnement de l'installation qui est composée de 9 modules PV, distribués sur une surface de 15 m².

L'étude a révélé que le système PV connecté au réseau est le système d'alimentation le plus économique comme le montre son coût d'énergie d'une valeur de 0,05 \$/kWh = 6,72 DZD/kWh et un coût net du système d'une valeur de 2414,74\$ = 325487,63 DZD.

Références

Références

- [1] Z. Mordi, I. Chaalal, L'implantation des panneaux solaire au niveau l'aérodrome d'Alger, Mémoire de Master, Université Saad Dahlab Blida 1 (2019)
- [2] M. Thomas, Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies. Météorologie, Université Paris Sud - Paris XI, 2014, <https://theses.hal.science/tel-01164783>.
- [3] H. Guedaouria, Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour alimenter le laboratoire LPDS au sien de l'université de Béchar, Mémoire de Master, Université Tahri Mohammed Bechar, (2017)
- [4] Intégration progressive des marchés d'électricité de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie dans le marché intérieur de l'électricité de l'Union Européenne, Programme MEDA de l'Union Européenne, Rapport définitif, Juin 2010, https://www.eeas.europa.eu/node/8426_en
- [5] CLIMAT La COP21, un tournant historique, SIEGE SOCIAL: 135, Boulevard des Martyrs, Algérie, https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/algérie_energie_08_5b1e3335c2033.pdf
- [6] A. Touhami, La valorisation d'énergie solaire en Algérie-zone saharienne (Région de Kerzaz), thèse de master, Université Tahri Mohammed, Béchar (2013)
- [7] Le guide des l'énergie renouvelables, ministère de l'énergie et des mines (Edition 2007), <https://fr.scribd.com/document/375892769/Guide-Des-Energies-Renouvelables>
- [8] Société Algérienne de l'électricité et du gaz, Newsletter presse n°13, Edition électronique – Avril 2011.
- [9] D. Hamiti, S. Bouzadi-Daoud, Les énergies renouvelables en Algérie : aspirations et obstacles, Juin 2021, pp197
- [10] F. Khadraoui, La place de l'Algérie sur le marché euro-méditerranéen de l'électricité : Bilan et perspective, mémoire de magister, université de M'hamed Bougara, Boumerdes (2014).
- [11] Grid –connected systems available à: <https://www.energy.gov/energysaver/grid-connected-renewable-energy-systems>, consulté le 16/05/2024.
- [12] Grid-connected system picture available à: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/grid-connected-pv-system.html>available, consulté le 17/05/2024.
- [13] G. Amari, Y. Benchenina, Critère de choix des composants photovoltaïques pour application en Algérie, mémoire de master, université de Saad Dahlab Blida 1, (2021)
- [14] Autonomous systems à: <https://www.energy.gov/energysaver/grid-or-stand-alone-renewable-energy-systemes>, consulté le 17/05/2024.

- [15] I. Messaoud, L. Fardjallah, Etude et dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome, mémoire de master, université de Saad Dahlab Blida 1, Blida (2023)
- [16] H. Addadi, K. Benhaddou, Etude et simulation de dimensionnement d'un système photovoltaïque connecté au Réseau électrique (appliquée sur l'intrnat primaire Frères Chaabane-Mechria-), mémoire de master, Centre Universitaire Salhi Ahmed, Naama (2020).
- [17] A Hadadji, I Lebouazid, Etude Technico-Economique d'une centrale Photovoltaïque connectée au réseau du URER/MS, mémoire de master, Université Ahmed Draia, Adrar (2022).
- [18] <https://www.wattuneeed.com/fr/onduleurs-et-convertisseurs/26016-onduleur-monophasé-sofar-solar-2700tl-g3-0768563819971.html> , consulté le 17/05/2024.
- [19] Bendaoud B, Malek A, Loukarfi L, Mammour H. Conceptual study of photovoltaic power plant connected to the urban electrical network in northern Algeria, in. *Energy Sources A: Recovery Util Environ Eff* 2020:1–20. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1758852>.
- [20] Z. Bersali, Conception et dimensionnement d'une centrale photovoltaïque connectée aux réseaux électriques mémoire de master, Université Akli Mohand Oulhadj, Bouira (2017).
- [21] https://www.pvsyst.com/help/index.html?contents_table.htm

Annexes

Annexe A

La consommation électrique et caractéristique des équipement de CCP-UHBC



Numéro de modèle :	FRL-T8/G-1.2M-18W
Type de tube:	T8
Température de couleur:	Blanc chaud, lumière du jour, blanc froid
Pouvoir:	18W
Longueur:	1,2 m
Forme:	Rond
Matériau de l'abat-jour :	Verre
Support/Base de lampe :	G13
Type de LED :	CMS 2835
Type de coque :	Givré
Durée de vie:	≥50000H
Garantie:	3 années
Attestation :	CE, RoHS, CEM, LVD
Tension d'entrée:	85-265V
Puces LED :	Épistar
Puce LED :	CMS 2835
IRC :	70-80
TDC :	2700-6500K
Couleur du corps:	Transparent ou givré
Angle de faisceau :	320
PF :	0,5 ou 0,9
Lumens :	100lms/W





Caractéristiques	Description
Consommation d'énergie	<ul style="list-style-type: none">• Fonctionnement normal : 55,63 W• Veille (mode faible consommation Energy Star) : 1,80 W• Désactivé : 0,90 W



D'après l'ADEME, la consommation électrique d'un climatiseur oscille entre 1500 et 2500 Watts par heure. Cela représente entre 0,38 € et 0,63 € par heure d'utilisation, au tarif réglementé d'EDF en février 2024.

Caractéristiques électriques du projecteur

Fréquence nominale	50/60 Hz
Source d'alimentation	De 100 à 240 V CA, $\pm 10\%$ 3,8 à 1,7 A
Consommation électrique (100 à 120 V)	Fonctionnement : Mode de consommation électrique Haut : 373 W Mode de consommation d'énergie ECO : 283 W Mode attente : 0,3 W (Comm. désactivée), 2 W (Comm. activée)
Consommation électrique (220 à 240 V)	Fonctionnement : Mode de consommation électrique Haut : 355 W Mode de consommation électrique ECO : 271 W Mode attente : 0,3 W (Comm. désactivée), 2 W (Comm. activée)

Annexe B

Modèle	JAM60-S09-320-PR	Fabricant	JA Solar
Nom fichier	JA_Solar_JAM60_S09_320_PR.PAN	Source données	Datasheets 2020
	Base de données PVsyst originale		Prod. depuis 2020

Puissance nom. (aux STC)	<input type="text" value="320.0"/> Wc	Tol. -/+	<input type="text" value="0.0"/> <input type="text" value="3.0"/> %
Technologie	<input type="text" value="Si-mono"/>		

Spécifications fabricant ou autres mesures			
Cond. de référence	GRef	<input type="text" value="1000"/> W/m ²	TRef <input type="text" value="25"/> °C
Courant de court-circuit	Isc	<input type="text" value="10.180"/> A	Circuit ouvert Vco <input type="text" value="40.78"/> V
Point de Puissance max.	Imp	<input type="text" value="9.650"/> A	Vmpp <input type="text" value="33.17"/> V
Coefficient de tempér.	muIsc	<input type="text" value="6.1"/> mA/°C	Nbre cellules 60 en série
	ou muIsc	<input type="text" value="0.060"/> %/°C	

Résultats du modèle interne	
Cond. de fonctionnement	GOper <input type="text" value="1000"/> W/m ² TOper <input type="text" value="25"/> °C
Point de Puissance max.	Pmpp <input type="text" value="320.2"/> W Coeff. de température <input type="text" value="-0.36"/> %/°C
	Courant Imp <input type="text" value="9.60"/> A Tension Vmpp <input type="text" value="33.3"/> V
Courant de court-circuit	Isc <input type="text" value="10.18"/> A Circuit ouvert Vco <input type="text" value="40.8"/> V
Efficacité	/ Surf. cellules <input type="text" value="N/A"/> % / Surf. module <input type="text" value="19.40"/> %

Résumé du modèle	
Paramètres principaux	
R parall.	<input type="text" value="300"/> Ω
Rparall(G=0)	<input type="text" value="1200"/> Ω
R série modèle	<input type="text" value="0.27"/> Ω
R série max.	<input type="text" value="0.30"/> Ω
R série apparent	<input type="text" value="0.43"/> Ω
Paramètres modèle	
Gamma	<input type="text" value="1.022"/>
IoRef	<input type="text" value="0.06"/> nA
muVco	<input type="text" value="-128"/> mV/°C
muPMMax fixé	<input type="text" value="-0.37"/> /°C

Annexes C

Modèle	<input type="text" value="Sunny Boy 2800i"/>	Fabricant	<input type="text" value="SMA"/>
Nom fichier	<input type="text" value="SMA_SunnyBoy2800.OND"/>	Source des données	<input type="text" value="Manufacturer 2010"/>
<input type="button" value="?"/> Base de données PVsyst originale		Prod. depuis 2002 à 2008	

Entrée (DC, Champ PV)	
Tension MPP minimale	<input type="text" value="224"/> V
Tension min. pour PNom	<input type="text" value="224"/> V
Courant d'entrée maximum	<input type="text" value="12.4"/> A
Tension MPP nominale	<input type="text" value="300"/> V
Tension MPP maximale	<input type="text" value="480"/> V
Tension PV max. absolue	<input type="text" value="600"/> V
Puissance seuil	<input type="text" value="12.87"/> W <input checked="" type="checkbox"/> <input type="button" value="?"/> Défaut
Spécification contractuelle, sans réelle signification physique <input type="button" value="?"/> Obligatoire	
Puissance PV nominale	<input type="text" value="2.80"/> kW
Puissance PV maximale	<input type="text" value="3.40"/> kW <input type="checkbox"/>
Courant PV maximum	<input type="text" value="13.50"/> A <input type="checkbox"/>

Sortie (Réseau AC)	
<input checked="" type="radio"/> Monophasé <input type="radio"/> Triphasé <input type="radio"/> Biphasé	Fréquence <input checked="" type="checkbox"/> 50 Hz <input checked="" type="checkbox"/> 60 Hz
Tension du réseau	<input type="text" value="230"/> V
Puissance AC nominale	<input type="text" value="2.60"/> kW
Puissance AC maximale	<input type="text" value="2.80"/> kW
Courant AC nominal	<input type="text" value="11.30"/> A <input checked="" type="checkbox"/>
Courant AC maximum	<input type="text" value="14.00"/> A <input type="checkbox"/>

Efficacité	
Efficacité maximale	94.00 % <input type="button" value="?"/>
Efficacité EURO	93.00 %
<input type="checkbox"/> Efficacité définie pour 3 tensions	