

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
Université Saad Dahlab, Blida 1  
Faculté de technologie  
Département des énergies renouvelables



Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Master

Option : Habitat bioclimatique

Thème

**Etude de la possibilité d'exploitation des toits des bâtiments de  
l'Université de Blida 1 pour la production de l'électricité  
photovoltaïque**

Par BOUGUERRA Hazar

Soutenu devant le jury compose par :

D. SEMMAR	Pr	Université BLIDA 1	Président
A. GUENOUNOU	MCA	Université BLIDA 1	Promoteur
A. HAMID	Pr	Université BLIDA 1	Examineur
D. LAFRI	MCB	Université BLIDA 1	Examineur

Octobre 2022

ملخص

تعد تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) واحدة من مصادر الطاقة المتجددة المثالية التي يمكن استخدامها على نطاق واسع في الجزائر. سيكون هذا العمل دراسة حول امكانية استغلال أسطح جامعة البليدة 1 لإنتاج الكهرباء الضوئية. قدرة تركيب الأنظمة الكهروضوئية على الأسطح، وإمكانات إنتاج الطاقة السنوية. بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، نخطط لتقديم طريقة لصناع القرار لتحسين الأسطح غير المستغلة للمباني العامة بشكل عام وتلك الخاصة بالجامعات بشكل خاص. في حالة الجامعات، بالإضافة إلى حقيقة أن هذا من شأنه أن يشكل مصدرًا مهمًا للدخل، ستكون هذه الأنظمة بمثابة منصات بحث تجريبية مثالية.

الكلمات المفتاحية: الأنظمة الكهروضوئية. تحجيم. PVSyst

**Résumé**

La technologie solaire photovoltaïque (PV) est l'une des ressources d'énergie renouvelable idéales pouvant être utilisées à grande échelle en Algérie. Ce travail sera une étude sur la possibilité d'exploitation des toits de l'université de Blida 1 pour la production de l'électricité photovoltaïque. La capacité d'installation des systèmes photovoltaïques sur les toits, le potentiel annuel de production d'énergie. En fonction des résultats obtenus, nous projetons de présenter aux décideurs une manière de valoriser les toits inexploités des bâtiments publics en général et ceux des universités en particulier. Dans le cas des universités, en plus du fait que cela constituerait une source de revenu non négligeable, de tels systèmes seront des plateformes expérimentales de recherche idéales.

Mots clés : Systèmes photovoltaïques ; dimensionnement ; PVSyst.

**Abstract**

Solar photovoltaic (PV) technology is one of the ideal renewable energy resources that can be used on a large scale in Algeria. This work will be a study on the possibility of exploiting the roofs of the University of Blida 1 for the production of photovoltaic electricity. The installation capacity of photovoltaic systems on the roofs, the annual energy production potential. Depending on the results obtained, we plan to present to decision-makers a way to enhance the unexploited roofs of public buildings in general and those of universities in particular. In the case of universities, in addition to the fact that this would constitute a significant source of income, such systems will be ideal experimental research platforms.

Keywords: Photovoltaic systems; sizing; PVSyst.

## Dédicaces :

*A ma chère maman*

*A mon cher papa*

*A mon frère et ma sœur*

*A mes proches et à ceux qui me donnent de  
l'amour et la vivacité.*

*A tous mes ami(e)s qui m'ont encouragé, et à qui je  
souhaite plus de succès.*

## Remerciements

*Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique du département des Energies Renouvelables et les intervenants professionnels responsables de la formation de la filière Habitat Bioclimatique, pour avoir assuré la partie théorique.*

*Je voudrais ensuite adresser toute ma reconnaissance au maître de ce mémoire, Monsieur GUENOUNOU pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de ses connaissances. Grâce aussi à sa confiance j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions, et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion. Il fut d'une aide très précieuse dans les moments les plus délicats*

## Sommaire

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1: ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE .....</b>	<b>4</b>
1.1 INTRODUCTION .....	4
1.2 DEFINITION DE L'ENERGIE RENOUVELABLE : .....	4
1.3 L'ENERGIE SOLAIRE : .....	4
1.4 RAYONNEMENT SOLAIRE : .....	5
1.4.1 <i>Le rayonnement direct</i> : .....	6
1.4.2 <i>Le rayonnement diffus</i> : .....	6
1.4.3 <i>Le rayonnement réfléchi ou l'albédo du sol</i> : .....	6
1.4.4 <i>Le rayonnement global</i> : .....	6
1.5 SPECTRE DE RAYONNEMENT : .....	6
1.6 GISEMENT SOLAIRE EN ALGERIE .....	7
1.7 LES PANNEAUX SOLAIRES : .....	8
1.7.1.1 Définition : .....	8
1.7.2 <i>La cellule PV</i> : .....	9
1.7.3 <i>Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque</i> : .....	9
1.7.4 <i>Technologies des cellules</i> : .....	9
1.8 L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE MONDE : .....	10
1.9 LES DERNIERS CHIFFRES CONCERNANT LA PRODUCTION ELECTRIQUE GRACE AU SECTEUR SOLAIRE .....	10
1.10 CONCLUSION : .....	11
<b>CHAPITRE 2 : SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES .....</b>	<b>13</b>
2.1 INTRODUCTION : .....	13
2.2 CLASSIFICATION DES SYSTEMES PV .....	13
2.2.1 <i>Systèmes autonomes</i> .....	13
2.2.1.1.1 Définition .....	13
2.2.1.1.2 Types de systèmes PV autonomes .....	14
2.2.1.1.2 Les systèmes avec stockage .....	15
2.2.1.1.3 Systèmes PV à injection aux réseaux .....	15
Définition d'un système PV raccordé au réseau .....	15
2.2.1.1.4 Classes des systèmes raccordés aux réseaux .....	16
2.2.1.1.5 Systèmes à Injection du surplus .....	20
2.3 MODES D'INTEGRATION : .....	20
2.3.1.1 Toit solaire .....	20
2.3.1.2 Rôle du toit solaire .....	21
2.3.1.3 Lieu d'installation du toit solaire .....	21
2.4 CONCLUSION : .....	21
<b>CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION CONNECTE AU RESEAU .....</b>	<b>24</b>
3.1 INTRODUCTION : .....	24
3.2 ESTIMATION DES SURFACES DES PAVILLONS ET DES SURFACES DES TOITS EXPLOITABLES : .....	24
3.3 PARTIE THEORIQUE SUR DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME RACCORDE AU RESEAU : .....	25

---

3.3.1	<i>Le rôle de l'onduleur</i> .....	25
3.3.2	<i>Dimensionnement de la partie Continue</i> .....	26
3.3.2.1	Puissance inférieure à 3 kW.....	26
3.3.2.2	Puissance supérieure à 3 kW .....	26
3.3.3	<i>Dimensionnement de l'onduleur :</i> .....	26
3.3.3.1	La compatibilité en puissance.....	26
3.3.3.2	La compatibilité en tension.....	27
3.3.3.3	La compatibilité en courant .....	27
3.4	PRESENTATION DES LOGICIELS UTILISES : .....	27
3.4.1	<i>Le logiciel PV system :</i> .....	27
3.4.1.1	Le logiciel PV system permet de : .....	28
3.4.1.2	Pré dimensionnement.....	28
3.4.1.3	Conception du projet .....	29
3.4.2	<i>Le logiciel méteonorme :</i> .....	29
3.5	LES ETAPES DE DIMENSIONNEMENT : .....	30
3.6	ÉTUDE ECONOMIQUE : .....	40
3.7	DEFINITIONS : .....	40
3.8	CONCLUSION : .....	42
	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>43</b>

## Liste des figures

<i>FIGURE 1 1 : LE SOLEIL SOURCE DE L'ENERGIE SOLAIRE</i> .....	5
<i>FIGURE 1 2: TYPES DE RAYONNEMENTS SOLAIRES REÇUS AU SOL</i> .....	6
<i>FIGURE 1 3: IRRADIATION SOLAIRE GLOBALE REÇUE SUR PLAN INCLINE A LA LATITUDE DU LIEU</i> .....	8
<i>FIGURE 1 4: PANNEAU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE</i> .....	8
<i>FIGURE 1 5: SCHEMA D'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE</i> .....	9
<i>FIGURE 1 6: L'ENERGIE SOLAIRE DANS LE MONDE</i> .....	10
<i>FIGURE 1 7: FIGURE REPRESENTANT LA CAPACITE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE EN GW</i> .....	11
<i>FIGURE 2 1: SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE PLUS DETAILLE</i> .....	13
<i>FIGURE 2 2: SCHEMA D'UN SYSTEME AUTONOME (HORS- RESEAU)</i> .....	14
<i>FIGURE 2 3: SYSTEME DE POMPAGE PV</i> .....	15
<i>FIGURE 2 4: INJECTION PARTIELLE</i> .....	16
<i>FIGURE 2 5: INJECTION TOTALE</i> .....	16
<i>FIGURE 2 6 : CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE</i> .....	16
<i>FIGURE 2 7: FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE</i> .....	17
<i>FIGURE 2 8: CONSTRUCTION SUR LE TERRAIN</i> .....	18
<i>FIGURE 2 9: CONSTRUCTION RAPPORTEE SUR BATIMENT</i> .....	18
<i>FIGURE 2 10: PROJET PV SOLAIRE A PETITE ECHELLE CONNECTE AU RESEAU</i> .....	19
<i>FIGURE 2 11: TOIT SOLAIRE</i> .....	21
<i>FIGURE 3 1: L'UNIVERSITE DE SAAD DAHLAB A TRAVERS GOOGLE EARTH</i> .....	24
<i>FIGURE 3 2: LOGICIEL PVSYSY</i> .....	28
<i>FIGURE 3 3: LOGICIEL DE METRONOME</i> .....	29
<i>FIGURE 3 4: LE LOGICIEL METEONORM</i> .....	30
<i>FIGURE 3 5: LES TEMPERATURES OBTENUES DU SITE DE BLIDA</i> .....	31
<i>FIGURE 3 6: RAYONNEMENT AVEC LE LOGICIEL DE METEONORM</i> .....	31
<i>FIGURE 3 7: PRE-DIMENSIONNEMENT DANS LE LOGICIEL DE PVSYSY</i> .....	32
<i>FIGURE 3 8: EXPLOITATION DES DONNEES METROLOGIQUES DE METRONOME A PVSYSY</i> .....	33
<i>FIGURE 3 9: HORIZON DE BLIDA</i> .....	33
<i>FIGURE 3 10: SPECIFICATION DU SYSTEME</i> .....	34
<i>FIGURE 3 11: OUVERTURE NOUVEAU PROJET RACCORDE AU RESEAU</i> .....	35
<i>FIGURE 3 12: DEFINITION D'UN SYSTEME RACCORDE AU RESEAU</i> .....	35
<i>FIGURE 3 13: SCHEMA EXEMPLAIRE D'UN SYSTEME RACCORDE AU RESEAU</i> .....	36
<i>FIGURE 3 14: SCHEMA SIMPLIFIE D'UN SYSTEME RACCORDE AU RESEAU DU LOGICIEL PVSYSY</i> .....	36
<i>FIGURE 3 15: RESULTAT OBTENU DU DIMENSIONNEMENT</i> .....	37
<i>FIGURE 3 16: LE DIAGRAMME DES PERTES</i> .....	38

## Liste des tableaux

<i>TABLEAU 3 1:REPRESENTANT LA SURFACE DES TOITS EXPLOITABLES .....</i>	<i>25</i>
<i>TABLEAU 3 2:LES DONNEES GEOGRAPHIQUES DE L'UNIVERSITE DE BLIDA 1 .....</i>	<i>30</i>
<i>TABLEAU 3 3:RESULTANT DE DIMENSIONNEMENT AVEC PV SYSTEME .....</i>	<i>39</i>
<i>TABLEAU 3 4:ESTIMATION DE LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE ANNUELLE DU PROJET PAR BATIMENT. ....</i>	<i>39</i>
<i>TABLEAU 3 5:TABLEAU DES TARIFS .....</i>	<i>41</i>



## ***Introduction Générale***

---

La consommation durant le dernier siècle a considérablement augmenté à cause de l'industrialisation massive. La grande partie de l'énergie consommée provient des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon, ... etc.) dont l'utilisation massive peut conduire à l'épuisement de ces réserves et menace réellement l'environnement. Cette menace c'est manifesté principalement à travers la pollution et le réchauffement global de la terre par effet de serre. En effet, la grande préoccupation du monde actuel est d'atténuer cette pollution par l'adaptation des sources d'énergie classiques à des critères très sévères et par l'utilisation des énergies renouvelables. [1]

L'Algérie, pays du soleil et de l'espace, peut s'inspirer de ces programmes pour une exploitation à grande échelle de l'énergie solaire. Elle a les moyens humains et financiers à la mesure de ces programmes. L'enjeu est grand, et vital. L'Algérie est dans le monde l'un des pays de fort potentiel d'exportation de l'énergie électrique solaire. Le soleil fournit une énergie lumineuse grandiose à la Terre. Mais le problème réside dans le fait que la forme sous laquelle nous recevons l'énergie n'est pas nécessairement celle sous laquelle cette énergie est utilisable. C'est pourquoi, nous devons utiliser des processus de conversion de l'énergie. La technologie qui permet la conversion de cette forme d'énergie (énergie solaire) en énergie électrique est appelée conversion photovoltaïque. [2]

A travers l'effet photovoltaïque l'énergie contenue dans la lumière solaire peut être convertie directement à une énergie électrique. Cette méthode de conversion d'énergie présente quelques avantages parmi lesquelles : la simplicité : en construction modulaire, flexibilité d'utilisation temps court de l'installation et de fonctionnement, régularité élevée et basse maintenance. Dans un autre côté, les systèmes photovoltaïques représentent une source d'énergie électrique silencieuse, sûre, non polluée et renouvelable fortement appropriée pour l'intégration dans les régions urbaines. Les trois genres de systèmes photovoltaïques que l'on rencontre généralement sont les systèmes autonomes, hybrides et connectés à un réseau. Les deux premiers sont indépendants du service public de distribution d'électricité ; on les retrouve souvent dans les régions éloignées.

L'objectif donc du présent travail est de faire une étude sur la possibilité d'exploitation des toits des bâtiments de l'université de BLIDA 1 et distinguer la production de l'électricité photovoltaïque.

Ce mémoire est partagé en trois chapitres précède par une introduction générale et suivis par une conclusion générale

Le premier chapitre est consacré sur un rappel sur l'énergie solaire et l'état de l'art de l'énergie solaire photovoltaïque et ses perspectives.

Le deuxième chapitre est consacré aux notions de bases concernant les différents systèmes solaires photovoltaïques, leurs caractéristiques ainsi que leurs modes de fonctionnement.

Au troisième chapitre nous traiterons le calcul des surfaces exploitables des toits des départements de l'université de Blida 1 afin de réaliser une étude par simulation numérique ou nous présenterons le logiciel que nous avons utilisé qui est PVSyst. Ensuite, nous représenterons les résultats obtenus de l'installation PV et nous ferons l'étude économique en ce qui concerne les rentes estimées, le cout d'investissement.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

# Chapitre 1 : Energie solaire photovoltaïque

## Chapitre 1 : Energie solaire photovoltaïque

### 1.1 Introduction

Alors que les gisements d'énergies fossiles et fissiles ne seront encore plus exploitables que pendant quelques dizaines d'années, l'énergie renouvelable dont l'énergie solaire poursuivra ses bienfaits sur terre pendant encore des milliards d'années. Dans ce chapitre on va essayer de donner une idée générale sur l'énergie solaire, les différents types des systèmes photovoltaïques et quelques concepts qui vont nous aider à bien rentrer dans le thème.

### 1.2 Définition de l'énergie renouvelable :

Les énergies renouvelables sont toutes les énergies que la nature constitue ou reconstitue plus rapidement que l'Homme ne les utilise. Elles peuvent ainsi être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.

Exemple :

- Vent : éolienne
- Soleil : thermique, photovoltaïque, thermodynamique.
- Chaleur terrestre : géothermie.
- Eau : hydroélectrique, marémotrice.
- Biodégradation : biomasse.
- Biocarburant.

### 1.3 L'énergie solaire :

L'énergie solaire vient de la fusion nucléaire qui se produit au centre du soleil. Elle se propage dans le système solaire et dans l'univers essentiellement sous forme d'un rayonnement électromagnétique de photons et de rayonnement infrarouge.

L'énergie solaire reçue en un point du globe dépend de :

La latitude, la saison et l'heure, qui influent sur la hauteur du soleil et donc sur l'énergie reçue au sol par unité de surface, ainsi que sur la nébulosité en fonction du climat local.

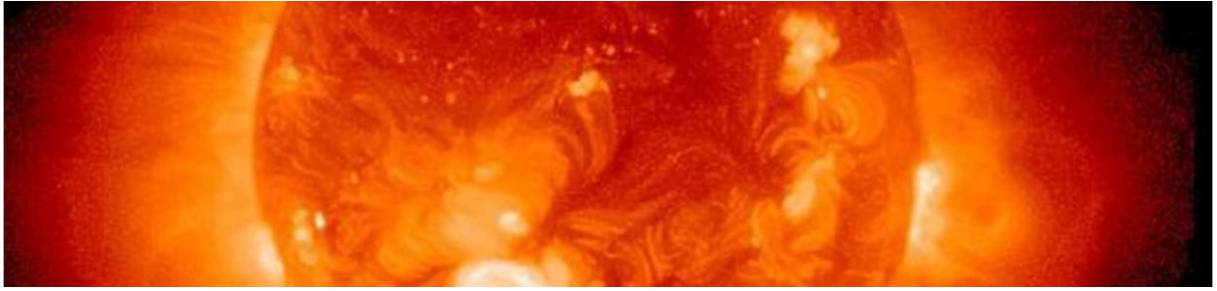


Figure 1 : Le soleil source de l'énergie solaire

La distance de la terre au soleil est d'environ 150 million de kilomètres et la vitesse de la lumière est d'un peu plus de 300000 km/h, les rayons du soleil mettent donc environ 8 minutes à nous parvenir. La constante solaire est la densité d'énergie solaire qui atteint la frontière externe de l'atmosphère faisant face au soleil. Sa valeur est communément prise égale à  $1360\text{W/m}^2$ . Au niveau du sol, la densité d'énergie solaire est réduite à  $1000\text{ W/ m}^2$  à cause de l'absorption dans l'atmosphère. Albert Einstein a découvert en travaillant sur l'effet photoélectrique que la lumière n'avait pas qu'un caractère ondulatoire, mais que son énergie est portée par des particules, les photons.

L'énergie d'un photon étant donnée par la relation :

$$E = \frac{h \times c}{\lambda}$$

$\lambda$  : la densité d'énergie solaire.

$h$  : la constante de Planck.

$C$  : la vitesse de la lumière.

Ainsi, plus la longueur d'onde est courte, plus l'énergie du photon est grande

Une façon commode d'exprimer cette énergie est :

$$E = \frac{1.26}{\lambda}$$

$\lambda$  : la densité d'énergie solaire

#### 1.4 Rayonnement solaire :

Notre soleil est une étoile naine qui se compose de 74% d'hydrogène, 25% d'hélium et d'une fraction d'éléments plus lourds, sa température à la surface est d'environ  $5530^\circ\text{C}$

#### 1.4.1 Le rayonnement direct :

Le rayonnement direct est la différence entre le rayonnement global et le rayonnement diffus.

#### 1.4.2 Le rayonnement diffus :

C'est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire global par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages et les aérosols.

#### 1.4.3 Le rayonnement réfléchi ou l'albédo du sol :

C'est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige, etc....)

#### 1.4.4 Le rayonnement global :

Le rayonnement global est subdivisé en rayonnements directs, diffus et reflété par le sol. Dans la figure ci-dessous est schématisé l'ensemble des rayonnements solaires reçus sur une surface terrestre [3]

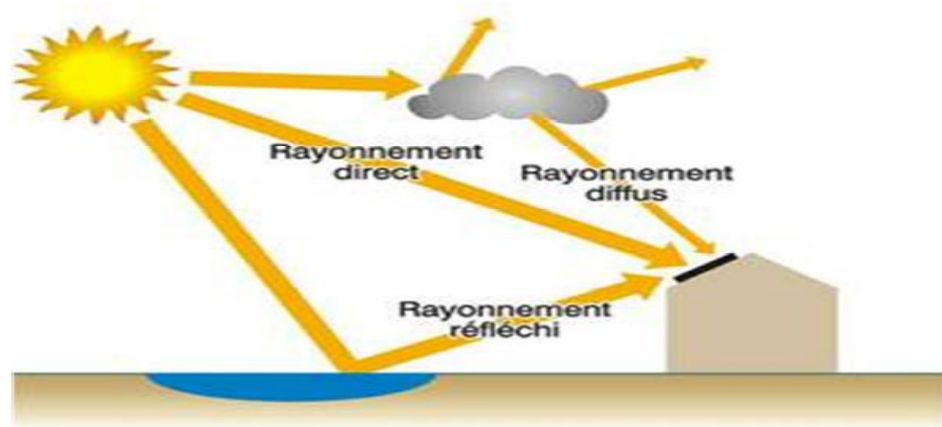


Figure1 2:Types de rayonnements solaires reçus au sol

### 1.5 Spectre de rayonnement :

Le soleil émet des particules, appelées photons, en très grande quantité. C'est le rayonnement solaire. Ces flux de photons qu'on appelle également radiations ou rayons, voyagent dans l'espace à la vitesse de 300 000 km/s (c'est la vitesse de la lumière) et atteignent la terre à différentes longueurs d'ondes.

On distingue par leurs longueurs d'ondes les différents types de rayons : c'est le spectre solaire.

Les rayons de longueur d'ondes très courtes (les rayons x, gamma,), extrêmement dangereux sont heureusement arrêtés dès les couches supérieures de l'atmosphère.

Les rayons de longueur d'onde très longue (ondes radio) sont très faibles aux surfaces de terre.

Nous parviennent essentiellement

- Les Ultraviolets (UV), de 200 nm à 400 nm, invisibles, sans échauffer, provoquent des dommages sur les cellules [9%].
- La Lumière visible, de 400 à 800 nm, visibles, ils nous permettent de distinguer les formes et les couleurs [47%].
- Les Infrarouges (IR), de 800 à 1400 nm, invisibles, chauffent la matière solide ou gazeuse qu'ils rencontrent. [44%].

## 1.6 Gisement solaire en Algérie

L'étude du gisement solaire est le point de départ de toute investigation dans le domaine de l'énergie solaire. Le gisement solaire est un ensemble de donnée décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible dans un lieu donné et au cours d'une période donnée. Son évaluation peut se faire à partir des données de l'irradiation solaire globale. Elle est utilisée pour simuler le fonctionnement probable d'un système énergétique solaire et donc d'effectuer son dimensionnement le plus exacte possible compte tenu des demandes en énergie à satisfaire. De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde.

La durée d'insolation moyenne nationale dépasse les 2000 heures annuellement.

Cette valeur peut atteindre facilement les 3900 heures dans les hauts plateaux et le Sahara.

Ainsi, l'énergie moyenne reçue quotidiennement sur une surface inclinée à la latitude est d'environ  $7\text{kWh/m}^2/\text{jour}$ . Elle est répartie comme suit :

- Au Nord :  $5,6\text{ kWh/m}^2/\text{jour}$
- Au Sud :  $7,2\text{ kWh/m}^2/\text{jour}$

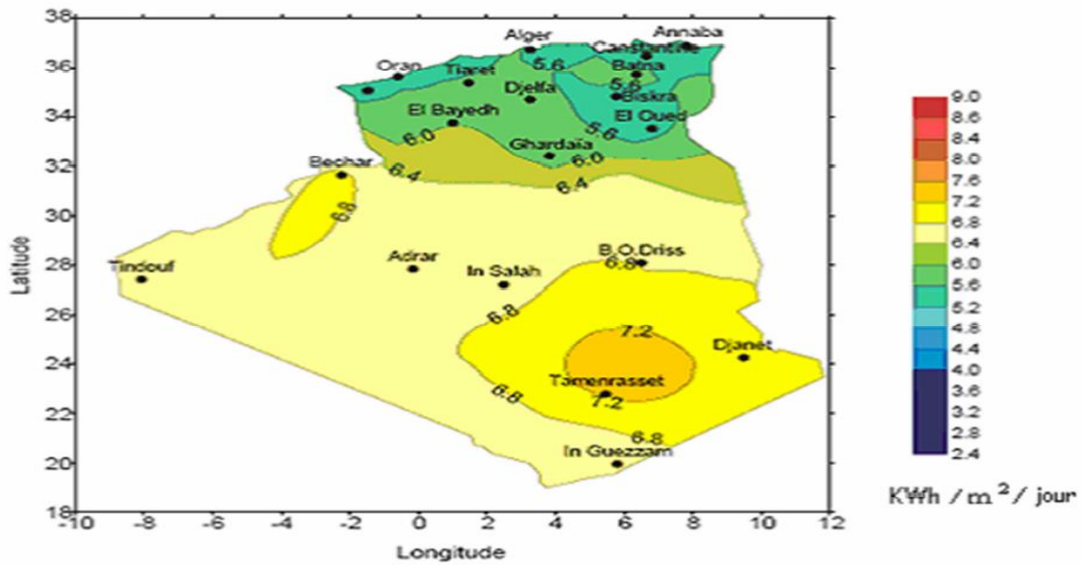


Figure1 3:Irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu

## 1.7 Les panneaux solaires :



Figure1 4:panneau solaire photovoltaïque

### 1.7.1.1 Définition :

La cellule photovoltaïque ou encore photopile est l'élément constitutif des modules photovoltaïques. Un panneau photovoltaïque est constitué de plusieurs cellules en série ou en parallèle afin d'obtenir une tension souhaitée.



### 1.7.2 La cellule PV :

La cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique

### 1.7.3 Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque :

Le principe de fonctionnement de cette cellule repose sur l'effet photovoltaïque, en effet une cellule est constituée de deux couches minces d'un semi-conducteur, ces deux couches sont dopées différemment :

- pour la couche N, apport d'électrons périphériques
- pour la couche P, déficit d'électrons

Ces deux couches présentent ainsi une différence de potentiel. L'énergie des photons lumineux captés par les électrons périphériques (couche N) leur permet de franchir la barrière de potentiel et d'engendrer un courant électrique continu. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées par sérigraphie sur les deux couches de semi-conducteur

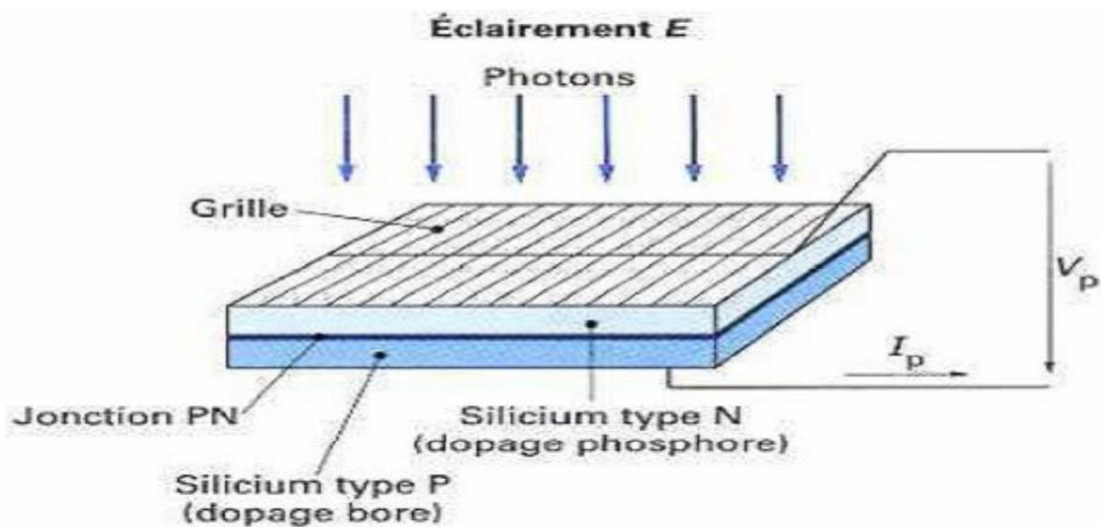


Figure 1 5: Schéma d'une cellule photovoltaïque

### 1.7.4 Technologies des cellules :

Le matériau le plus répandu dans les photopiles ou cellules solaires est le silicium, semi-conducteur de type IV. Il est dit tétravalent, cela signifie qu'un atome de silicium peut se lier avec quatre autres atomes de même nature. On utilise également des matériaux composites tels que l'arséniure de gallium et des couches minces comme de Cd Te (tellure de cadmium) et le CIS (cuivre-indium-di sélénium).

Il existe plusieurs types de cellules solaires :

- Les cellules monocristallines.
- Les cellules poly cristallines.
- Les cellules amorphes.

### 1.8 L'énergie solaire photovoltaïque dans le monde :

Le Soleil, source illimitée d'énergie pour l'humanité, est actuellement exploité par deux grandes voies technologiques : le thermique et le photovoltaïque. La filière thermique convertit le rayonnement solaire en énergie thermique permettant, entre autres, de produire de l'électricité, mais aussi de la chaleur ou du froid. La filière photovoltaïque, quant à elle, transforme directement le rayonnement solaire en électricité voici une infographie interactive pour comprendre le poids de l'énergie d'origine solaire dans la consommation énergétique mondiale en 2022 :

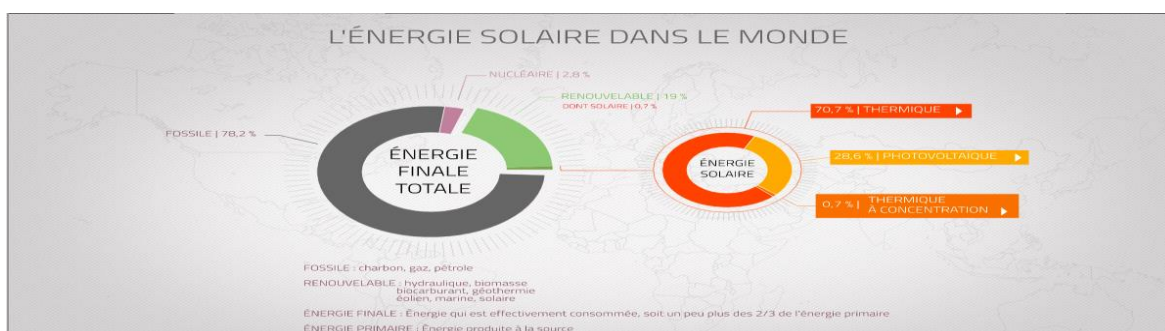


Figure 1 6: L'énergie solaire dans le monde

### 1.9 Les derniers chiffres concernant la production électrique grâce au secteur solaire

Selon le rapport annuel «Statistiques de capacité renouvelable 2020» de l'Agence Internationale pour les Energies Renouvelables (IRENA), un résumé de l'évolution des capacités cumulées de production d'électricité à base des principales ressources renouvelables dans le monde sur les cinq dernières années (2015-2019), pour chacune de ces filières, est donné dans le tableau. Une brève analyse des statistiques ainsi présentées, permet déjà de dégager les premiers éléments qui pourraient aider à orienter objectivement les choix en matière de ressources renouvelables à développer dans le cadre d'une transition énergétique d'envergure. Ainsi, selon les capacités cumulées installées à ce jour, il apparaît que la contribution de l'hydroélectricité reste encore dominante (47 %) quant à

la génération d'électricité renouvelable dans le monde. Cependant, il faut remarquer que cette part qui était de 60 % il y a seulement cinq ans, a régulièrement régressé pour laisser place principalement à l'électricité éolienne (23.5 %) et solaire photovoltaïque (22.8 %) en 2019 . Quant à la contribution de la biomasse et la géothermie à la production d'électricité renouvelable, elle reste faible (5.5 % en 2019) et présente une évolution très limitée [4]

Source renouvelable primaire	2015	2016	2017	2018	2019
Hydro-électricité	1099	1129	1156	1177	1189
Eolien (On et Offshore)	416	467	514	564	623
Solaire (CSP + PV)	222	296	389	489	586
Biomasse	97	105	111	117	124
Géothermie	12	12	13	14	15
Total	1846	2009	2183	2361	2537

Figure 1 7: figure représentant la capacité de production d'électricité en GW

### 1.10 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté des notions importantes sur l'énergie solaire, le rayonnement solaire, ensuite nous avons présenté l'effet photovoltaïque ainsi que la cellule solaire, ses différents types et son principe de fonctionnement et en dernier nous avons cité un aperçu sur l'énergie solaire et l'état d'avancement de sa production d'électricité grâce au solaire photovoltaïque au monde.

# Chapitre 2 : Systèmes photovoltaïques

## 2 Chapitre 2 : Systèmes photovoltaïques

### 2.1 Introduction :

Un système (photovoltaïque) PV est un ensemble d'éléments (constituants) de production d'électricité, en utilisant une source solaire. Ces constituants sont essentiellement le champ PV, le conditionnement de puissance, le système de stockage (dans un certain cas), et la charge. Le conditionnement de puissance peut comprendre : un régulateur seul, un régulateur avec un convertisseur (DC /DC ou/et DC/ AC) ou un convertisseur seul. Un exemple d'un système plus détaillé est montré sur la figure 2.1. [5]

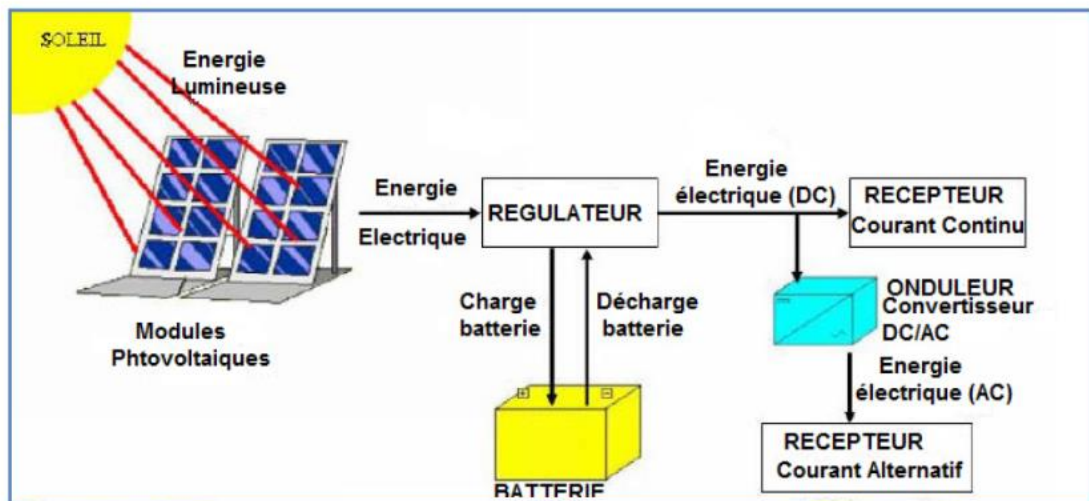


Figure 2 1: système photovoltaïque plus détaillé

### 2.2 Classification des systèmes PV

On distingue deux types de systèmes PV :

- Systèmes PV autonomes
- Système à injection au réseau.

#### 2.2.1 Systèmes autonomes

##### 2.2.1.1.1 Définition

Le système PV autonome est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autres sources d'énergie et qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries ou autres moyens de stockage pour une utilisation durant les périodes du non disponibilité de

l'énergie solaire comme par exemple les périodes nocturnes, les périodes non ensoleillées. Les systèmes PV autonomes servent habituellement à alimenter les maisons en site isolé, en îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau.

En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique ; dans les endroits isolés, loin d'un réseau électrique et où les besoins en énergie sont relativement faibles (généralement moins de 10 kWc) que l'énergie photovoltaïque est la plus concurrentielle.

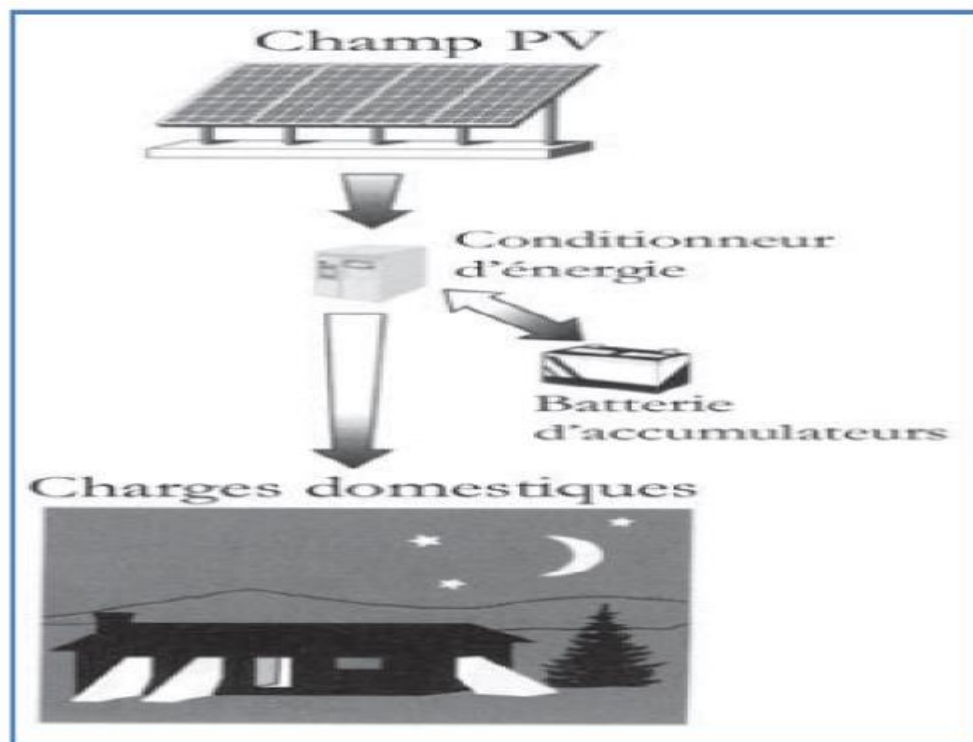


Figure 2 2:Schéma d'un système autonome (hors- réseau)

### 2.2.1.2 Types de systèmes PV autonomes

On distingue deux types :

- Les systèmes au fil du soleil
- Les systèmes avec stockage

#### 2.2.1.2.1.1 Les systèmes au fil du soleil

Les systèmes au fil du soleil sont des systèmes sans stockage. Ils exploitent directement l'énergie solaire sans aucune source d'appoint. Ces systèmes sont classés, selon la nature

de la charge à alimenter, en deux types systèmes à courant continu et systèmes à courant alternatif. L'application la plus connue est le pompage photovoltaïque avec ses deux types : systèmes de pompage PV à courant continu et systèmes à courant alternatif. Pour le deuxième cas on doit ajouter un onduleur. Ces systèmes sont simples mais leur inconvénient est la coupure de l'alimentation en absence du soleil. Ces systèmes utilisent, en général, un autre moyen de stockage tel que les réservoirs d'eau pour le pompage PV.

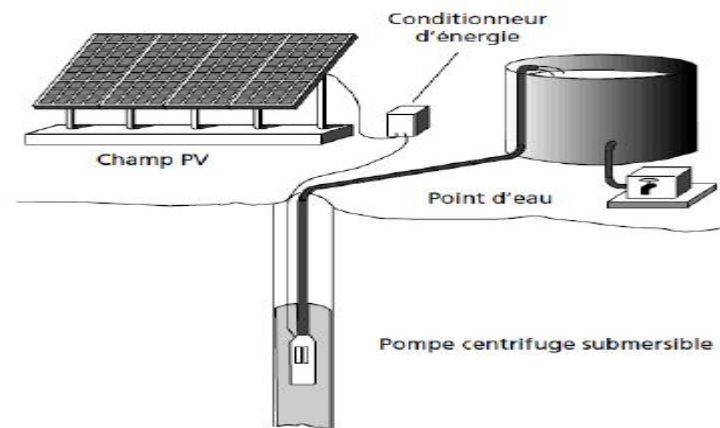


Figure 2 3: Système de pompage PV

### 2.2.1.2.2 Les systèmes avec stockage

Les systèmes avec stockage sont des systèmes qui contiennent des moyens de stockage. Un système de stockage sert à alimenter les charges durant les périodes ayant un ensoleillement faible (passage des nuages) ou une absence totale de l'ensoleillement (les nuits). Le système de stockage sert à emmagasiner l'énergie durant la présence de l'excès d'énergie photovoltaïque et de la restituer durant les autres périodes d'insuffisance d'énergie. Comme exemple, on peut citer l'alimentation des maisons en électricité dans des sites isolés.

### 2.2.1.3 Systèmes PV à injection aux réseaux

#### Définition d'un système PV raccordé au réseau

Un système PV raccordé au réseau est un système dont la charge est partiellement ou totalement est le réseau électrique. C'est à dire le générateur PV injecte sa puissance à travers un onduleur dans le réseau électrique

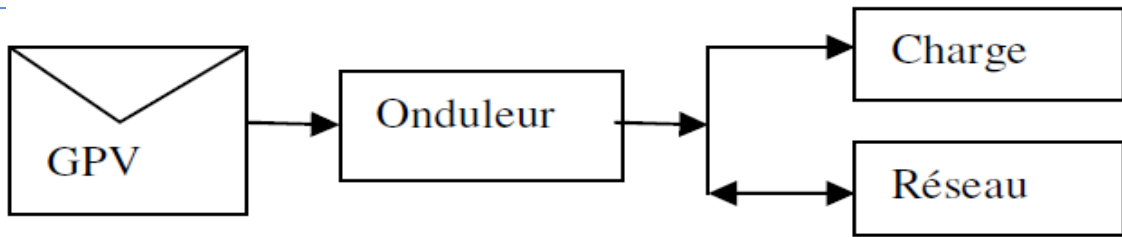


Figure 2 4: Injection partielle

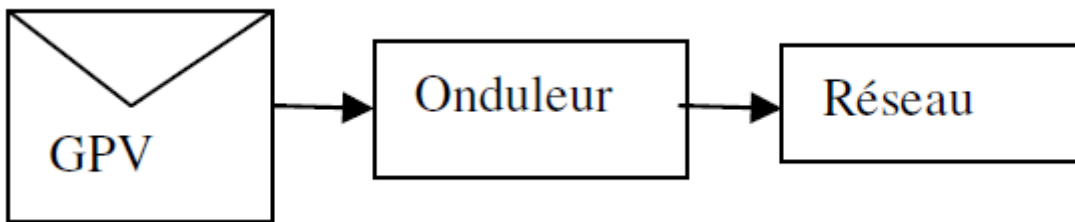


Figure 2 5: injection totale

#### 2.2.1.4 Classes des systèmes raccordés aux réseaux

On a deux classes de systèmes raccordés aux réseaux :

- Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés (centrale solaire photovoltaïque) :
- Systèmes à petites puissances ou systèmes décentralisés ; généralement installés chez des particuliers.

##### 2.2.1.4.1.1 Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés (centrale solaire photovoltaïque)



Figure 2 6 : centrale photovoltaïque



Une centrale photovoltaïque produit de l'électricité en captant l'énergie lumineuse du soleil. Le rayonnement solaire y est transformé en courant continu par les cellules photovoltaïques, fabriquées en silicium le plus souvent, qui sont montées en série sur des panneaux. Le courant continu ainsi produit est ensuite transformé en courant alternatif par un onduleur afin de pouvoir être injecté dans le réseau de distribution de l'électricité puis être utilisé par le consommateur final.

La cellule photovoltaïque est le composant électronique de base d'une centrale solaire photovoltaïque. Elle est composée d'une couche d'un matériau semi-conducteur qui libère des électrons en étant percuté par les rayons du soleil. C'est ce phénomène qui est à l'origine de la production d'électricité. Le semi-conducteur le plus utilisé est le silicium polycristallin ou monocristallin. D'autres matériaux peuvent être employés, comme le tellure de cadmium, mais sont beaucoup moins fréquents. .[6]

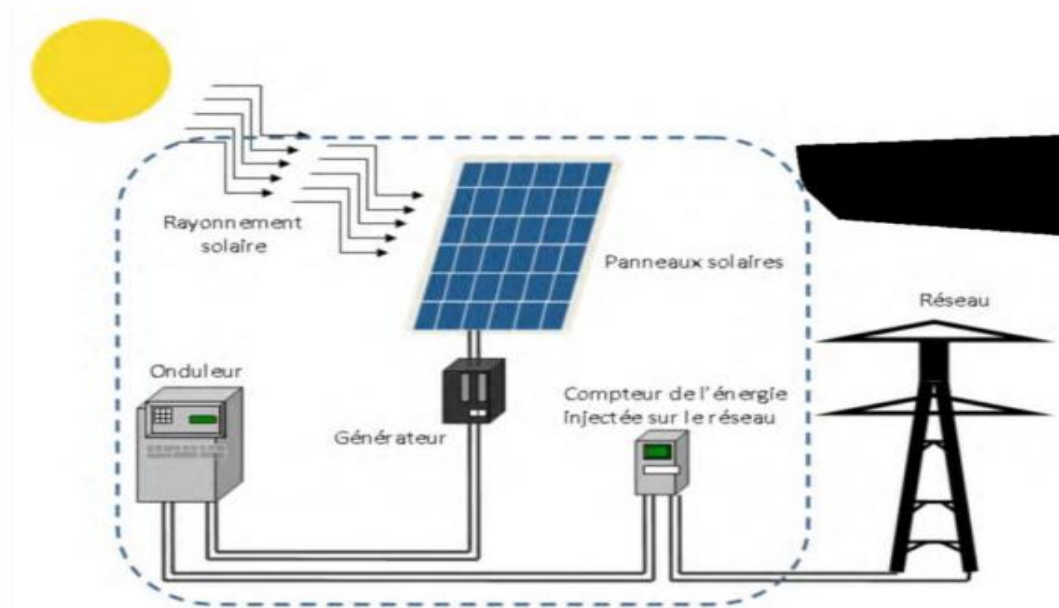


Figure 2 7:fonctionnement d'une centrale photovoltaïque

Donc on peut trouver une centrale photovoltaïque selon divers constructions citant :

- Construction sur le terrain
- Construction rattachée sur bâtiment



*Figure 2 8: construction sur le terrain*



*Figure 2 9: Construction rapportée sur bâtiment*

Voici un exemple en Egypte en ce qui concerne les systèmes connectés au réseau :

En 2016, l'Égypte a adopté un plan pour faciliter la transition vers l'énergie, et cela en exploitant son potentiel solaire, en 2017, l'Égypte a créé le réseau à petite échelle 'Projet photovoltaïque' (Egypte-PV) qui promet des projets PV pilotes Pour augmenter la production distribuée à petite échelle tout en soutenant l'entrepreneuriat

Egypte-PV cible les installations dans les secteurs industriel, éducatif, touristique, secteurs commercial, résidentiel et public, en plus de promouvoir PV intégré au bâtiment. Comme Il a ciblé récemment le secteur du tourisme en Sharm El Sheikh, En 2021 les systèmes installés ont une capacité combinée de 11 MW et produire 17 000 mégawatheures d'électricité par an, au profit environ 8 800 ménages et entreprises.[7]



Figure 2 10:Projet PV solaire à petite échelle connecté au réseau

- **Indicateurs de performance des centrales PV**

Un coefficient, nommé ratio de performance et noté PR (Performance ratio) permet de quantifier les pertes intrinsèques de l'installation électrique.

Le ratio de performance est donc un nombre entre 0 et 1 (ou 0 et 100%). Plus il est proche de 1 (ou de 100%), plus l'installation est performante d'un point de vue électrique.

Toute installation photovoltaïque étant unique, le ratio de performance est spécifique à chaque installation.[8]

---

### *2.2.1.4.1.2 Systèmes à petite puissance ou systèmes décentralisés*

En quantité unitaire, les systèmes décentralisés de petite puissance (inférieur à 100 kWc) sont les plus courants, avec approximativement 80 % des systèmes raccordés au réseau mondial, la majorité étant posé sur des habitations individuelles.

Selon la portion injectée dans le réseau on distingue deux sortes de systèmes :

#### *2.2.1.5 Systèmes à Injection du surplus*

Dans cette configuration, le consommateur utilise la puissance fournie par le générateur PV pour satisfaire ses besoins en énergie et dans le cas du surplus, il l'injecte dans le réseau. L'installation du client producteur avec achat des excédents de production doit être équipée de deux compteurs, l'un mesurant l'énergie soutirée au réseau lorsque la consommation excède la production (compteur de soutirage), l'autre mesurant l'énergie injectée dans le réseau (compteur d'injection). A chaque moment, un seul compteur mesure

## **2.3 Modes d'intégration :**

### *2.3.1.1 Toit solaire*

Un toit solaire photovoltaïque raccordé au réseau est un générateur photovoltaïque installé chez l'utilisateur, et qui est raccordé au réseau de distribution de la compagnie électrique par l'intermédiaire de l'installation électrique intérieure. Il est composé d'un ou plusieurs champs des panneaux produisant du courant continu. Ce courant est ensuite transformé par un ou plusieurs onduleurs en courant alternatif compatible avec les exigences de qualité, de fiabilité et de sécurité du réseau.



Figure 2 11:toit solaire

### **2.3.1.2 Rôle du toit solaire**

A couvrir tout ou la partie de la consommation électrique du bâtiment sur lequel il est installé. En pratique, la production solaire réduira la facture d'électricité et remplacera une partie de l'énergie « sale » issue de combustibles fossiles ou nucléaires par une énergie propre et respectueuse de l'environnement, améliorant ainsi, même modestement, la qualité écologique du courant au niveau du consommateur mais aussi au niveau de la compagnie d'électricité.

Un toit solaire peut apporter une aide précieuse pour améliorer la qualité du courant fourni par la compagnie locale dans les zones reculées où la grande longueur des câbles électriques occasionne fréquemment des baisses de tensions et de coupures.[9]

### **2.3.1.3 Lieu d'installation du toit solaire**

Sur le toit ou la façade de n'importe quel bâtiment raccordé au réseau et disposé d'une surface suffisante (avec un minimum raisonnable de 10m<sup>2</sup>), orienté le plus possible vers le sud (au moins entre sud-est et sud-ouest)[9].

## **2.4 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu générale sur les différents systèmes solaires photovoltaïques citant : système autonome et raccordé au réseau leurs types ainsi

---

que leurs modes de fonctionnements en ajoutant aussi les caractéristiques de chacun de ses systèmes.

# Chapitre 3 : Dimensionnement de l'installation connectée au réseau

## 3 Chapitre 3 : Dimensionnement de l'installation connecté au réseau

### 3.1 Introduction :

L'objectif principal de ce chapitre est basé sur deux points d'étude qui sont la possibilité d'exploitation des toits des départements de l'université de Blida 1 et le calcul de leurs surfaces exploitables et cela en utilisant le logiciel de Google Earth. Ainsi que faire un dimensionnement connecté au réseau pour ses toits pour estimer les paramètres suivant le productible, le nombre de panneaux en série les nombres de chaines, et la puissance nominale pour en dernier faire un calcul sur les rentes estimées.



Figure 3 1:l'université de Saad Dahlab a travers Google Earth

### 3.2 Estimation des surfaces des pavillons et des surfaces des toits exploitables :

Quelques études ont été menées en ce qui concerne les risques photovoltaïques sur les bâtiments .Citons quelques exemples :

- Risque de brûlure au contact des surfaces vitrées exposées ;



- Électrification par contact direct ou indirect ;
- Risque de glissade sur les éléments en verre.

Et pour atteindre le facteur de sécurité dans les toits des pavillons on ne prend que la moitié des surfaces exploitables donc :

Tableau 3 1:représentant la surface des toits exploitables

nom ou n° du pavillon	surface du pavillon en (m <sup>2</sup> )	Surface exploitable en (m <sup>2</sup> )
Rectorat	411	205
Auditorium	562	281
Dép. des énergies renouvelables	280	140
Dép. de médecine	521	260
Dép. aéronautique	602	301
Dép. mathématique	215	107
Dép. hydraulique	321	160
Dép. physique	304	152
Institutue d'architecture	515	257
Pavillon 9	760	383
Pavillon 5	550	275

### 3.3 Partie théorique sur dimensionnement d'un système raccorde au réseau :

Une installation photovoltaïque raccordée au réseau permet de produire de l'électricité pour l'envoyer sur le réseau électrique nationale. Ainsi la totalité de la production électrique est utilisée par les consommateurs proches il se compose de générateurs photovoltaïques et onduleur.

#### 3.3.1 Le rôle de l'onduleur

Un onduleur photovoltaïque pour un système PV raccordé au réseau doit remplir plusieurs fonctions essentielles dans une installation photovoltaïque raccordées au réseau :

La conversion du courant et de la tension continus en courant et tension alternatifs compatibles avec le réseau. Car :

En Algérie, les caractéristiques du réseau sont les suivantes :

- Tension alternative de fréquence 50 Hz.
- Valeur de la tension efficace :  $U_{eff} = 230 \text{ V}$ .

La recherche du point de puissance maximum du champ photovoltaïque.

La protection de découplage.

Le contrôle de l'isolement de la partie DC de l'installation photovoltaïque

### **3.3.2 Dimensionnement de la partie Continue**

Pour une installation raccordée au réseau on a deux possibilités et cela en tenant compte de la puissance, c'est-à-dire :

#### ***3.3.2.1 Puissance inférieure à 3 kW***

Ces installations sont généralement constituées d'un seul onduleur. Le nombre de modules connectés à cet onduleur est de l'ordre de 16. Deux variantes, concernant le câblage des modules, peuvent se présenter :

Une seule chaîne photovoltaïque est connectée à l'onduleur

Deux chaînes photovoltaïques sont connectées en parallèle à l'onduleur

#### ***3.3.2.2 Puissance supérieure à 3 kW***

Lorsque la puissance du champ photovoltaïque devient importante, plusieurs chaînes photovoltaïques connectées en parallèle sont reliées à un même onduleur

### **3.3.3 Dimensionnement de l'onduleur :**

Le choix et le nombre d'onduleurs repose sur trois critères :

- La compatibilité en puissance ;
- La compatibilité en tension ;
- La compatibilité en courant

#### ***3.3.3.1 La compatibilité en puissance***

Un onduleur est caractérisé par une puissance maximale admissible en entrée la puissance crête délivrée par le groupe photovoltaïque doit être sensiblement égale à cette puissance maximale admissible de l'onduleur qui se trouve sur la fiche technique de ce dernier.

### **3.3.3.2 La compatibilité en tension**

Un onduleur est caractérisé par une tension d'entrée maximale admissible  $U_{Max}$ . Si la tension délivrée par les modules est supérieure à  $U_{Max}$ , l'onduleur sera irrémédiablement détruit.

Donc si la tension d'entrée maximale admissible indiquée est  $U_{Max} = 550 \text{ V}$ , la tension délivrée par le groupe photovoltaïque ne devra donc jamais dépasser cette valeur de 550 V

### **3.3.3.3 La compatibilité en courant**

Un onduleur est caractérisé par un courant maximal admissible en entrée. Ce courant d'entrée limite correspond au courant maximal que peut supporter l'onduleur côté DC .Il faut s'assurer que le courant débité par le groupe photovoltaïque ne dépasse pas la valeur du courant maximal admissible  $I_{max}$  par l'onduleur.[10]

## **3.4 Présentation des logiciels utilisés :**

### **3.4.1 Le logiciel PVSyst :**

PVSyst est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais c'est aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche ergonomique avec guide dans le développement d'un projet. PVSyst permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles.

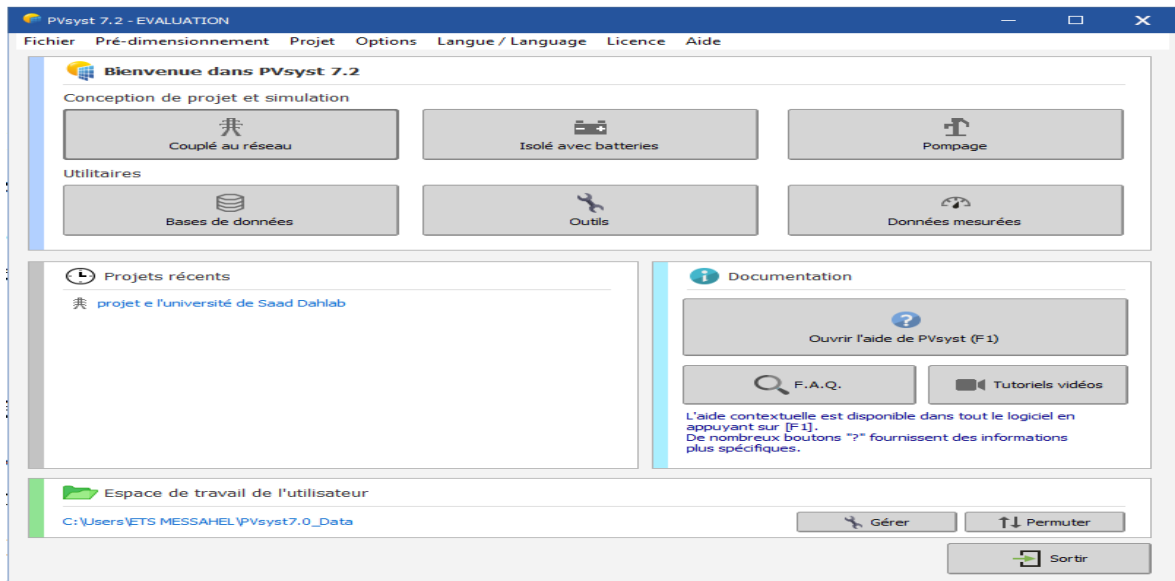


Figure 3 2: logiciel PVsyst

#### 3.4.1.1 Le logiciel PVsyst permet de :

- Pré-dimensionnement
- Estimation rapide de la production pour une première étude de vos installations
- Conception de projet
- Étude détaillée, dimensionnement et simulation horaire, résultats dans un rapport complet imprimable.
- Données météo (importation de diverses sources, génération synthétique,...).
- Base de données de composante (module PV, onduleur, batteries, pompes, etc.)
- Outils didactiques, (géométrie solaire, optimisation de l'orientation, comportement électrique de champs PV avec ombrage).
- Analyse de données réelles mesurées (avancé)[11].

#### 3.4.1.2 Pré dimensionnement

Le logiciel PVsyst permet le pré dimensionnement d'un projet, en quelques clics, sans composant réels, première évaluation des dimensions du système et de son composant le pré dimensionnement concerne trois systèmes :

- ✓ Couplé au réseau.

- ✓ Isolé avec batteries.
- ✓ Pompage

### 3.4.1.3 Conception du projet

Conception et dimensionnement final du projet dans cette option le PVSyst va :

- Étude et analyse détaillés d'un projet
- Calcul de la production à partir de simulations détaillées en valeur horaires.
- Différentes variantes peuvent être simulées et comparées
- Masques lointains, et outil 3D pour les ombrages d'objets proches
- Analyse détaillée des pertes du système
- Évaluation économique, selon les composants réels.
- Conception et dimensionnement final du projet concerne quatre systèmes :
- Couplé au réseau.
- Isolé avec batteries.
- Pompage.
- Réseau cc.

### 3.4.2 Le logiciel méteonorme :

Un logiciel unique permettant de créer des données météorologiques pour différents climats et différentes zones géographiques dans le monde. Avec cette application, vous pouvez obtenir des informations météorologiques de tout le monde et l'utiliser dans des applications pertinentes.

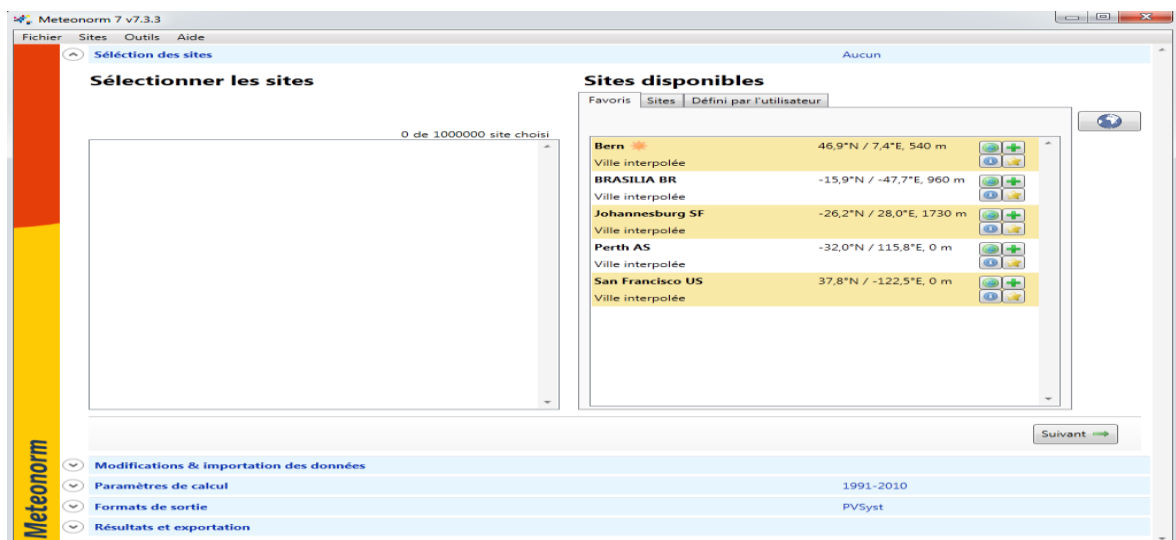


Figure 3 3:logiciel de métronome

### Présentation du projet :

Dans ce projet, nous avons présenté une installation PV raccordé au réseau. Le site étudié est situé au niveau de la commune d'OuledYaich, wilaya de Blida.

Tableau 3 2:Les données géographiques de l'université de Blida 1

Emplacement	Pays	Latitude	Longitude	Altitude
Ouled Yaich Blida	Algérie	36.47 N	2.8 E	229 m

### 3.5 Les étapes de dimensionnement :

En utilisant le logiciel météo-norme 7, on choisit le site Blida pour dimensionner la bibliothèque avec une surface exploitable de 2350m<sup>2</sup>.

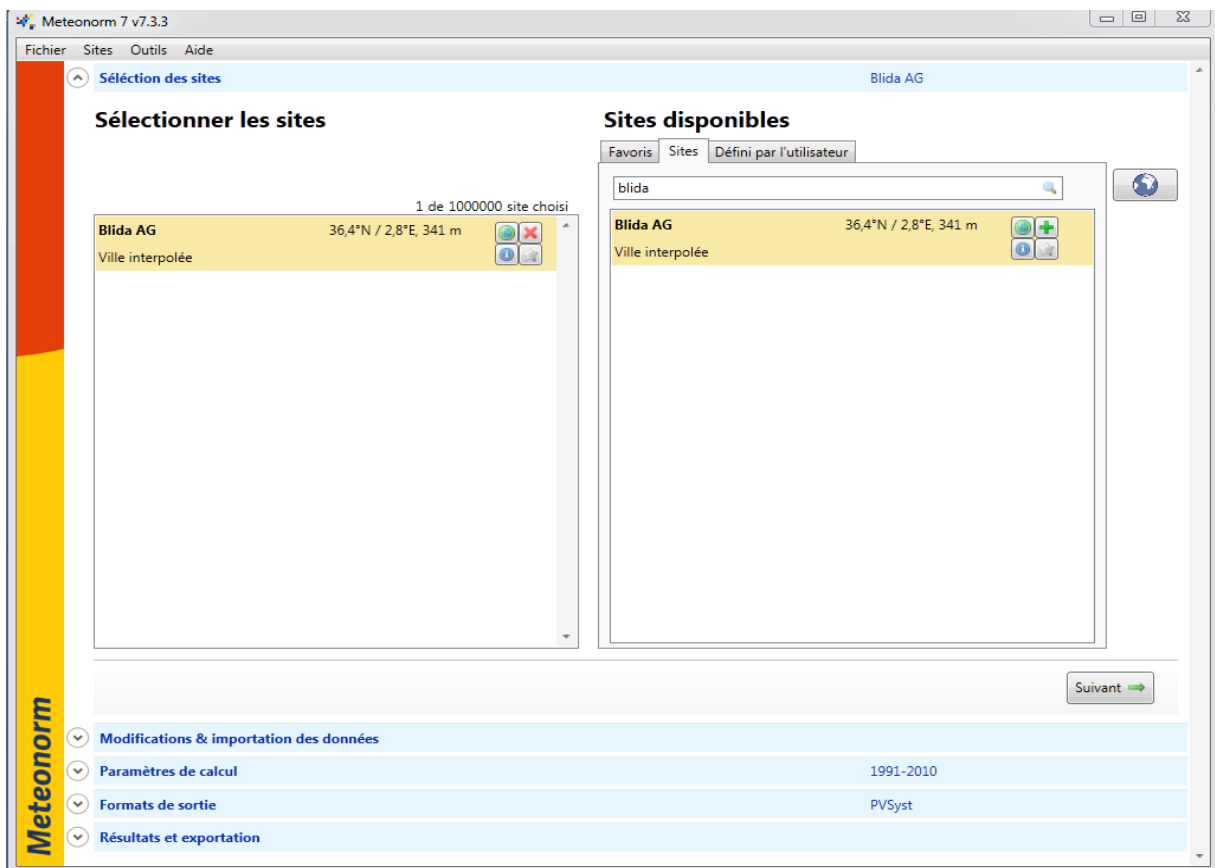


Figure 3 4:le logiciel meteonom

Tous les paramètres du site de Blida sont exportés :

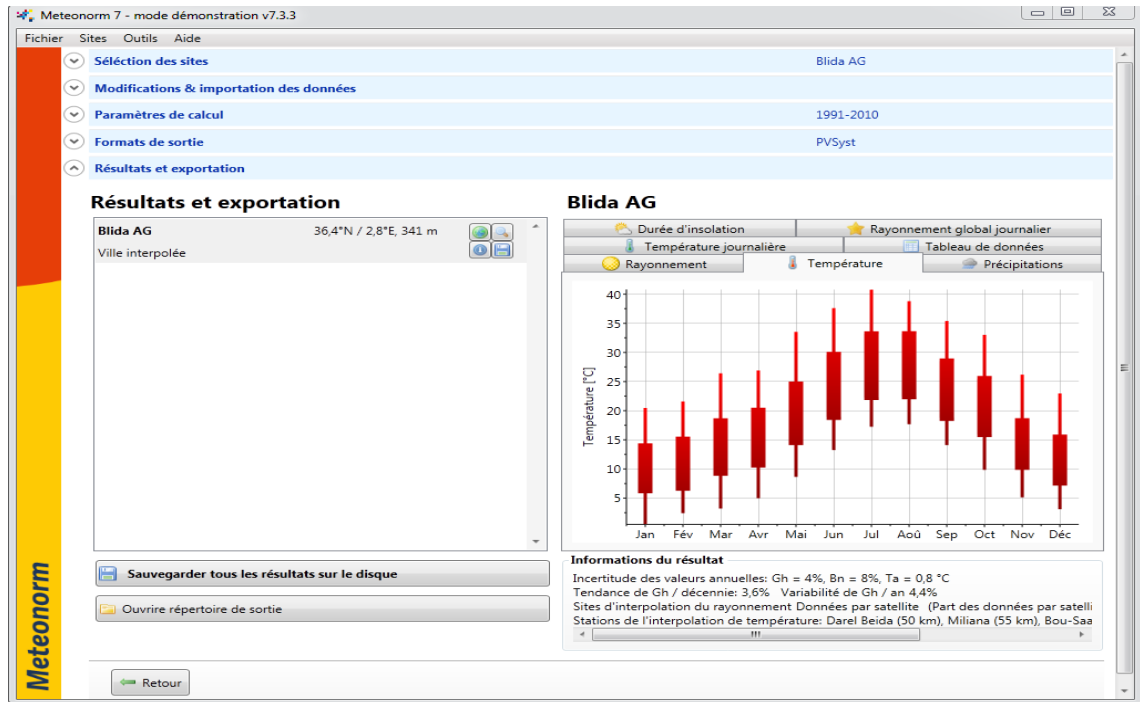


Figure 3 5: les températures obtenues du site de Blida

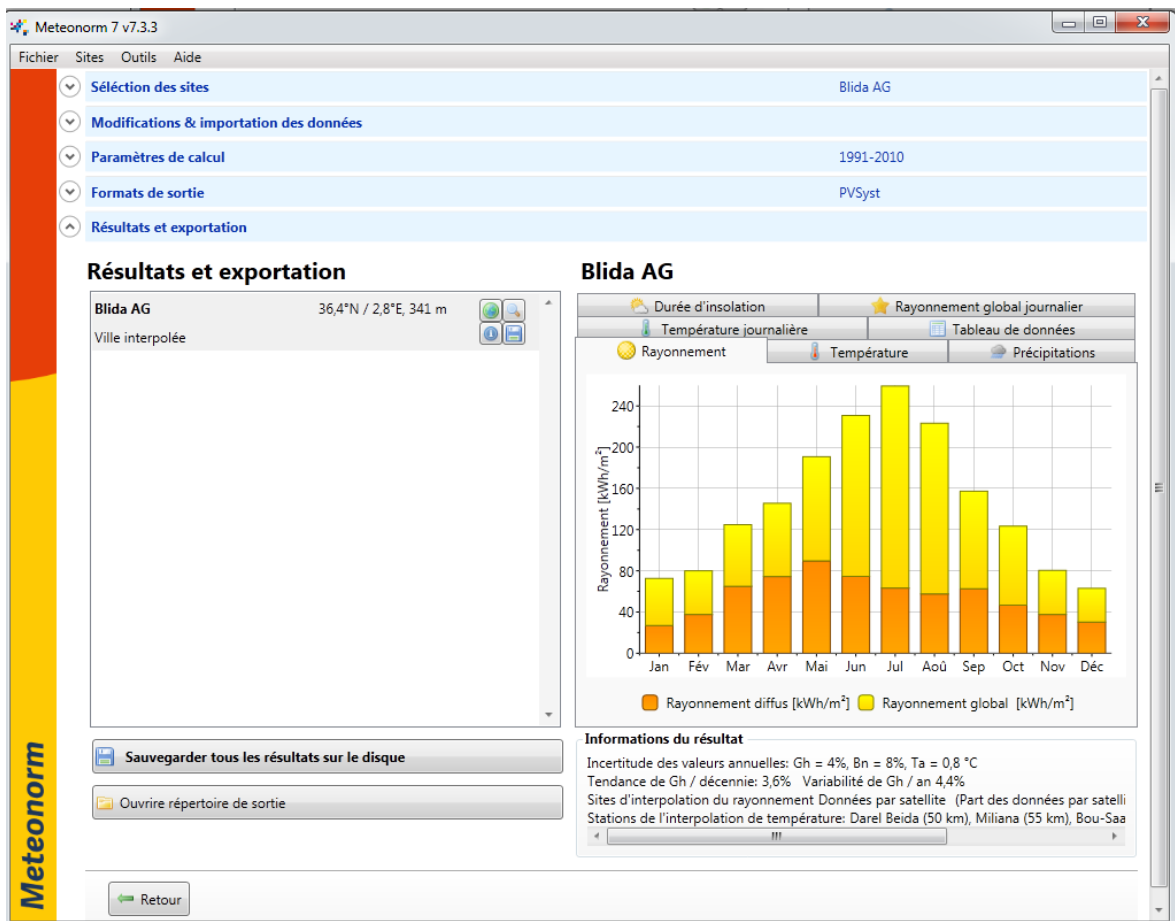


Figure 3 6: Rayonnement avec le logiciel de meteonorm

### Retournant à PVSyst:

On retrouve ici le même fonctionnement que dans "pré-dimensionnement " mais avec beaucoup plus de paramètres. Encore une fois, on choisi le type d'installation : couplé au réseau, isolé avec batterie ou pompage.

On aura plusieurs néanmoins plus d'étapes : choix du projet et de ses variables, orientation du panneau solaire, définition de l'horizon (ombre lointaines), définition du système et enfin résultats. Les étapes définitions des ombres lointaines et proches sont facultatives, mais si on utilise la définition des ombres proche, il n'est pas très important de s'attarder sur le positionnement (inclinaison et azimuth) du panneau car on pourra le modifier dans la définition.

### Les étapes :

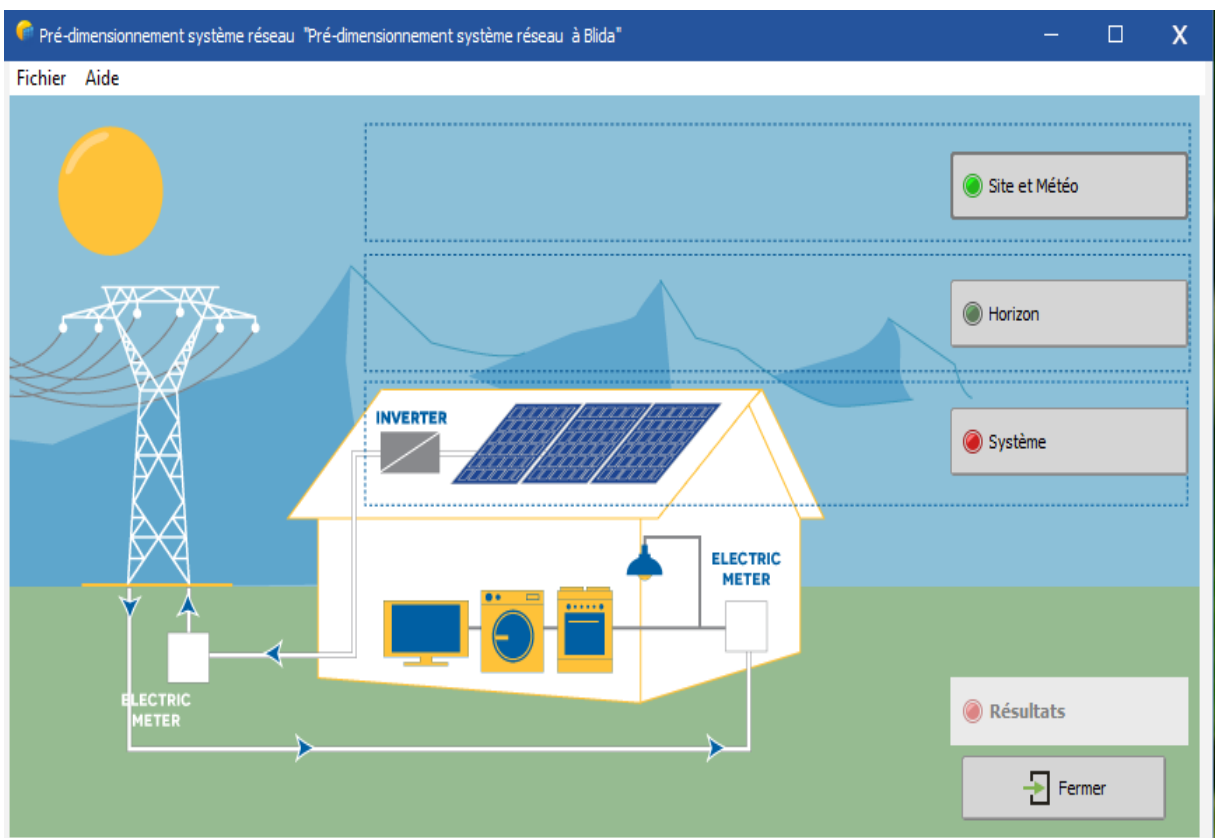


Figure 3 7:pré-dimensionnement dans le logiciel de PVSyst



Ouverture des paramètres dans PVSyst:

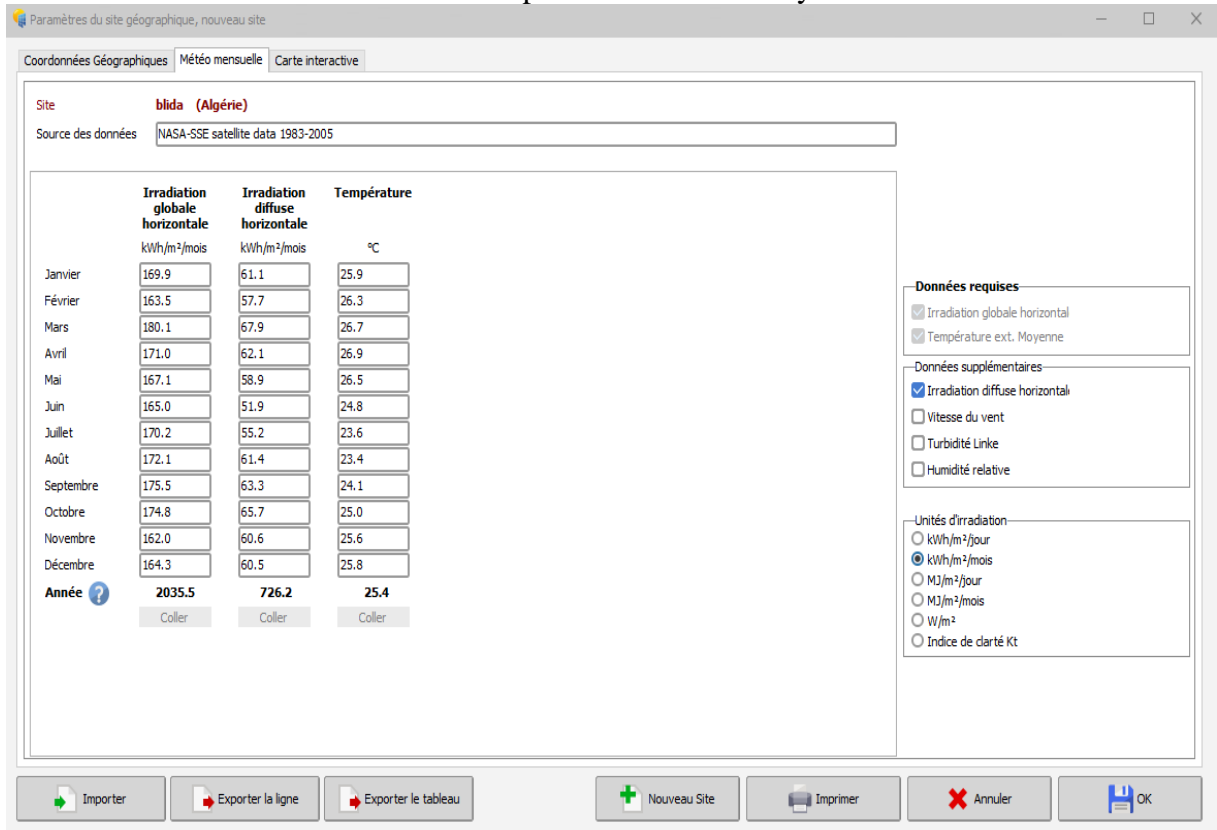


Figure 3 8: exploitation des données météorologiques de métromome a PVSyst

- Définition d'un profil de l'horizon : est une opération très simple avec l'outil graphique PVSyst. L'horizon est une ligne brisée superposée sur le diagramme de trajectoire du soleil, qui peut contenir un nombre quelconque de hauteur/points d'azimut.

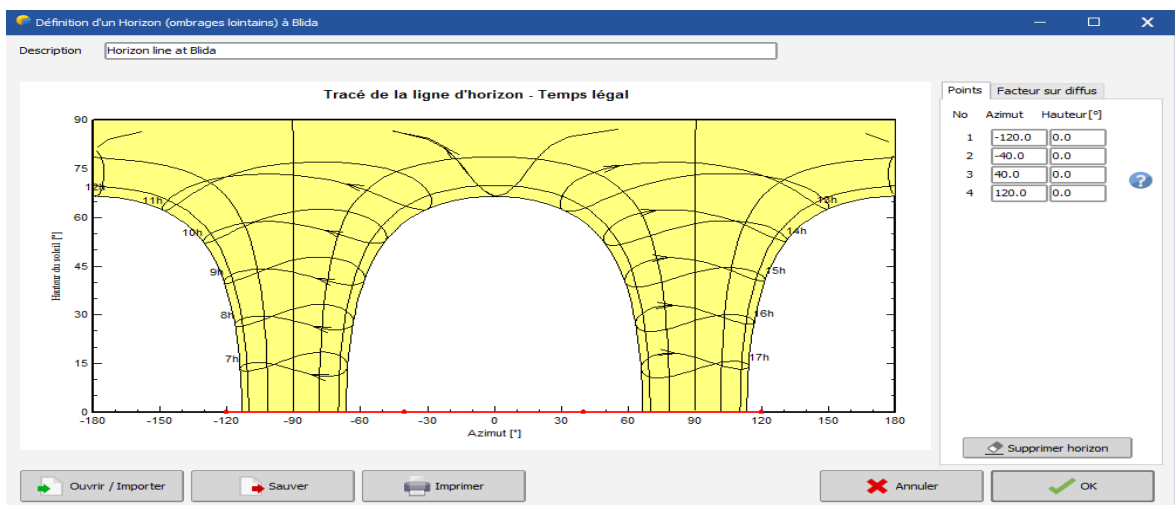


Figure 3 9: horizon de Blida

- Orientation des modules PV : Vu le prix élevé des modules PV, il est nécessaire de choisir des orientations et inclinaisons favorables à la production d'énergie. Pour la simulation en technologie, nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison  $20^\circ$  (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre la figure c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSyst, en dehors de cette dernière le rendement diminue. [12]

On choisit la surface en  $m^2$  :

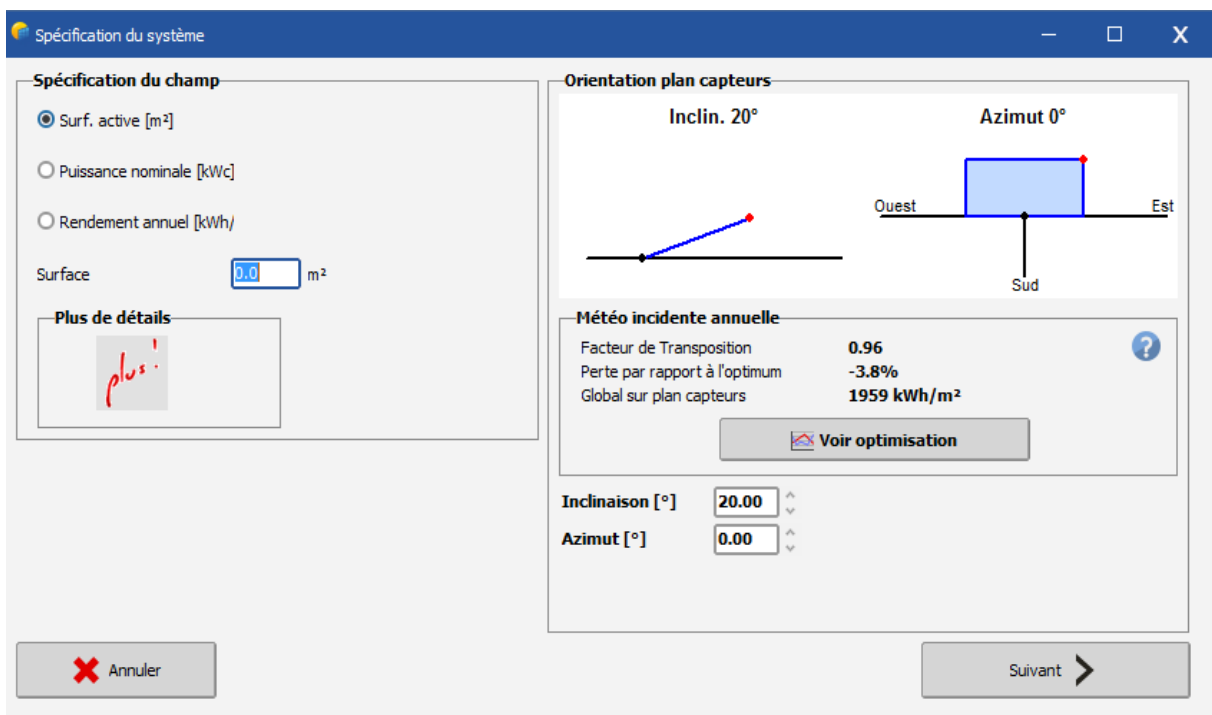


Figure 3 10:spécification du système

**La définition du système couplé au réseau :** La conception de système est basée sur une procédure rapide et simple : la base de données interne

Choisir les modules PV dans la base de données interne

Cette étape est divisée en 3 sous parties :

- Sélection du module PV
- Sélection de l'onduleur

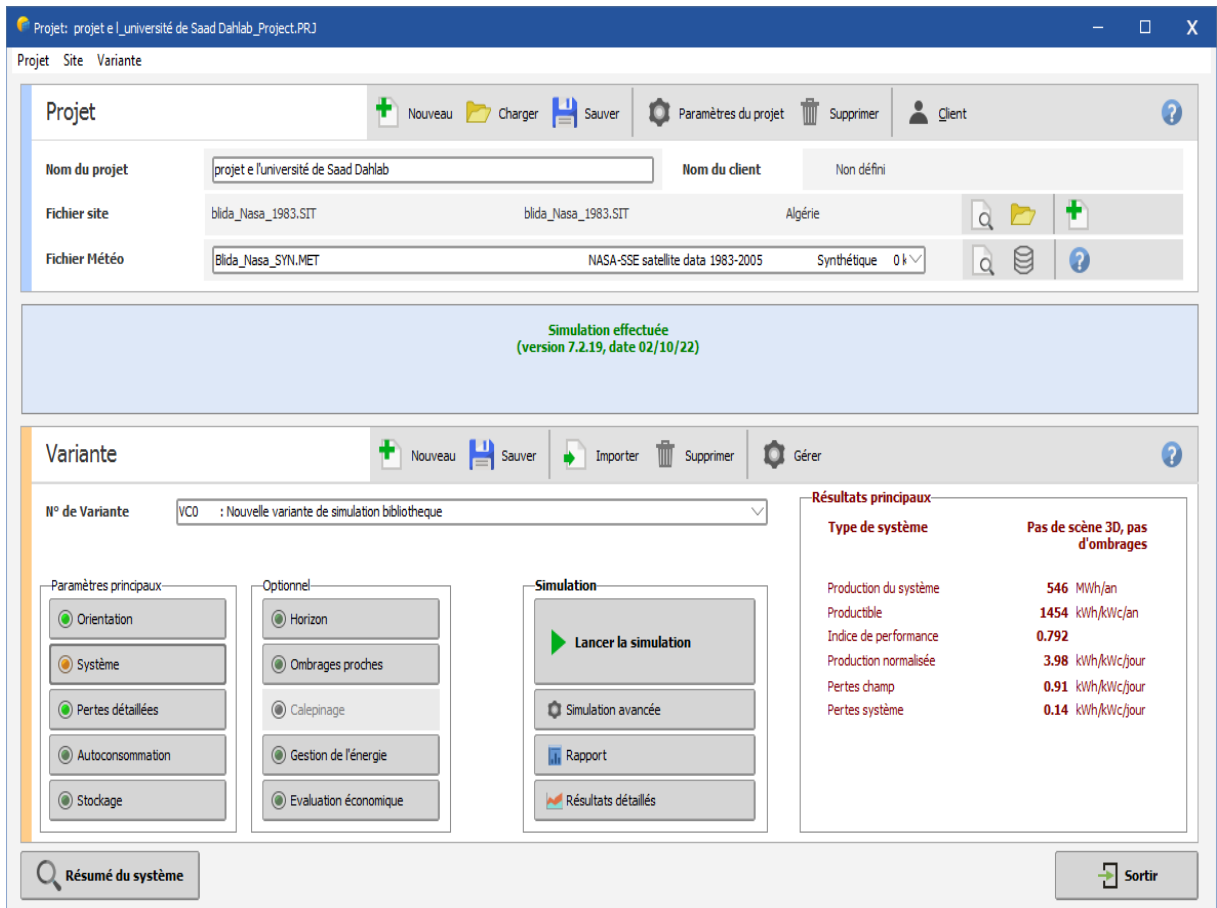


Figure 3 11:ouverture nouveau projet raccorde au réseau

Donc on a pris la surface du rectorat ; $S = 205 \text{ m}^2$  pour après choisir le type de panneau et le type d'onduleur

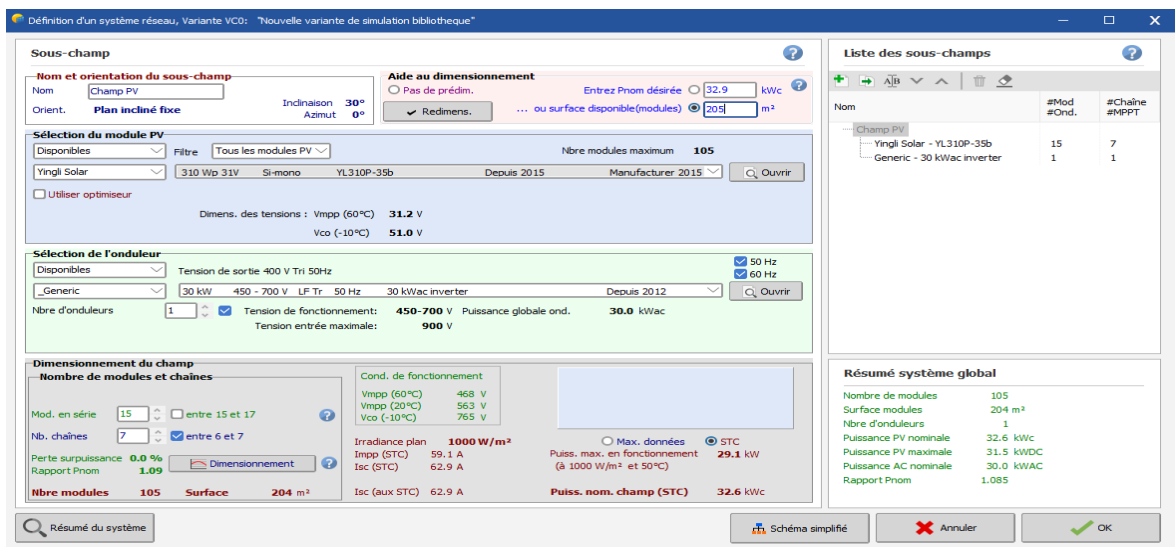


Figure 3 12:définition d'un système raccorde au réseau

Voici le schéma simplifié du logiciel :

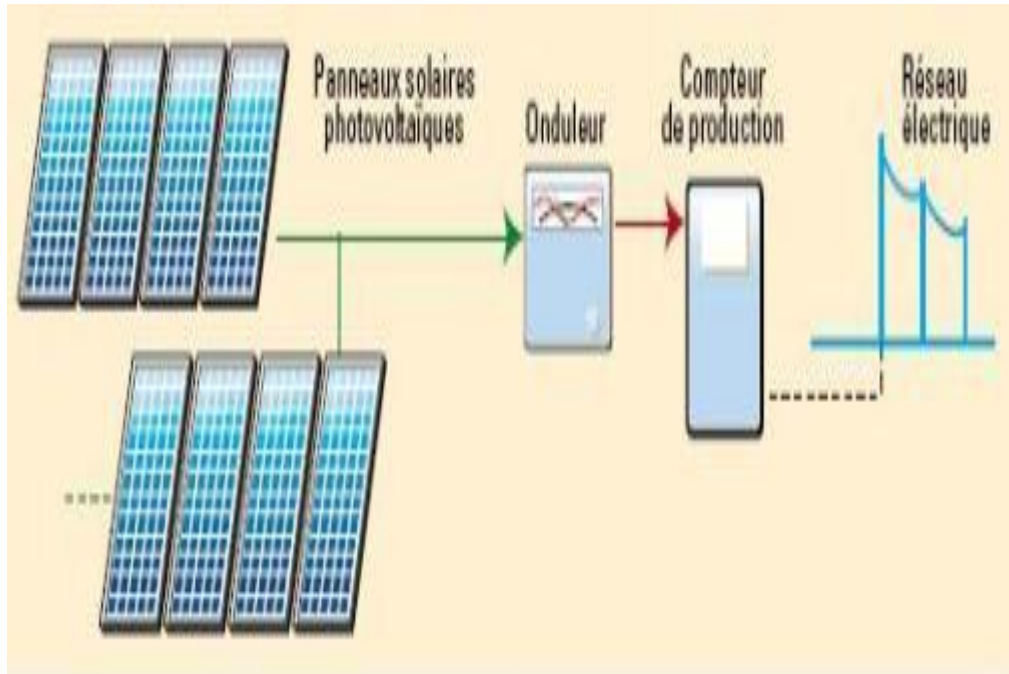


Figure 3 13:Schéma exemplaire d'un système raccorde au réseau

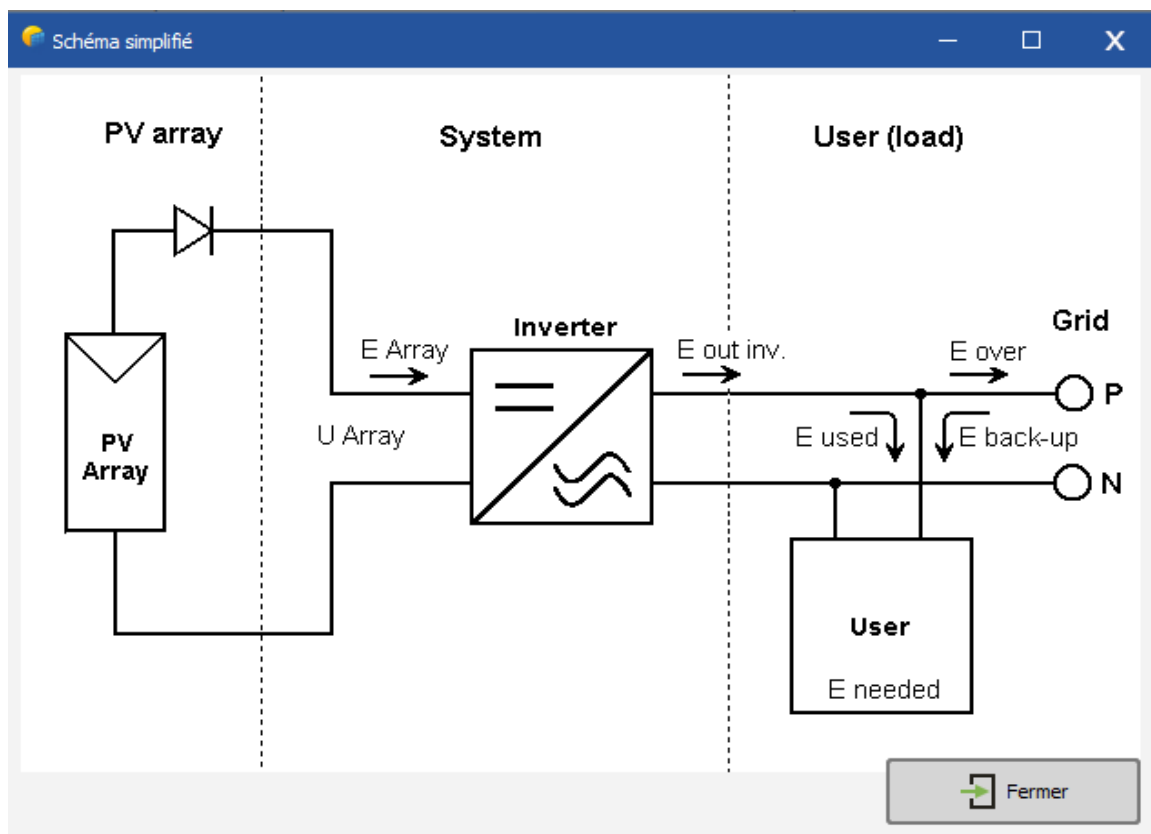


Figure 3 14:schéma simplifier d'un système raccorde au réseau du logiciel PVSyst

Et en dernier le résultat obtenu du dimensionnement :

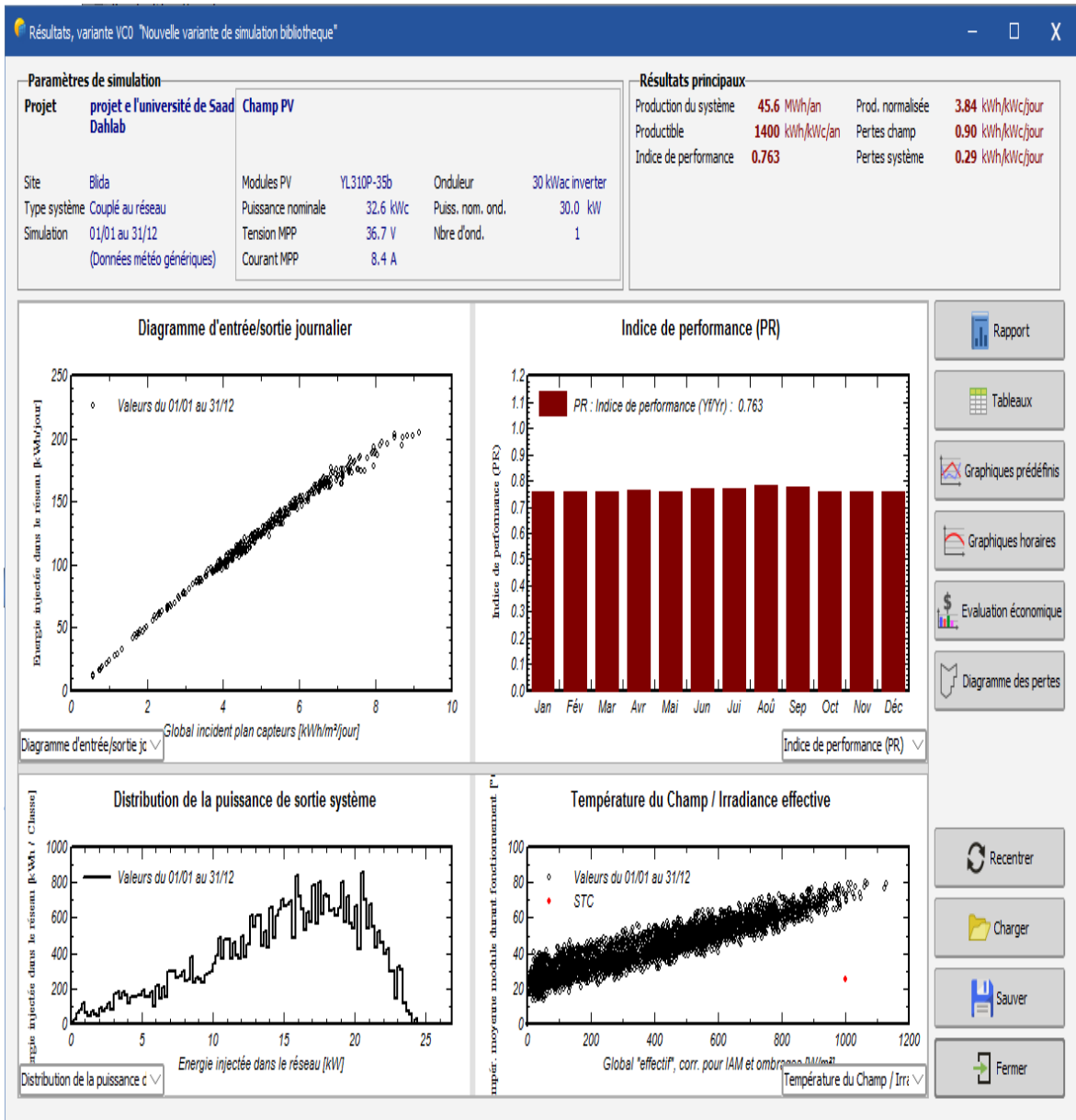


Figure 3 15:résultat obtenu du dimensionnement

Et en dernier voici le diagramme des pertes :



PVsyst V7.2.21

VC0, Simulé le :  
16/11/22 22:16  
avec v7.2.21

Projet: projet e l'université de Saad Dahlab

Variante: Nouvelle variante de simulation bibliotheque

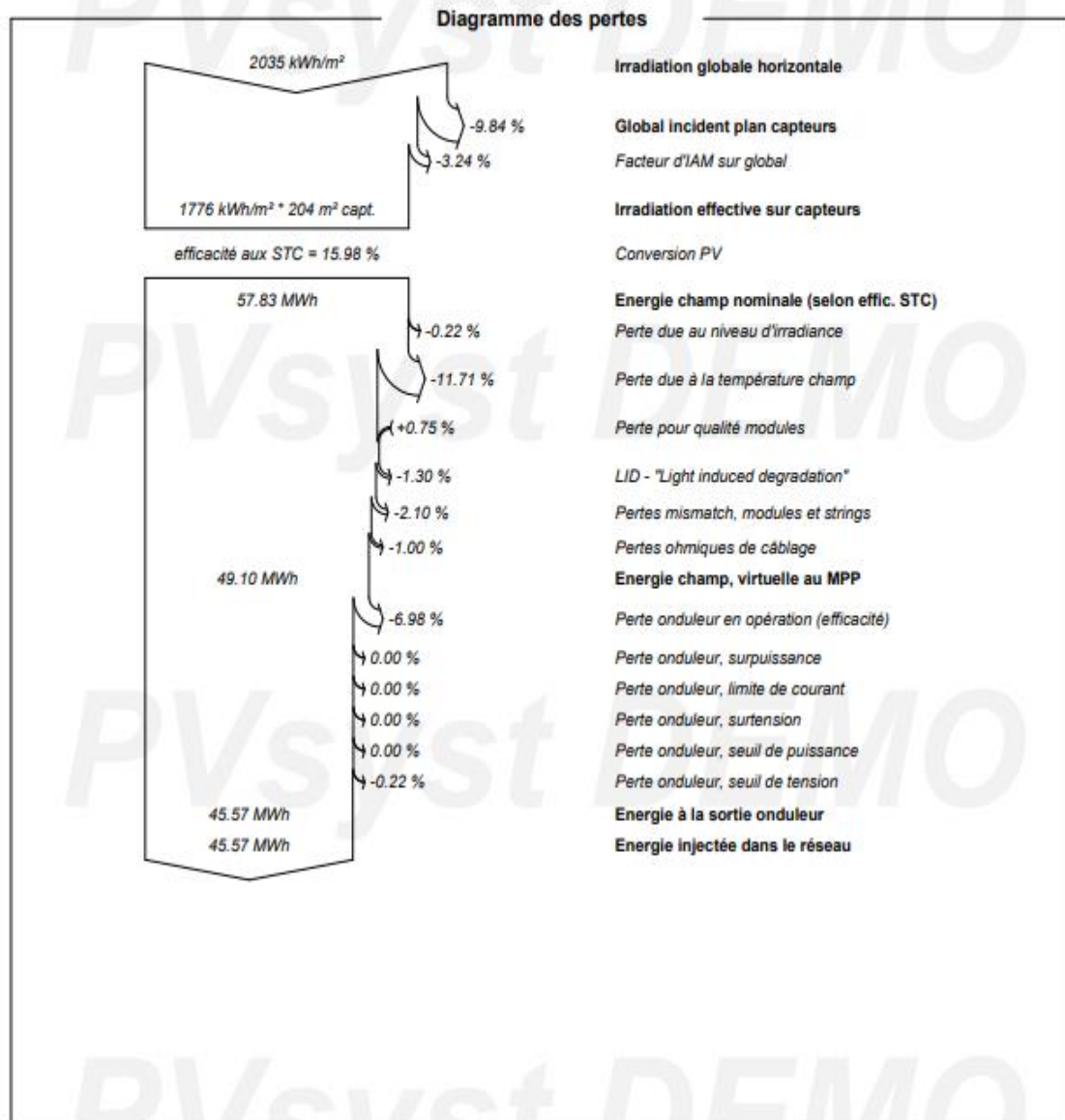


Figure 3 16:le diagramme des pertes

**Résultats obtenues de l'exploitation du toit de la bibliothèque :**

- ✓ Une puissance nominale de 32.9 kW
- ✓ Une production de 45.6 MWh /an grâce
- ✓ Indice de performance = 0.763 < 1 donc l'installation est performante d'un point de vue électrique.

Pour les autres départements on a refait les mêmes étapes pour le conclure dans ce tableau suivant qui représentent la puissance nominale et la production du système de chaque département ainsi que le nombre de module en série et de chaîne en parallèle :

Tableau 3 3:résultant de dimensionnement avec PVSyst

Nom ou n° du pavillon	Puissance nominale kWc	Production du système M Wh/an	Nb de module en série	Nb de chaîne en parallèle
Rectorat	32.9	45 .6	15	7
Auditorium	45	65.7	18	8
Dép. des énergies renouvelables	21.5	29.2	21	4
Dép. de médecine	40	57.5	18	7
Dép. aéronautique	34	46.7	19	7
Dép. mathématique	19.3	25.7	15	4
Dép. hydraulique	25.7	34.6	16	5
Dép. physique	24.7	32.3	15	5
Institut d'architecture	40.6	54.5	17	7
Pavillon 9	61.1	74	18	9
Pavillon 5	44	54.5	17	7

### Résultat 2 :

En exploitant les surfaces des toits des départements de Blida 1 la production d'énergie potentielle annuelle a été estimée à des mégawatts d'électricités comme indique dans le tableau suivant.

Tableau 3 4:Estimation de la production d'énergie électrique annuelle du projet par bâtiment.

nom ou n° du pavillon	Production du système M Wh/an
Rectorat	45 .6
Auditorium	65.7
Dép. des énergies renouvelables	29.2
Dép. de médecine	57.5
Dép. aéronautique	46.7
Dép. mathématique	25.7
Dép. hydraulique	34.6
Dép. physique	32.3
Institut d'architecture	54.5
Pavillon 9	74
Pavillon 5	54.5

### 3.6 Etude économique :

Suite à notre étude du système photovoltaïque couplé au réseau, il est important d'évaluer le coût annuel total de notre système. Alors, nous procédons à la détermination économique et énergétique du coût global actualisé du kWh fourni. Le prix du kWh produit par cette installation solaire photovoltaïque dépend des coûts fixes à l'investissement initial et surtout de la durée considérée pour l'amortissement de l'investissement (exemple 10 ans). Le choix technique et économique de l'une des formes des énergies renouvelables est tributaire de la connaissance de plusieurs paramètres à savoir : la puissance électrique requise, et le coût d'investissement.

### 3.7 Définitions :

**Productible** : Un productible est une quantité d'énergie susceptible d'être produite. Il peut être exprimé par unité de temps (MWh/an) ou par unité de puissance et de temps (kWh/kW/an).

- Selon l'arrête des tarifs achats photovoltaïques et éoliens du journal officiel de la République Algérienne N°23 [13].

Le productible des toits est entre deux intervalles :

- 1350-1424 donc le tarif entre la phase 1 qui est égale à 15.94 (DA/ K Wh) et de la phase 2 est 18.83(DA /K Wh) donc le tarif est :

$$\text{tarif} = \frac{15.94+18.83}{2} = 17.38 \text{ (DA /K Wh)}$$

- 1425 -1499 donc le tarif entre la phase 1qui est égale à 15.94 (DA/ K Wh) et de la phase 2 est 17.45 (DA /K Wh) donc on trouve :

$$\text{tarif} = \frac{15.94+17.45}{2} = 16.7 \text{ (DA /K Wh)}$$



Tableau 3 5:Tableau des tarifs

nom ou n° du pavillon	Productible K Wh/ KW/an	Tarif (DA/K Wh)	Production du système M Wh/an	Rentes estimées (DA /an)
Rectorat	1400	17.38	45 .6	792528
Auditorium	1471	16.7	65.7	1097190
Dép. des énergies renouvelables	1390	17.38	29.2	507496
Dép. de médecine	1473	16.7	57.5	960250
Dép. aéronautique	1404	17.83	46.7	832661
Dép. mathématique	1380	17.83	25.7	458231
Dép. hydraulique	1396	17.83	34.6	616918
Dép. physique	1391	17.83	32.3	971735
Institue d'architecture	1476	16.7	54.5	910150
Pavillon 9	1474	16.7	74	1235800
Pavillon 5	1476	16.7	54.5	910150

L'analyse économique qui permettra de déterminer le coût total du projet et le temps de retour sur investissement est faite sur la base des hypothèses suivantes :

- Coût de maintenance et d'exploitation est pris égal à 5% de l'investissement initial
- La main d'œuvre est pris égale à 10% de l'investissement initial
- Coût d'investissement initial
- Le coût de remplacement des équipements

Donc elle se présente sous la formule suivante :

Coût total = Investissement initial + coût d'Exp&maintenance + Main d'oeuvre +  
Coût de remplacement

L'exemple traité est sur le rectorat :

Avec le logiciel PV system on a trouvé que l'investissement initial = 6 426 013 DA

$$\text{Coût d'Exp\&maintenance} = \frac{\text{Investissement initial} \times 5}{100}$$

$$\text{Coût d'Exp\&maintenance} = 321300 \text{ DA}$$

$$\text{Cout de main d'oeuvre} = \frac{\text{l'investissement initial} \times 10}{100}$$

$$\text{Cout de main d'oeuvre} = 642601.3 \text{ DA}$$

**Cout de remplacement** : généralement dans un système raccorde au réseau on prend le prix de l'onduleur donc :

$$\text{Cout de remplacement} = 1152325 \text{ DA}$$

$$\text{Cout total} = 6\,426\,013 + 321\,300 + 642\,601.3 + 1\,152\,325$$

$$\text{Cout total} = 8\,542\,239 \text{ DA}$$

$$\text{Donc } \frac{\text{Cout total}}{\text{Rentes estimées}} = \frac{8\,542\,239}{792\,528} = 10 \text{ ans.}$$

Résultat : suite au calcul mon projet commence à gérer des profits après 10 an.

### 3.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé toutes les différentes étapes du dimensionnement d'un système connecté au réseau sur l'exemple pris qui a été sur le rectorat de l'université de Blida et le résultat était la production d'électricité qui a été estimée à des mégawats. Comme on a fait une étude économique en utilisant les paramètres donnés par le logiciel PVSyst pour le calcul des rentes estimées, le cout d'investissement pour en déduire enfin que notre projet deviendra une source d'argent après 10 ans.

## ***Conclusion générale***

---

Dans ce mémoire, on a effectué une étude sur le potentiel de développement du système photovoltaïque et la possibilité d'exploitation des toits des différents pavillons de l'université de Blida 1 pour la production d'électricité photovoltaïque.

Nous avons commencé donc par estimer la surface exploitable de chaque toit des bâtiments de l'université de Blida 1 pour ensuite effectuer un dimensionnement raccordé au réseau. La mise en œuvre de cette méthode a été effectuée à l'aide d'un logiciel photovoltaïque nommé « PVSyst 7.2 ». En conséquent la capacité d'installation potentielle des systèmes photovoltaïques sur les toits adaptés au PV a été estimée à des mégawatts d'électricités produites.

Nous avons ensuite établi une étude économique en utilisant les paramètres du logiciel PVSyst où nous avons constaté que l'installation PV raccordé au réseau en exploitant les toits est intéressante car cette installation devient rentable du point de vue d'économie de l'énergie qui est actuellement très significative par rapport au réseau électrique.

En conclusion, on peut dire que l'étude économique de ce système photovoltaïque a montré que la filière photovoltaïque se présente comme un investissement très intéressant qui peut jouer un rôle très important pour résoudre le problème de l'électrification. Le photovoltaïque représente donc une solution réelle de remplacement des énergies fossiles par une énergie verte.

## Bibliographie

- [1] CHEBANA Abdelkrim, Control d'un système photovoltaïque connecte au réseau, mémoire master, universite de Mohamed khider Biskra, 2014.
- [2] BOUCHELAGHEM.A, Etude technico économique d'un système photovoltaïque en site isole par PV System, mémoire master, université Mohamed Boudiaf de M'Sila ,2020/2021
- [3] ARAB Salim, TOUDERT Dalila, Etude d'un système photovoltaïque, mémoire master, université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou ,2017.
- [4] Noureddine YASSAA, Messaoud KHELIF, Transition Energétique en Algérie, Edition 2020.
- [5] Azzoui Boubaker, Cour systèmes photovoltaïques, masters énergies renouvelables, université Batna2, 2019-2020.
- [6] [www.choisir.com/energie/articles/128603/etat-des-lieux-de-la-centrale-solaire](http://www.choisir.com/energie/articles/128603/etat-des-lieux-de-la-centrale-solaire)
- [7] REN21, Renewables 2022 global status report, vol 53, 2022, France
- [8] [www.photovoltaique.guidenr.fr](http://www.photovoltaique.guidenr.fr)
- [9] TKOUTI NACIRA, Optimisation des systèmes photovoltaïques connectés au réseau par la logique floue. Mémoire de maîtrise, Université Mohamed Khider - Biskra, 2004.
- [10] Dr. Abderrezak GUENOUNOU, Cours de Systèmes PV, Université BLIDA 1, 2022
- [11] BEN DAOUD Rachid, SAIS Djamel Eddine, Dimensionnement d'une installation solaire photovoltaïque située sur le bloc de la bibliothèque de l'université de Médéa par logiciel PVSyst à l'aide d'une interface graphique, mémoire master, universite de Yahia Fares Medea, 2020

[12] BELMEBROUK Mohammed, BERAHAL Zakaria, Etude technico économique d'un système photovoltaïque en site isole par PVsyst, mémoire master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2020 /2021.

[13] Arrêté du 2 Rabie Ethani 1435 correspondant au 2 février 2014 fixant les tarifs d'achat garantis et les conditions de leur application pour l'électricité produite à partir des installations utilisant la filière solaire photovoltaïque, journal officiel de la république algérienne n° 23 du 23 avril 2014.