



Republique Algérienne Démocratique  
Populaire



Université Saâd Dahlab, Blida-1  
Faculté de Technologie

Département des Énergies Renouvelables  
Master 2 conversion photovoltaïque

**Par** Boukhari Mebark

Hallal Ahmed

**Mémoire du**  
**Projet Personnel en Énergies Renouvelable**

**Thème :**  
**Etude et analyse des performances de la**  
**centrale**  
**D'El Bayadh Lebiod Sidi Cheikh**

Soutenu devant le jury composé par :

Monsieur DR.Doumaz Toufik  
Madame DR.Amrouche Badia  
Monsieur DR.Bouzaki Mostapha

USDB  
USDB  
USDB

Président  
Encadreur  
Examineur

**Septembre 2021**

## ملخص

تعد دراسة أداء المحطات الكهروضوئية المتصلة بشبكة الكهرباء مهمة بالغة الأهمية لمراقبة تطورها، ومنع المشكلات الفنية، وجدولة أعمال الصيانة. في هذا العمل نحن مهتمون بمصنع الكهروضوئية في البيض لبييض سيدي الشيخ. يتم تحليل أدائها وفقاً لتوصيات المعيار IEC 61724. وقد تم تطوير برنامج تطبيقي لتسهيل معالجة البيانات ودراسة الأداء.

**الكلمات المفتاحية:** محطة الطاقة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة، أداء المحطة الكهروضوئية، Python، IEC 61724، برامج التطبيقات.

## Résumé

L'étude des performances des centrales PV connectées au réseau électrique est une tâche très importante pour suivre leurs évolutions, prévenir les problèmes techniques et programmer des travaux de maintenance. Dans ce travail nous nous intéressons à la centrale PV d'El Bayadh Leboïd Sidi Cheikh. Ses performances y sont analysées suivant les recommandations de la norme IEC 61724. L'analyse des données et les programmes ont été faits moyennant le code de programmation Python. Une application software a été développée pour faciliter le traitement des données et l'étude des performances.

**Mots clés :** centrale PV connectée au réseau, performances des centrales PV, IEC 61724, Python, application software.

## Abstract

The study of the performance of PV plants connected to the electricity grid is a very important task for monitoring their development, preventing technical problems and scheduling maintenance work. In this work we are interested in the PV plant of El Bayadh Leboïd Sidi Cheikh. Its performance is analyzed according to the recommendations of standard IEC 61724. Application software has been developed to facilitate data processing and performance study.

**Keywords:** grid connected PV plant, PV plant performance, IEC 61724, Python, application software.



**Dédicaces**

*À mes très chers parents (ma chère mère et mon cher père  
pour votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le  
meilleur soutien durant ce long parcours,*

*À ma sœur et mes frères*

*À toute ma famille*

*À tous mes enseignants*

*À mon encadreur (madame Amrouche Badia)*

*À tous mes amis et mes collègues (achraf-dialo ahmed-  
noufel-mansour-kawter)*

*À Toute la famille du département d'Energie renouvelable*

*Je dédie ce modeste travail*

***Ahmed hallal***

**Dédicaces**

*À mes très chers parents (ma chère mère torkia et mon cher père Abd Elhamid), votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours,*

*À mes sœurs et mon frère (malak wafaa et aymane)*

*À toute ma famille surtout ma grand mere*

*À tous mes enseignants*

*À mon encadreur (madame Amrouche Badia)*

*À tous mes amis et mes collègues (mohamed-achraf-dialo  
ahmed-noufel-mansour-kawter)*

*À Toute la famille du département d'Energie renouvelable*

*Je dédie ce modeste travail*

***Mebarek Boukhari***



## Remerciements

*Mes sincères remerciements vont :*

*- à MR.Doumaz Toufik*

*Pour avoir accepté de présider ce jury*

*Pour avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail avec attention ;*

*- à notre promotrice, Dr AMROUCHE Badia*

*Pour toutes ses orientations pertinentes et pour sa disponibilité ;*

## Nomenclature - Symboles-Acronymes

<i>symbole</i>	<i>Désignation</i>	<i>unité</i>
<b>CEI</b>	Comité Electrotechnique Internationale	
<b>Edc</b>	L'énergie journalière générée par le champ PV	<b>[KWh]</b>
<b>Eac</b>	L'énergie journalière fournie au réseau de distribution (Egrid)	<b>[KWh]</b>
<b>GRTE</b>	Groupe réseau et transport électricité	
<b>GUI</b>	Graphical User interface	
<b>Icc</b>	le courant de court-circuit	<b>(A)</b>
<b>Idc</b>	Le courant produit par le champ PV	<b>(A)</b>
<b>IGPV</b>	Le courant du générateur photovoltaïque	<b>(A)</b>
<b>IPOA</b>	Le rayonnement solaire arrivant à la surface	<b>(kwh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>P0</b>	Puissance nominale	<b>(w)</b>
<b>SKTM</b>	Shariket El kahraba Wa Takat El motajdida	
<b>Tmod</b>	Température de module mesurée	<b>(°C)</b>
<b>Vco</b>	La tension du circuit ouvert	<b>(V)</b>
<b>VGPV</b>	La tension du générateur photovoltaïque	<b>(V)</b>
<b>Vdc</b>	La tension produite par le champ PV	<b>(V)</b>
<b>Vmp</b>	Tension au point de puissance maximale	<b>(V)</b>
<b>Voc</b>	Tension à circuit ouvert	<b>(V)</b>
<b>Yr</b>	Rendement de référence	<b>%</b>
<b>Yf</b>	Rendement final	<b>%</b>



## Sommaire

<b>Introduction Générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1 : Energie renouvelable et centrales pv connectées au réseau</b>	
1.1 Introduction.....	3
1.2 Le gissement solaire en algérie .....	3
1.3 Présentation de SKTM .....	4
1.3.1 Les unités de production sud ouest.....	5
1.3.2 Les unités de production est .....	5
1.4 Centrales photovoltaïque connecté au réseau.....	6
1.4.1 Les centrales photovoltaïques connecté au réseau en algérie.....	7
1.6 Conclusion.....	8
<b>Chapitre 2 : Présentation de la centrale d’Elbayadh Lebiod sidi cheikh</b>	
2.1 Introduction.....	9
2.2 Situation géographique de la centrale PV Leboïd Sidi Cheikh.....	9
2.3 Historique de la centrale PV leboïd sidi cheikh.....	10
2.4 Les champs solaires PV.....	11
2.5 Le générateur photovoltaïque.....	12
2.6 Les modules PV.....	13
2.7 Le poste de conversion DC/AC.....	14
2.8 Les onduleurs photovoltaïques.....	14
2.9 Le transformateur.....	15
2.10 Les boîtes centrales.....	15
2.10.1 La boîte centrale positive.....	16
2.10.2 La boîte centrale négative.....	17
2.11 La boîte des capteurs.....	18
2.12 La salle de contrôle.....	18
2.13 Dispositifs de mesures environnementales.....	19
2.14 Modes de fonctionnement de la centrale Lebdioid Sidi Cheikh.....	20
2.15 Les données de la centrale.....	21
2.16 Présentation de la problématique.....	22
2.17 Conclusion.....	22

**Chapitre 3 : Analyse et etude de la performance de la centrale El****Baydh**

3.1	Introduction.....	23
3.2	Méthodologie de travail.....	23
3.3	Présentation de la norme CEI61724.....	24
3.3.1	Les performances normalisées.....	24
3.4	Présentation de langage python et ses bibliothèque.....	25
3.4.1	Python.....	25
3.4.2	Pandas.....	26
3.4.3	Numpy.....	26
3.4.4	Matplotlib.....	27
3.4.5	Tkinter.....	27
3.5	Présentation de l'interface python GUI.....	28
3.5.1	L'organigramme.....	28
3.5.2	La fenêtre d'accueil.....	29
3.5.3	La fenêtre des données météorologiques.....	30
3.5.4	La fenetre de données de performance.....	31
3.5.5	La fenetre des graphes.....	32
3.5.6	La fenetre de données pour chaque journée.....	37
3.6	Présentation graphique des données du site de la centrale PV elbayadh.....	39
3.7	Analyse de performance de la centrale.....	45
3.7.1	Evolution Rendement de référence.....	45
3.7.2	Évolution de rendement système .....	45
3.7.3	Evolution du rendement de l'indice de performance.....	46
3.9	Conclusion.....	47
	<b>Conclusion générale</b>	49
	<b>Références bibliographiques</b>	50

## Liste des figures

### Chapitre 1

FIGURE 1- 1 : CARTE DE L IRRADIATION GLOBALE HORIZONTAL PAR CIEL CLAIR.....	4.
FIGURE 1- 2 : LOGO DE SKTM.....	5.
FIGURE 1-3 : LES CENTRALES PV ET LES UNITES DONT ELLES DEPENDENT.....	6.
FIGURE 1- 4 : SHEMA EQUIVALENT D'UN CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE CONNECTE AU RESEAU.....	7.
FIGURE 1- 5 : PROJET DE 343 MWC EN CENTRALES PHOTOVOLTAIQUE .....	7.

### Chapitre 2

FIGURE 2- 1 : VUE AERIENNE DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE L'ELBIODH SIDI CHIKH.....	9.
FIGURE 2- 2 : LA SOCIETE SKTM DE LEBIOD SIDI CHEIKH.....	10.
Figure 2- 3 : les champs solaires PV de la centrale d'elbiोध sid Cheikh.....	11.
FIGURE 2- 4 : SHEMA REPARTITION DES MODULES PV.....	12.
FIGURE 2- 5 : CARACTERISTIQUES ELECTRIQUE DU MODULE PV UTILISE DANS LA CENTRALE LEBIOD SIDI CHEIKH ELBAYADH.....	13.
FIGURE 2- 6 : POSTE DE CONVERSION DE LA CENTRALE LEBIOD SIDI CHEIKH.....	14.
FIGURE 2- 7 : POSTE DE CONVERSION DE LA CENTRALE LEBIOD SIDI CHEIKH .....	14.
FIGURE 2- 8 : LE TRANSFORMATEUR DE LA CENTRALE LEBIOD SIDI CHEKH .....	15.
FIGURE 2- 9 : LES BOITES CENTRALES DE LA CENTRALE LEBIOD SIDI CHEIKH.....	15.
FIGURE 2- 10 : LE BOITE POSETIVE DE LA CENTRALE.....	16.
FIGURE 2- 11 : LE BOITE NEGATIVE DE LA CENTRALE.....	17.
FIGURE 2- 12 : SENSOR BOX UTILISE DANS LA CENTRALE .....	18.
FIGURE 2- 13 : L'ORDINATEUR DE LA SALLE DE CONTROLE .....	19.
FIGURE 2- 14: LE SHEMA DE MINI STATION METEOROLOGIQUE.....	19.
FIGURE 2- 15 : MINI STATION METEOROLOGIQUE DE LA CENTRALE.....	20.
FIGURE 2- 16 : POSTE D'INJECTION 60 KVA.....	21.
FIGURE 2- 17 : LA BASE DE DONNEES DE LA CENTRALE .....	21.

### Chapitre 3

FIGURE 3-1 : ORGANIGRAME DE LA METHODOLOGIE D TRAVAIL.....	23.
FIGURE 3-2 : LOGO DE PYTHON .....	26.
FIGURE 3-3 : ORGANIGRAME DE FONCTIONNEMENT DE PROGRAMME DE L'INTERFACE .....	28.
FIGURE 3-4 : FENETRE D'ACCEUIL .....	28.
FIGURE 3-5 : LE CODE DE PYTHON DE LA BIBLIOTHEQUE TKINTER .....	29.
FIGURE 3-6 : FENETRE DE DONNEES METEO .....	30.
FIGURE 3-7: LE CODE DE PYTHON DE LA BIBLIOTHEQUE TKINTER .....	30.
FIGURE 3-8 : FENETRE DE DONNEES DE PERFORMANCE .....	31.
FIGURE 3-9 : LE CODE DE PYTHON DE LA BIBLIOTHEQUE TKINTER .....	31.
FIGURE 3-10: FENETRE DES FIGURES .....	32.
FIGURE 3-11 LE CODE DE PYTHON DE LA BIBLIOTHEQUE TKINTER .....	33.

FIGURE 3-12: FENETRE DES FIGURE .....	33.
FIGURE 3-13: LE CODE DE PYTHON DE LA BIBLIOTHEQUE TKINTER .....	33.
FIGURE 3-14 : FENETRE DES FIGURES .....	34.
FIGURE 3-15 : FIGURE DES OPTIONS .....	34.
FIGURE 3-16 : FIGURE DES PARAMETRES DES DIMENSIONS DES GRAPHES .....	35.
FIGURE 3-17: FENETRE DES FIGURES .....	36.
FIGURE 3-18: LE CODE DE PYTHON DE LA BIBLIOTHEQUE TKINTER .....	37.
Figure 3-19: le code de Python de la bibliothèque Tkinter .....	37.
Figure 3-20: la prèssion atmosphérique durant la journée du 1juin 2020.....	38.
Figure 3-21: l'humidité durant la journée durant le 1 juin 2020.....	38.
Figure 3-22: la vitesse du vent durant 1juin 2020.....	39.
Figure 3-23: la température durant la journée 1 juin 2020 .....	39.
Figure 3-24: l'éclairement durant la journée 1 juin 2020.....	40.
Figure 3-25: la puissnace durant la journéé 2020.....	40.
Figure 3-26: l'eclairement durant le mois de juin 2020 .....	41.
Figure 3-27: la température durant le mois de juin 2020.....	41.
Figure 3-28: la prèssion atmosphérique durant le mois de juin 2020 .....	42.
Figure 3-29: l'humidité durant le mois de juin 2020 .....	42.
Figure 3-30: la vitesse du vent durant le mois de juin 2020.....	43.
Figure 3-31: puissance fournie par la centrale durant le mois de juin 2020.....	43.
Figure 3-32: évolution de rendement de référence Yr .....	44.
Figure 3-33: évolution de rendement de système Yr .....	44.
Figure 3-34: évolution de l'indice de performance.....	45.

## Liste des tableaux

### Chapitre 1

TABLEAU 1-1 : POTENTIEL SOLAIRE EN ALGERIE .....	3.
TABLEAU 1-2 : TABLEAU SUR LA DISPOSITION DES CENTRALES PHOTOVOLTAIQUE ENALGERI .....	8.

### Chapitre 2

TABLEAU 2-1 : CARATERISTIQUE DE LA CENTRALE LEBIOD SID CHEIKH .....	11.
---	-----







## **Introduction Générale**

L'Algérie s'est lancée, ces dernières années, un défi très important qui est de réussir sa transition énergétique. Il s'agit d'un défi très important et difficile à la fois à cause de la dépendance de son économie aux énergies fossiles et à cause de la décroissance de ces ressources par rapport à la croissance démographique. Cette transition doit amorcer un changement important pour notre pays et ce, dans le but d'augmenter la part des énergies vertes et renouvelables dans la consommation avec ce que cela occasionne comme transformations en termes de production, distribution, et consommation des énergies. C'est pour cela que l'Algérie a mis en place une stratégie énergétique basée sur l'énergie solaire photovoltaïque (PV) [1].

L'Algérie est motivée par une énergie énorme de grande quantité de gisement solaire dont elle dispose d'où son intérêt pour la transition énergétique. Face à la dépendance aux hydrocarbures qui est la source d'énergie dominante actuellement. L'une des premières actions a été le lancement d'un programme quinquennal visant un objectif de 22000 MW à l'horizon de 2030 pour 62% d'énergie solaire. Dans ce cadre l'Algérie a commencé le programme national des énergies renouvelables avec la réalisation de plusieurs projets à partir de l'année de 2011 sur le territoire national principalement des centrales connectées au réseau [2].

Le nombre de centrales Pv connectées au réseau en Algérie est de 23 centrales. Elles ont été implantées principalement dans le Sud et dans la région des Hauts plateaux et ce à cause du gisement solaire favorable et de la disponibilité des terrains. La capacité installée est de 343 MWc et l'électricité qui est produite est injectée directement dans le réseau électrique. Cependant, une centrale PV est une infrastructure qui a une durée de vie limitée qui avoisine les 30 ans et dont les performances dépendent des conditions de travail qui sont principalement l'éclairement solaire et la température ambiante. En plus d'affecter la puissance instantanée produite, ces conditions de travail, parfois extrêmes, influence l'état des composants de la centrale et son rendement à long terme. C'est pour cette raison que le

suivi des performances de ces centrales est indispensable durant toute leur période de fonctionnement. Cette analyse des performances se fait suivant la série de normes qui est la CEI 61724 [3].

Dans le présent mémoire, nous nous chargeons de l'analyse des performances de la centrale PV connectée au réseau d'elbayadh. C'est une centrale PV d'une capacité agale à 24 MWC située à et qui a été mise en service le 2016.

Le reste de ce mémoire est organisé comme suit : le premier chapitre présente le contexte de cette étude lié au déploiement des des énergies renouvelables et les centrales PV connecté au réseau en Algérie. Dans le deuxième, la centrale Elbayadh Lebiod Sidi Cheikh et présentée et une description avec son fonctionnement et ses données. Et dans le troisième chapitre, nous présentons les résultats de l'analyse des performances et et l'application software développé avec PYTHON.

# Chapitre 1 : Energie renouvelable et centrales PV connecté au réseau

## 1.1 Introduction

Le fonctionnement d'une centrale PV dépend de son environnement, des conditions de travail. Avant d'aborder ces détails, il est judicieux de commencer par rappeler quelques généralités sur les centrales PV, sur le potentiel solaire en Algérie, sans oublier la société en charge de nos centrales PV connectées au réseau qui est Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida (SKTM) et ses unités de production. Ce chapitre est aussi l'occasion d'exposer la problématique.

## 1.2 Le gisement solaire en algérie

L'importance de la connaissance de gisement solaire en algérie et le rayonnement reçu est très importante pour les systèmes solaires dans différentes domaines surtout pour la production d'électricité à partir des systèmes photovoltaïques (PV). La situation géographique de l'algérie dispose l'un des gisements solaire les plus hauts au monde. Notre pays a un gisement solaire qui atteint une énergie qui dépasse 5 milliards Gw/an et une durée d'insolation entre 2000 heure/an et 3900 heure /an dans les hauts plateaux et le sahara. L'algerie recoit une quantité d'énergie importante sur une surface de 1m<sup>2</sup> entre 1900 et 2650 kwh/m<sup>2</sup>/an [4].

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'insolation (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m <sup>2</sup> /an)	1700	1900	2650

**Tableau 1.1** : Potentiel solaire en algérie [4].

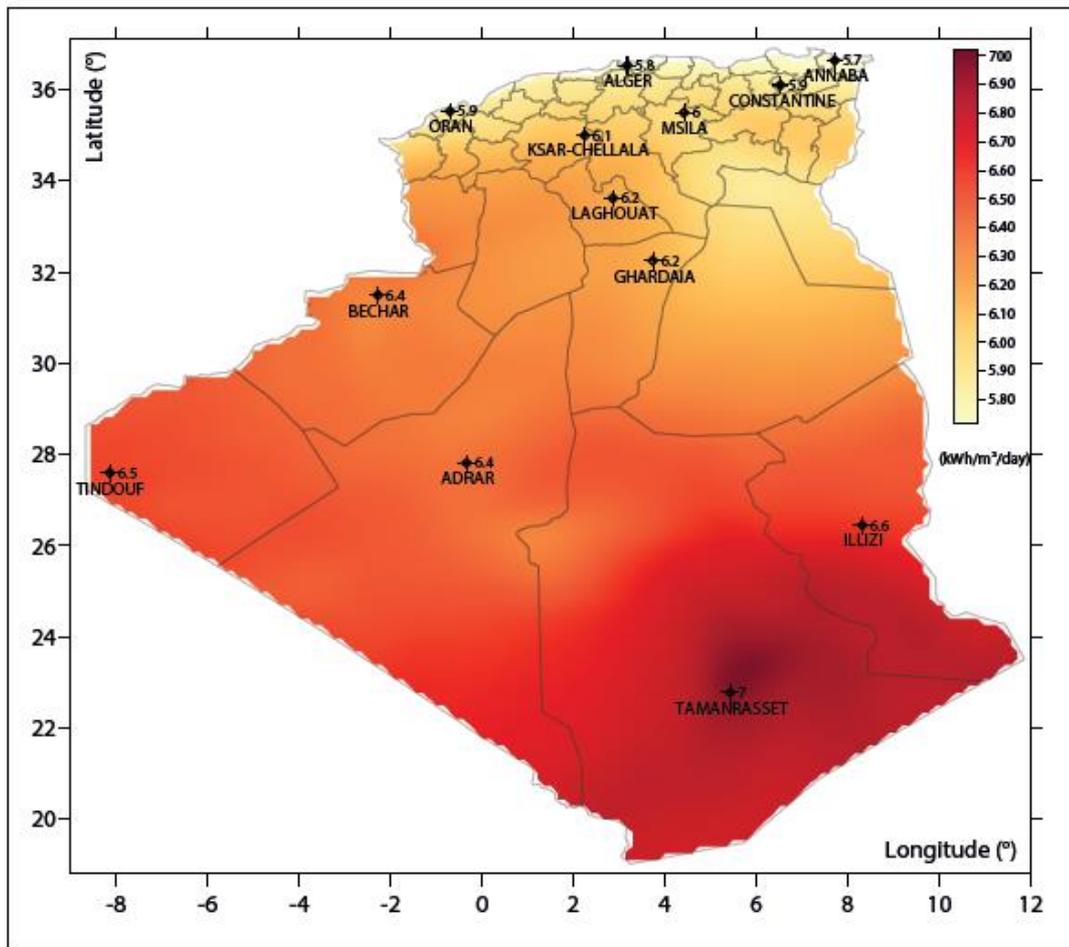


Figure 1.1 : Carte-de l'Irradiation Globale horizontale par ciel clair [5].

### 1.3 Présentation de SKTM

Dans le programme national de développement des énergies renouvelables. Sharikat elkahraba wa taket moutajadida (SKTM) occupe de choix efficace à ce programme. Shariket elkahraba wa taket motajadida (SKTM.spa) est une entreprise de production d'électricité à partir les énergies renouvelables. C'est une filiale de société de sonelgaz. Créée le 07 avril 2013. Le siège social se situe à Ghardaia. cette société joue un rôle volontairement de lutter contre le réchauffement climatique dans le cadre de développement de l'énergie solaire [6].

SKTM a pour mission de développement de réseau électrique pour les besoins du territoire national. et pour un but d'apporter une continuité de service de production de haute qualité pour l'Algérie surtout pour les régions sud.

La volonté de concrétiser l'ambitieux programme national de développement des énergies renouvelables, en mettant en valeur les potentialités énormes dont dispose notre pays, notamment l'étendue de son territoire et la durée d'ensoleillement [6].



Figure 1.2 : Logo de SKTM [6].

SKTM se compose de plusieurs unités qui sont :

**13.1 les unités de production Sud Ouest :** l'unité de production sud ouest (EPSE) a été créée le mois du octobre 2006 située au chef lieu de la wilaya de bechar au niveau de la zone industriel [6]

**1.3.2 Les Unités de production Est :** est une entité régionale relevant de sharikat el Kahraba wa Takat Motadjadida (SKTM) Elle a été créée en 2007 et située à 160km du chef lieu de la wilaya de ouargla au niveau de la localité de Touggourt, elle est domiciliée au siège de l'organisation nationale des Modjahdines, Rue du 1<sup>er</sup> novembre, centre de ville de Touggourt – Algérie [6].

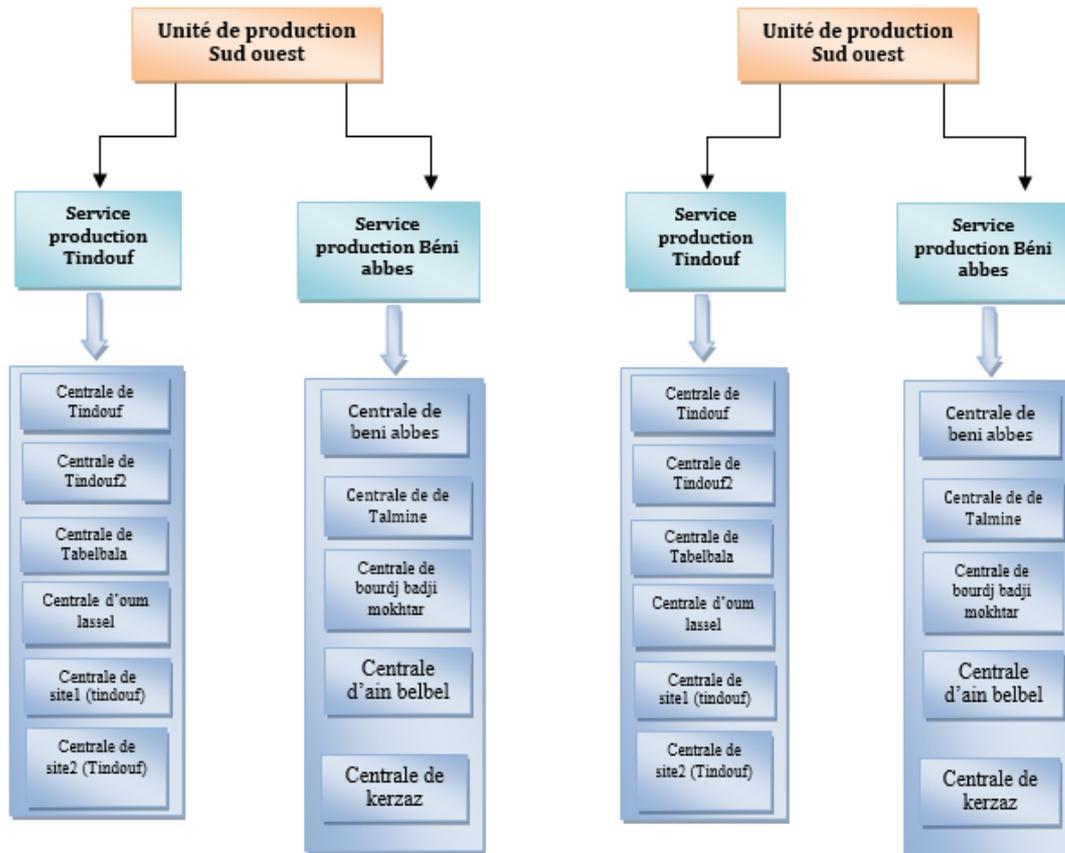


Figure 1.3 : Les centrales PV et les unités dont elles dépendent [6].

#### 1.4 Centrales photovoltaïques connectées au réseau

Une centrale photovoltaïque est un moyen de production d'électricité à partir la lumière de soliel qui constitué de modules solaires photovoltaïques reliés entre eux (en série et en parallèle) et branché au plusieurs onduleurs eux-memes connectés au réseau de distrbition ou de transports d'électricité [7].

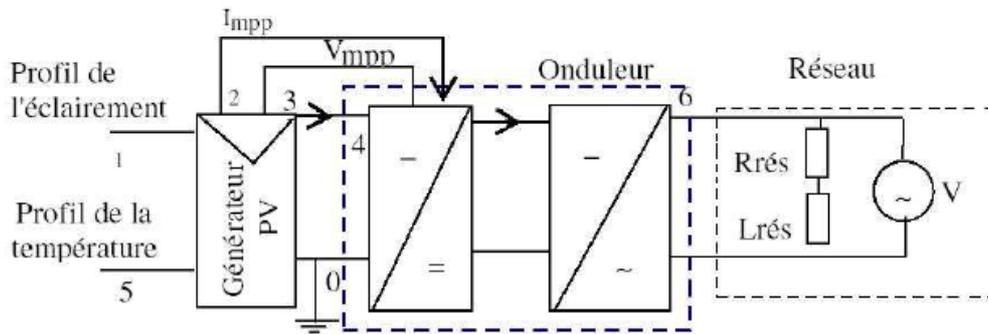


Figure 1.4 : Schéma équivalent d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau [7].

### 1.4.1 Les centrales photovoltaïques connectées au réseau en algérie

Dans le sens de programme national de la création des projets des énergies renouvelables, SKTM a été créée pour répondre à ces objectifs stratégiques de source nouvelle. Alors la société SKTM a installé plusieurs centrales photovoltaïques en algérie. On compte environ 23 centrales photovoltaïques dans le territoire national depuis 2014 [6].

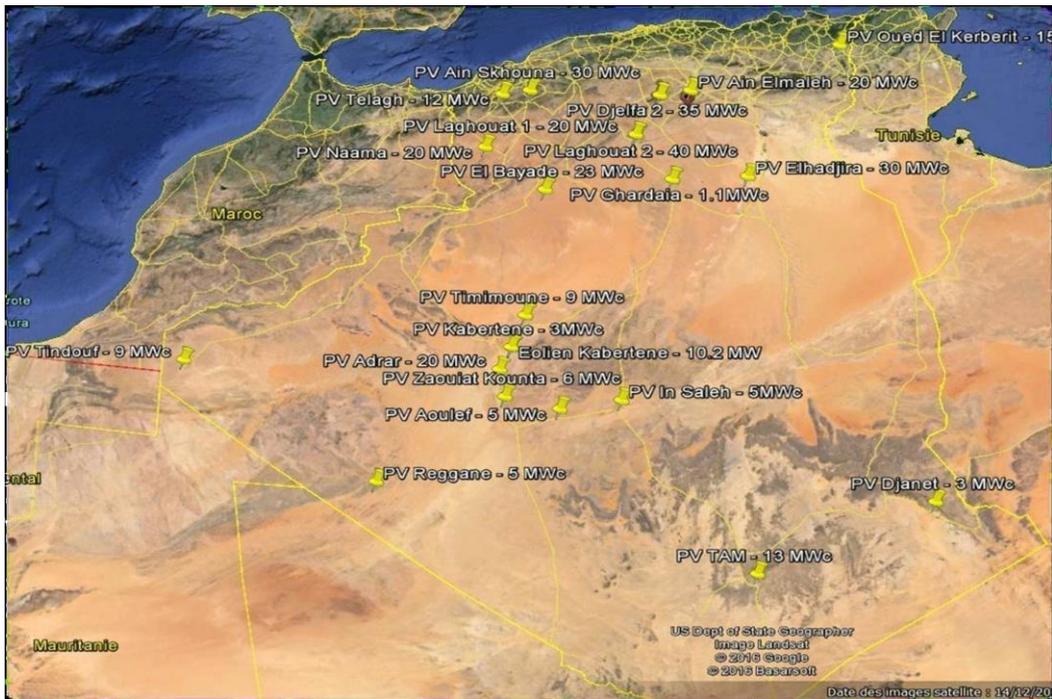


Figure 1.5 : Projet de 343 MWc en centrales photovoltaïques [8].

site	Puissance(MWC)	opérateur	Année d'injection
Batna	2	Groupment yingli solar	2015
Souk Ahras	15	Groupment yingli solar	2016
M'sila	20	Groupment yingli solar	2016
Djelfa	53	Groupment yingli solar	2016
Laghouat	60	Groupment yingli solar	2016
Ouaragla	30	Groupment yingli solar	2016
Adrar	20	Groupment yingli solar	2015
Kabertene	03	Groupment yingli solar	2015
Aoulef	05	Groupment yingli solar	2016
Reggane	05	Groupment yingli solar	2016
Zaouyet Kounta	06	Groupment yingli solar	2016
In Salah	05	Groupment yingli solar	2016
Timimoune	09	Groupment yingli solar	2016
Tindouf	09	Groupment yingli solar	2015
Djanet	03	Groupment yingli solar	2015
Tamanrasset	13	Groupment yingli solar	2015
Sidi Belabbes	12	Belectric	2016
Saida	30	Belectric	2016
Naama	20	Belectric	2016
El Bayadh	30	Belectric	2016

**Tableau 1.2** : Tableau sur la disposition des centrales photovoltaïque en algerie [9].

## 1.5 Conclusion

Le présent chapitre a été pour nous l'occasion de rappeler le contexte Algérien de développement des énergies renouvelable et plus précisément le déploiement des centrales PV connectées au réseau. Cela nous permet d'aborder le vif du sujet en commençant par la présentation de la centrale d'El Bayadh dans le chapitre suivant.

## Chapitre 2 : présentation de la centrale photovoltaïque Lebioud Sidi Cheikh El Bayadh connecté au réseau

### 2.1 Introduction

Avant d'analyser les performances d'une centrales PV, il est judicieux de découvrir sa topologie, son environnement et son historique. Le présent chapitre présente une présentation générale de la centrale photovoltaïque d'Elbayadh Lebioud Sidi Cheikh. Il traite sa situation géographique, son développement, sa composition (les champs solaires, les boites de jonctions, les onduleurs, les transformateurs, les boites auxiliaires, les boites à capteurs, la salle de contrôle, le dispositif de mesures environnementales etc.

### 2.2 Situation géographique de la centrale PV Lebioud Sidi Cheikh

La centrale photovoltaïque d'El Bayadh Sidi chikh a une capacité de 24 MWc. Elle est située dans la commune de Lebioudh Sidi Cheikh à 120 Km au sud-ouest du chef-lieu de wilaya d'El Bayadh, Elle avoisine au Nord la commune de el mahara et Arbaouat, au Sud la wilaya d'Adrar, à l'ouest par la commune El Bnoud, à l'Est par la commune Brezina. Ce mégaprojet couvre une superficie de 39.2 ha. Elle a été réalisée par Shariket Kahraba Wa Taket Moutadjadida (SKTM) [11]. Une vue aérienne de cette centrale est illustrée sur la Figure 2.1.



Figure 2.1 : Vue aérienne de la centrale photovoltaïque l'Elbioudh Sidi Chikh [10].

### 2.3 Historique de la centrale PV Leboïd Sidi Cheikh

La Stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement avait initialement prévu le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc à l'horizon 2020. [1]. Actuellement on compte 23 centrales photovoltaïques sur le territoire national et parmi elle se compte la centrale photovoltaïque d'El Bayadh Sidi Chikh qui a été en mise en service durant le mois de novembre 2016. Elle a été réalisée par le groupe Allemand BELECTRIC. Les travaux ont commencé à la date de 10/08/2014 et ont été terminés en novembre 2016. Il fallait compter 6 mois pour le génie civil et 9 mois pour EPC [11].

Le Nombre d'employés durant la phase de la réalisation est de 25 étrangers et 165 Algériens et 10 employés durant la phase de l'exploitation. Cette centrale injecte sa puissance produite directement dans le réseau national 60KV. Avec une durée d'ensoleillement qui peut atteindre jusqu'à 2700 heures/année, et une capacité de 24 mégawatts [11]. Ces informations sont résumées dans le Tableau 2.1.



Figure 2.2 : la société SKTM de Leboïd Sidi Cheikh [11]

Technologie	Capacité	Maître d'ouvrage	Maître d'œuvre	Financement	Date de réception prévue
Poly-cristallin	24MW	SKTM	BELECTRIC	SKTM	Novembre 2016

Tableau 2.1 : caractéristique de la centrale Lebiod Sidi Cheikh [11].

#### 2.4 Les champs solaires PV

Tous les champs solaires PV de la centrale occupent une superficie de 39.2 ha avec 93792 modules photovoltaïques (CS6P-255P- poly-cristallin). La centrale contient 93792 modules solaires polycristallin raccordes en deux (2) boucles (El Bayadh1 et El Bayadh2) a chaque boucles il y a 6 sous-champs (SKID) de 2MWc et un est un Poste de conversion [11].



Figure 2.3 : les champs solaires PV de la centrale d'elbiodh sid Cheikh [11].

## 2.5 Le générateur photovoltaïque

Chaque onduleur est connecté à 11 générateurs Photovoltaïques et chaque générateur photovoltaïque se compose de 8 tableaux électriques. Chacun composé de deux lignes en parallèle et chaque ligne il y a 24 modules pv en série [11].

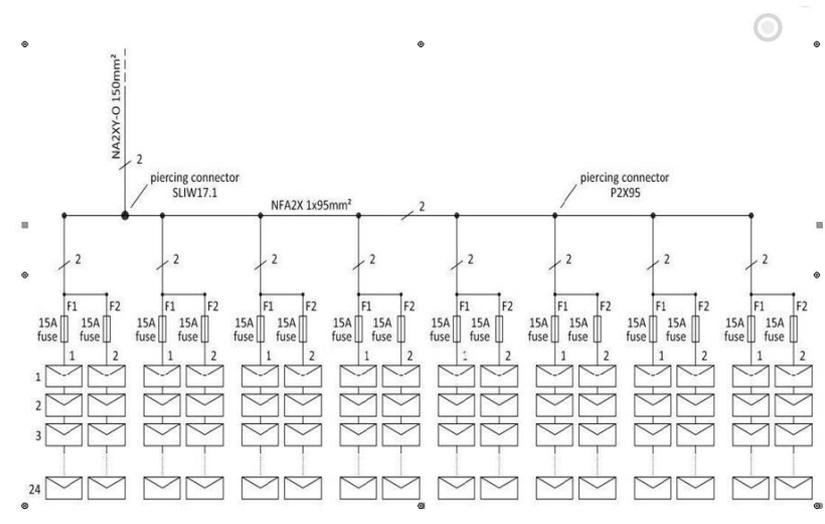


Figure 2.4 : Schéma répartition des modules PV [11].

## 2.6 Les modules PV

La centrale contient 93792 modules solaires de puissance de 255 Wc de la marque canadian solar (CS6P-255P-poly-cristallin) [11].



### ELECTRICAL DATA | STC

Electrical Data	CS6P-250P	CS6P-255P
Nominal Maximum Power (Pmax)	250W	255W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.1V	30.2V
Optimum Operating Current (Imp)	8.30A	8.43A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.2V	37.4V
Short Circuit Current (Isc)	8.87A	9.00A
Module Efficiency	15.54%	15.85%
Operating Temperature	-40°C~+85°C	
Maximum System Voltage	1000V (IEC) / 1000V (UL) / 600V (UL)	
Maximum Series Fuse Rating	15A	
Application Classification	Class A	
Power Tolerance	0 ~ +5W	

\*Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

### CS6P-255P | I-V CURVES

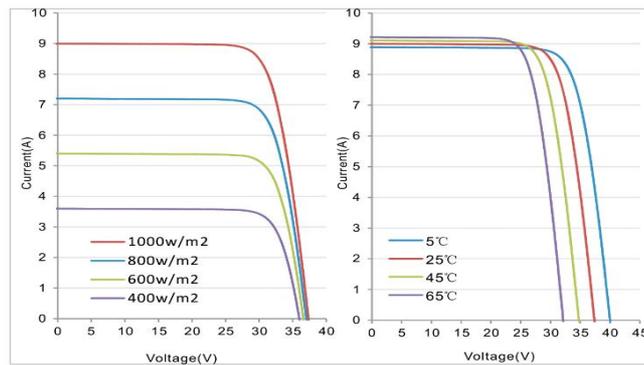


Figure 2.5 : Caractéristiques électrique du module PV utilisé dans la centrale lebioud sidi cheikh elbayadh [12].

## 2.7 Le poste de conversion DC/AC

Cette centrale se compose de douze Poste de conversion DC/AC, chaque poste de conversion est composé de deux onduleurs, 3 30kva et mc box [11]. installés comme illustré sur la Figure 2.6.

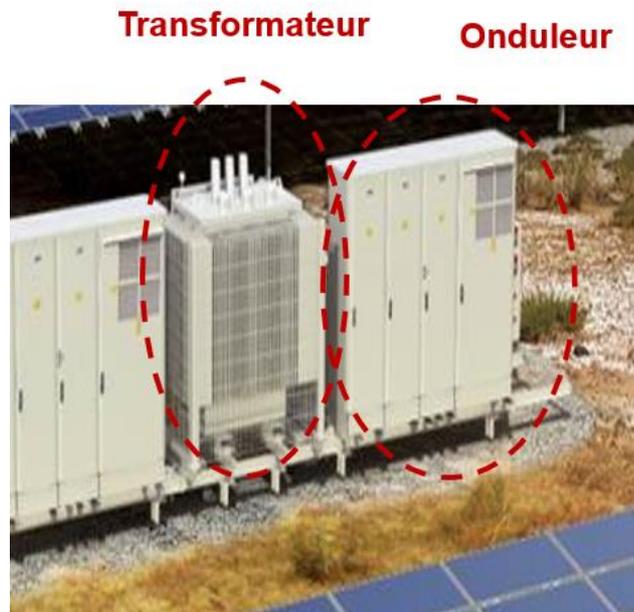


Figure 2.6 : poste de conversion de la centrale lebioud sidi cheikh [11].

## 2.8 Les onduleurs photovoltaïque

Cette centrale se compose de vingt-quatre onduleurs de puissance entre 0.88 MWc et 1.01 MWc.

OND1.1.1	79 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	0,96696 MWc
OND1.1.2	79 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	0,96696 MWc
OND1.2.1	72 câblage elec.	3456 modules à 255 Wc	0,88128 MWc
OND1.2.2	72 câblage elec.	3456 modules à 255 Wc	0,88128 MWc
OND1.3.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND1.3.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND1.4.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND1.4.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND1.5.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND1.5.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND1.6.1	79 câblage elec.	3792 modules à 255 Wc	0,96696 MWc
OND1.6.2	79 câblage elec.	3792 modules à 255 Wc	0,96696 MWc
OND2.1.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.1.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.2.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.2.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.3.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.3.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.4.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.4.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.5.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.5.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.6.1	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc
OND2.6.2	83 câblage elec.	3984 modules à 255 Wc	1,01592 MWc

Figure 2.7 : les puissances d'onduleurs photovoltaïque de la centrale lebioud sidi cheikh [11].

## 2.9 Le transformateur

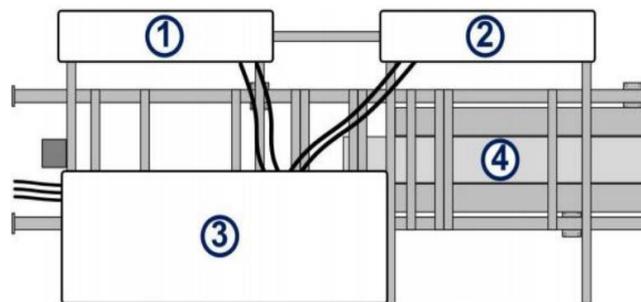
Chaque Skid comporte un transformateur élévateur comme indiqué sur la Figure 2.8. Ce dernier permet de transformer la tension et le courant alternatif en d'autres grandeurs de valeurs généralement différentes, dans le but de transmettre la puissance électrique [11].



Figure 2.8 : le transformateur de la centrale lebioud sidi cheikh [11].

## 2.10 Les boîtes centrales

Les câbles principaux DC de 150 mm<sup>2</sup> sont regroupés dans des centrales boîtes. Selon leur polarité, les câbles DC principaux sont répartis sur des boîtes centrales (central Box). On a deux boîtes centrales Négatives regroupant les câbles DC Négatives et les deux autres positives regroupant les câbles DC positives dans chaque Skid [11].



1: Central Box Négative

3: Onduleur

2: Central Box Positive

4: Support Skid

Figure 2.9 : les boîtes centrales de la centrale lebioud sidi cheikh [11].

### 2.10.1 Boîte centrale positive

Contient:

- NH-fuse holder size NH1XL for NH1XL fuses up to 250A/1000V
- Jeu de barre 50x10 pour plus de 1000A DC
- Fusible max. 20A pour protégé les câbles entre positive box et négative box
- 1x16mm<sup>2</sup> cable pour la connexion avec la box négative, pour protection surtension et mesure et Borniers pour voir l'état des capteurs sur tension

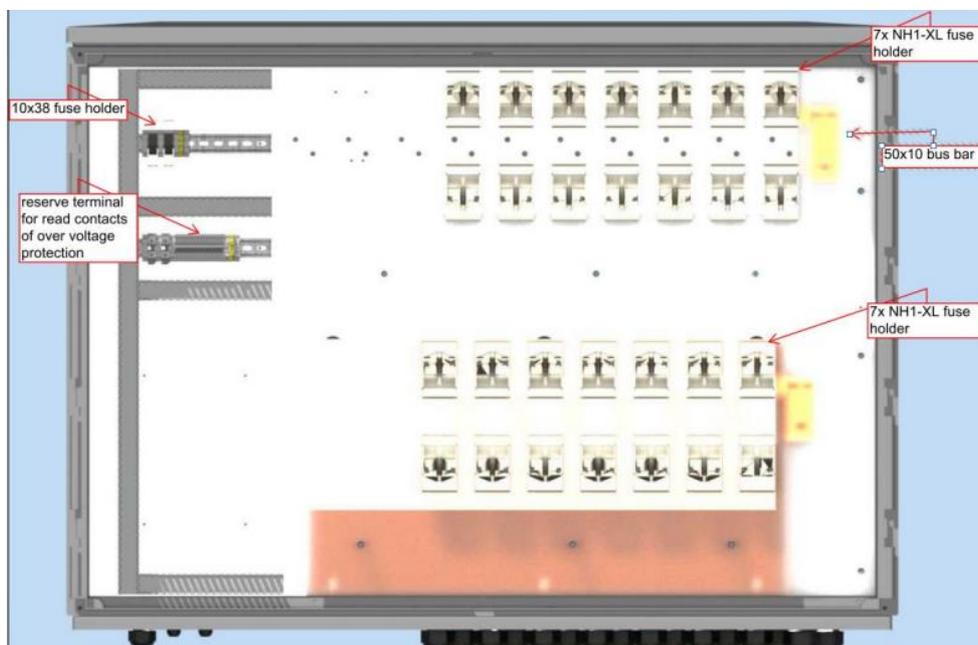


Figure 2.10 : le central box positive de la centrale [11].

## 2.10.2 Boite centrale négative

Contient:

- NH-fuse holder size NH1XL for NH1XL fuses up to 250A/1000V
- Jeu de barre 50x10 pour plus de 1000A DC
- Capteur de courant HTA 100 DC transformateur de courant (TC) basé sur l'effet Hall, pour mesuré le courant de chaque string
- Protection surtension Type 2
- Capteur LV25 pour mesuré la tension, les tensions positive et négative
- Barre de mise à la terre pour raccorder Box au support Skid

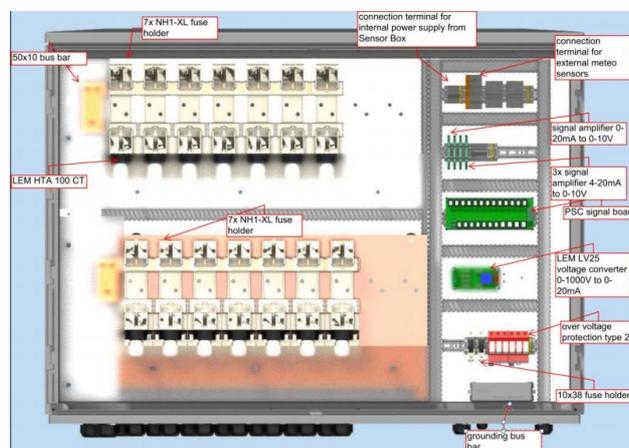


Figure 2.11 : centrale box négative de la centrale [11].

## 2.11 Boîte à capteur

La boîte à capteurs est illustrée par la Figure 2.7, elle centralise la mesure et l'enregistrement de toutes les données parvenues du Skid et par la suite les envoyer au scada main unit, il assure les fonctions suivantes :

- Mesure en temps réel du courant CC et CA & valeurs de tension
- Mesure des paramètres météo du système
- Saisie des signaux à la seconde et stockage intermédiaire [11].

### Sensor Box

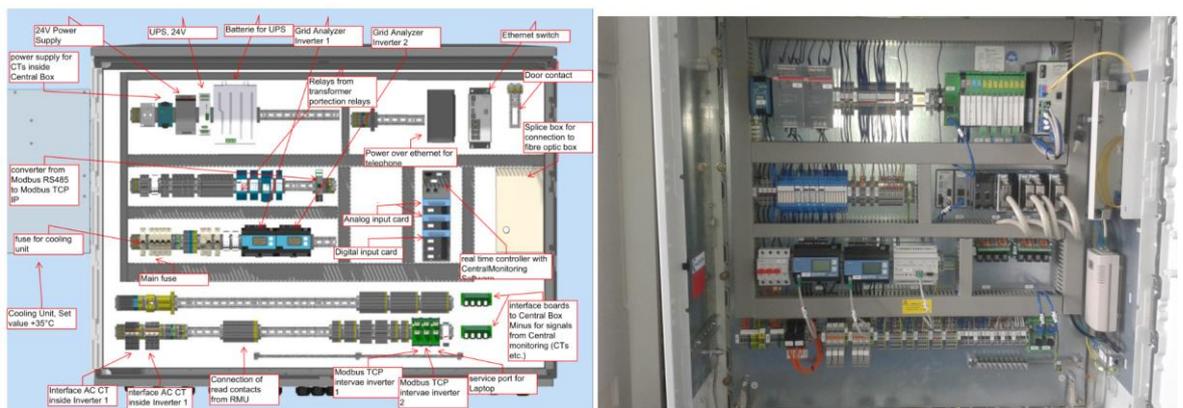


Figure 2.12 : boîte à capteur utilisé dans la centrale [11].

## 2.12 La salle de contrôle

Les équipements de la centrale solaire PV sont connectés à une cabine de type salle de contrôle qui est isolée de la chaleur extérieure. De ce fait, elle est équipée de quatre climatiseurs fonctionnant en alternance permettant de garder une température convenable dans la salle de contrôle. La salle de contrôle contient des ordinateurs, pour l'acquisition des données de la centrale et le contrôle des systèmes (onduleurs, les connecteurs, les panneaux...ect) et pour la surveillance du réseau électrique GRTE (Société Gestionnaire du Réseau de Transport de l'Électricité) dans le but d'assurer le bon fonctionnement des onduleurs photovoltaïques. Cette salle de contrôle respecte la norme standardisée CEI 60529 [13] avec un indice de protection IP 54. Cet indice correspond à une protection contre la pénétration de corps étrangers (tel que le dépôt de poussière) et les effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau [11].

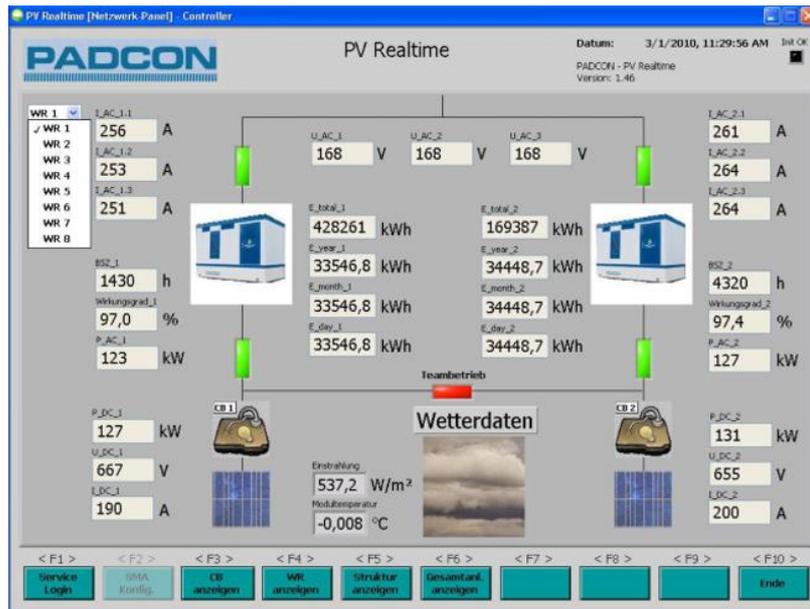


Figure 2.13 : l'ordinateur de la salle de contrôle [11].

## 2.13 Dispositifs de mesure environnementales

La centrale de leboid sidi cheikh est équipée d'une mini station météorologique illustrée la Figure 2.8. Elle est équipée des instruments de mesures des rayonnements solaires (pyranomètre), des capteurs de mesure de température, un capteur de mesure d'humidité et d'un anémomètre pour la mesure de la vitesse du vent et para foudre et mesure la quantité de pluie. Les données collectées sont enregistrées dans un des ordinateurs d'acquisition des données de la centrale installé dans la salle de contrôle [11].

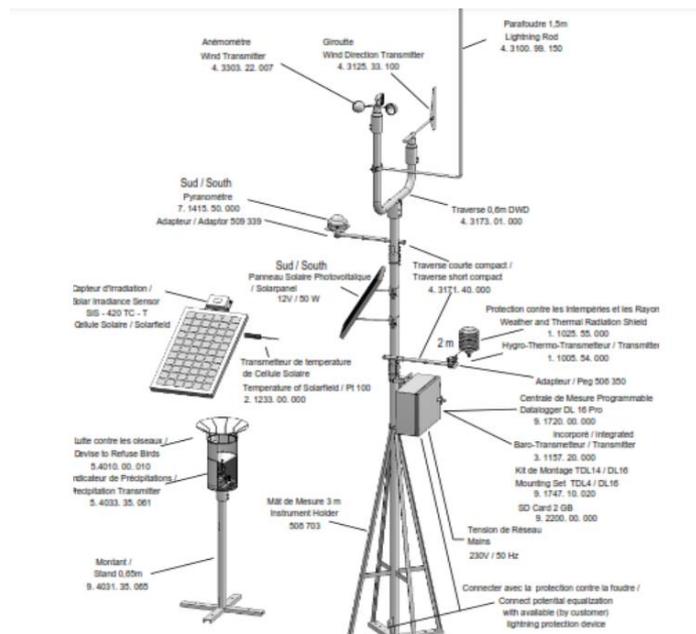


Figure 2.14 : le schéma de mini station météorologique [11].



**Figure 2.15** : mini station météorologique de la centrale [11].

Ces instruments illustrés permettent d'enregistrer les conditions climatiques dans la zone de l'installation des modules PV. Les données collectées sont enregistrées dans un des ordinateurs d'acquisition des données de la centrale installé dans la salle de contrôle..

## **2.14 Fonctionnement de la centrale lebdiod sidi cheikh**

La centrale photovoltaïque peut fonctionner suivant deux modes :

- le mode connectée au réseau : une partie de l'électricité produite par les panneaux est utilisée pour alimenter la centrale et le reste est envoyé vers la poste d'évacuation puis vers le réseau. En général, le système fonctionne suivant ce mode, le surplus de l'énergie produite est injecté au réseau de distribution de l'GRTE (Gestion du Réseau de Transport de l'Electricité) [11].
- le mode autonome : dans ce cas, la centrale photovoltaïque n'est pas connectée au réseau [11].



Figure 2.16 : poste d'injection 60 kva [11].

## 2.15 Les données de la centrale

Les données de la centrale sont enregistrées dans des fichiers Excel. Un fichier est généré pour chaque journée. Les données enregistrées sont : la puissance (kW), la puissance instantané (kW), la température (°C), la vitesse du vent (m/s), l'humidité (%), la pression atmosphérique (hpa). Le rayonnement global (W/m<sup>2</sup>).

شركة كهرباء وطاقات متجددة Shariket Kahraba wa Taket Moutadjada							
SITUATION ENR DU PARC UPSO							
Situation arrêtée au:01-01-2020							
ABIDDOH SIC PY IEASI 24Mw/c							
	Paissance Totale (kW)	TSA	K Globale (w/m <sup>2</sup> )	T (°C)	Vitesse (m/sec)	Humidite (%)	Pression atmosphérique (MPa)
Time	P (KW)	P (KW)	(w/m <sup>2</sup> )	(°C)	(m/s)	(%)	
06 h:00	!	!	!	!	!	!	!
06 h:30	!	!	!	!	!	!	!
07 h:00	!	!	!	!	!	!	!
07 h:30	!	!	!	!	!	!	!
08h00	386.961	6,45	5,38	-0,892	1,754	77,593	1030,38
08 h:30	1190.992	6,44	34,616	-0,02	3,014	76,537	1030,54
09 h:00	4024.441	6,31	120,064	2,819	1,983	66,613	1030,65
09 h:30	7306.664	6,19	226,719	5,862	1,111	56,822	1030,96
10 h:00	9659.092	5,81	335,32	7,398	1,1	49,067	1031,16
10 h:30	11671,428	5,44	437,552	8,912	0,711	45,291	1031,43
11 h:00	13293,757	6,66	517,889	9,794	1,211	40,466	1031,57
11 h:30	14344,23	6,81	580,97	9,744	2,275	39,761	1031,49
12 h:00	15628,996	7,98	630,814	8,902	3,442	41,406	1031,29
12 h:30	16171,07	9,11	642,914	9,736	3,293	38,899	1029,65
13 h:00	16295,163	9,22	650,771	9,978	4,133	36,955	1030,32
13 h:30	16109,508	9,86	650,775	10,803	3,802	35,625	1029,81
14 h:00	15651,79	9,32	643,679	11,537	4,083	34,55	1029,38
14 h:30	14844,553	9,14	591,249	12,183	3,555	32,969	1028,88
15 h:00	13682,24	8,47	530,499	12,662	4,419	31,349	1028,5
15 h:30	12125,146	7,98	496,124	13,263	4,904	29,767	1028,39
16 h:00	10249,992	9,14	397,867	13,352	5,159	29,236	1028,37
16 h:30	7934,069	8,12	297,506	13,663	5,968	28,755	1028,21

Figure 2.17 : la base de données de la centrale

## **2.16 Présentation de la problématique :**

il est certain que la connection de plusieurs centrale PV au réseau électrique va engendrer de nouvelle contrainte de gestion du réseau. en plus de cela, de nouvelles pratique doivent etre adoptée pour suivre les performances de ces nouvelles centrales alors notre problématique est basée sur cette question : pourquoi on suit les performances des centrales PV.

## **2.17 Conclusion**

La centrale photovoltaïque de Lebiod Sidi Cheikh présente une capacité de production de 24 MWc, elle s'inscrit dans le programme national de production de l'électricité à partir des énergies renouvelables.

Cette centrale s'étale sur une superficie de 39.2 ha avec 93792 panneaux photovoltaïques (silicium poly-cristallin).elle comporte, des onduleurs, et des transformateurs de puissance élévateur et une armoire de communication des charges et une salle de contrôle. En plus d'une mini station pour la mesure des données météorologiques. La centrale photovoltaïque de lebiod sidi cheikh elbayadh est de même technologie que les centrales photovoltaïques d'Ain Skhouna (Saida), (Namaa) et sidi bel abbes. Elle a été réalisée par la société allemande BELECTRIC et de même toutes les tâches de maintenance et d'entretien sont sous la responsabilité de cette société.

Les données de la centrale sont enregistrées dans des fichiers Excel. Un fichier est généré pour chaque journée. Nous avons une base de données couvrant une année qui nous servira à étudier les performances de la centrale. Les résultats sont présentés dans le chapitre.

## Chapitre 3 : Analyse et étude de la performance de la centrale photovoltaïque El Bayadh

### 3.1 Introduction

Ce chapitre présente l'analyse des performances de la centrale photovoltaïque raccordée au réseau national d'Elbayadh. Cette étude est basée sur des données enregistrées durant une année selon la norme internationale ICE 61724. Aussi, une application software a été développée pour faciliter le traitement des données et leur analyse. Cette application a été développée moyennant PYTHON.

### 3.2 Présentation de la méthodologie du travail

Le travail s'articule autour de trois tâches principales qui sont : le traitement des données, le développement de l'application software puis l'analyse des performances de la centrale selon la norme ICE 61724.

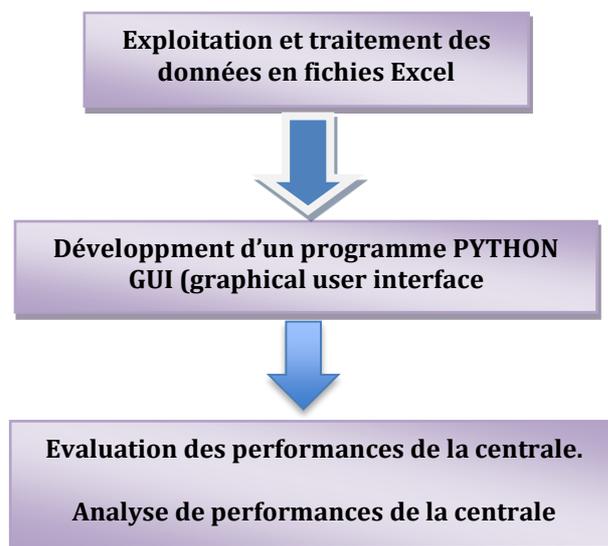


Figure 3.1 : organigramme de la méthodologie de travail

### 3.3 Présentation de la norme IEC 61724

La norme internationale IEC 61724 a été développée par le comité d'études 82 de la CEI pour les systèmes photovoltaïques. La norme IEC 61724 est la deuxième révision d'une directive établie pour promouvoir l'uniformité internationale dans la surveillance des performances des systèmes PV cette norme a été créée pour le suivi des caractéristiques énergétiques des systèmes PV et aussi pour l'analyse des performances globales des systèmes PV, qu'ils soient autonomes, ou connectés au réseau pour un but de donner l'évaluation des performances globales des systèmes PV [13].

#### 3.2.1 Les performances normalisées :

**Rendement de référence :** est le rapport entre la quantité totale de Rayonnement solaire  $H_i$  (Kwh/m<sup>2</sup>) arrivant la surface des panneaux solaire PV et la quantité de rayonnement de référence  $G_0$  [13].

$$Y_r = \frac{H_i}{G_0} \quad 3.1$$

**Rendement du champ PV :** est le rapport entre l'énergie total généré EDC (kwh) par les rangés PV pour un période définie (une année) et la puissance nominale  $P_0$  (KWC) sous les conditions standard [13].

$$Y_a = \frac{EDC}{P_0} \quad 3.2$$

**Rendement du système PV :** est le rapport entre l'énergie total produit par le système PV (kwh) et la puissance nominale installée (kwc) [13].

$$Y_f = \frac{EAC}{P_0} \quad 3.3$$

**Indice de performance normalisé :** indique l'effet global des pertes sur la production énergétique des rangés d'un système PV [13].

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad 3.4$$

**Les pertes du système par conversion :** sont due aux pertes par conversion des onduleurs (courant-continu/alternatif) [13].

$$L_s = Y_a - Y_f$$

**Les pertes diverses : due aux :** températures des panneaux, cablage, ombrage, pertes spectrales, la salissure, erreurs dans la recherche de puissance maximale, conversion (DC-AC). [13]

$$L_c = Y_r - Y_a$$

### 3.4 Présentation du langage python et les bibliothèques utilisée

Python est un langage de programmation puissant et facile à apprendre. Il dispose de structure de données de haut niveau et permet un approche simple mais efficace de la programmation orienté objet. Parceque cette syntaxe est élégante, que son typage est dynamique et qu'il est interprété, python est une langage idéal pour l'écriture de scripts et le développement des applications de nombreux domaines et sur la plupart des plateformes [14]. Python est l'un des langages de programmation les plus populaires et les plus utilisés et a remplacé de nombreux langages de programmation dans l'industrie. Il ya beaucoup de raisons pour lesquelles python est populaires parmi les développeurs et l'une d'entre elles est qu'il possède une collection étonnamment importante de bibliothèques avec lesquelles les utilisateurs peuvent travailler [14].

Voici quelques raisons importantes pour lesquelles python est populaires :

- Python a une énorme collection de bibliothèques.
- Python est un langage de programmation de niveau de débutant en raison de sa simplicité et de sa facilité
- Du développement au déploiement et à la maintenance, python souhaite que ses développeurs soient plus productifs.
- la syntaxe de programmation de python est simple à apprendre et est de haut niveau lorsque nous la comparons à C, Java, C++ [14].



**Figure 3.2 :** logo de Python

La simplicité de python a incité de nombreux développeurs à créer de plusieurs bibliothèques, il y en a beaucoup, nous allons parler de certains d'entre eux :

#### **3.4.1 Pandas**

Pandas est une bibliothèque d'apprentissage automatique en python qui fournit des structures de données de haut niveau et une grande variété d'outils d'analyse. L'une des grandes fonctionnalités de cette bibliothèque est les possibilités de traduire des opérations complexes avec des données à l'aide d'une ou deux commandes avec de regrouper et combiner des données et filtrer. [15] Pandas assure que l'ensemble du processus de manipulation des données sera plus facile. La prise en charge d'opérations telles que, la réindexation, l'itération, le tri, les agrégations, les concaténations, et les visualisations font partie des fonctionnalités phares de pandas. Parmi ces importants applications et domaines c'est l'analyse de données, est le point en ce qui concerne l'utilisation de pandas [15].

#### **3.4.1 Numpy**

Numpy est considéré comme l'une des bibliothèques d'apprentissage automatique les plus populaires en python. Est utilisé pour effectuer plusieurs opérations. Array est la meilleure et la plus importante fonctionnalité de Numpy [16].

**Interactif :** Numpy est très interactif et facile à utiliser.

**Mathématiques :** rend les implémentations mathématiques complexes très simple.

**Intuitif :** rend le codage vraiment facile et la compréhension des concepts est facile.

**3.4.2 Matplotlib :** Est une collection de fonctions pyplot qui font fonctionner comme MATLAB. Chaque fonction pyplot apporte des modifications à une figure : par exemple, crée une figure, crée une zone de tracage dans une figure, trace des lignes dans une zones de tracage...etc [17]

**3.4.3 Tkinter :** Est la bibliothèque graphique libre d'origine pour le langage python, permettent la création des interfaces graphiques des applications [18]

### 3.5 Présentation de l'interface python GUI

Cette partie est consacrée à la description de l'interface graphique d'un programme python pour l'analyse de performance de centrale photovoltaïque el bayadh, il permet de tracer et calculer les évolutions de performances étudiées.

#### 3.5.1 Organigramme

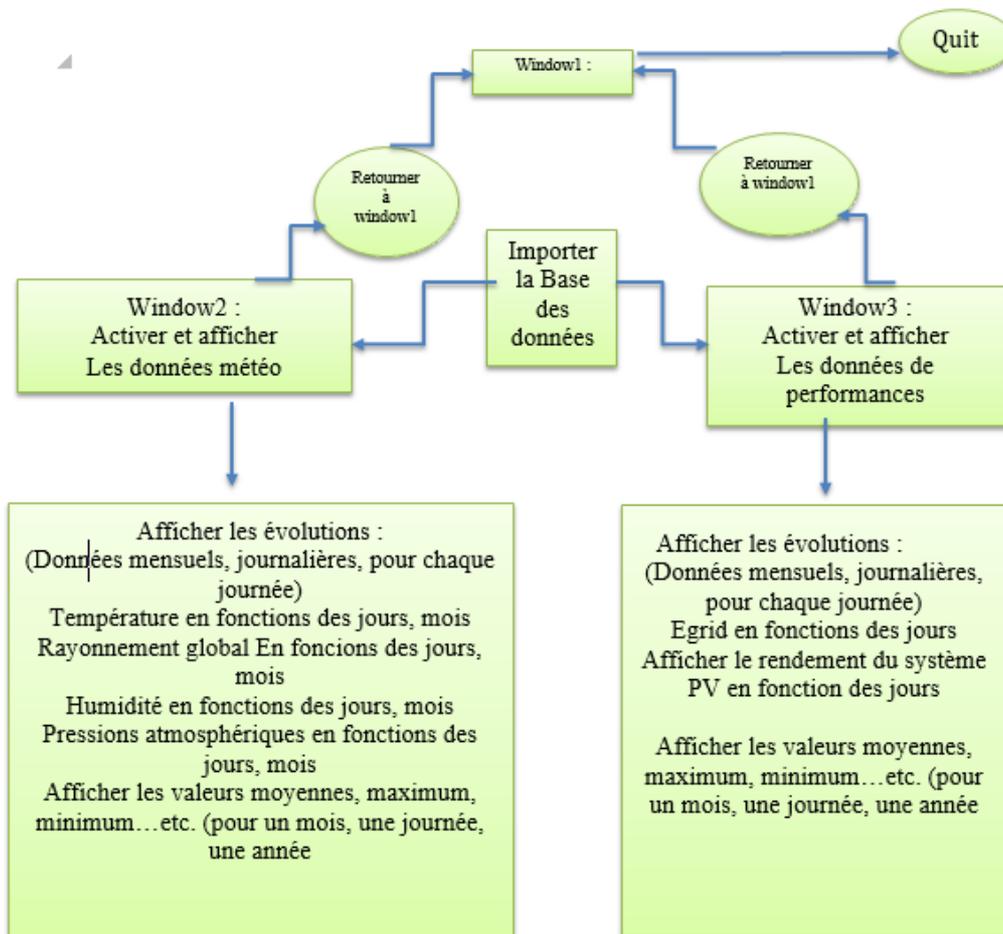


Figure 3.3 : organigramme de fonctionnement de programme de l'interface

**3.5.2. Fenêtre d'accueil :** Dans la fenêtre d'accueil quand on appuie sur le bouton importer la base de données de la centrale, il importe les données dans l'interface et il active les deux boutons pour afficher les données (afficher données de météo, afficher données de performance)



Figure 3.4 : fenêtre d'accueil

```
def activate1():
    buttonshowmeteo = Button(window, text = "afficher \ndonnées de meteo", state = ACTIVE,
    command = widw, bg = "#117f98", padx = 20, pady = 10).place(x = 100, y = 280)
    buttonshowperformannce = Button(window, text = "afficher \ndonnées de performance", state = ACTIVE,
    command = widw2, bg = "#117f98", padx = 20, pady = 20).place(x = 100, y = 350)

buttonshowmeteo = Button(window, text = "afficher \ndonnées de meteo", state = DISABLED, padx = 20,
pady = 10).place(x = 100, y = 280)
buttonshowperformannce = Button(window, text = "afficher \ndonnées de performance",
state = DISABLED, padx = 20, pady = 15).place(x = 100, y = 350)
buttonimport = Button(window, text = "importer \nla base de données", command = activate1, bg = "#117f98",
padx = 15, pady = 15).place(x = 100, y = 180)
lprime = Label(window, text = 'Analyse des performances | centrale PV El bayadh \n selon la norme IEC 61724 \n\n Caractéristi

buttonquit = Button(window, text = "Quitter", command = window.quit).place(x = 100, y = 500)
```

Figure 3.5 : le code de Python de la bibliothèque Tkinter et numpy

Cette Figure illustre le programme de cette interface avec ses boutons, et la fonction (def activate1) qui sert à activer les bouton après l'importation des données de la centrale (qui sont des fichiers excel).

### 3.5.3 Fenêtre de données météo



Figure 3.6 : fenêtre de données météo

```
def widw():
    window2 = Tk()
    window2.title("meteo data")
    window2.geometry("800x800")
    window2.configure(bg = "#0a092a")

    l1 = Label(window2, text = 'données journalières', bg = 'yellow', pady = 20, font = 50).place(x = 350, y = 0)

    buttonshowmeteo = Button(window, text = "afficher \ndonnées de meteo", state = DISABLED, padx = 20,
    pady = 10).place(x = 100, y = 280)
    buttonshowperformance = Button(window, text = "afficher \ndonnées de performance",
    state = DISABLED, padx = 20, pady = 15).place(x = 100, y = 350)
    buttonimport = Button(window, text = "importer \nla base de données", command = activate1, bg = "#117f98",
    padx = 15, pady = 15).place(x = 100, y = 180)
    lprime = Label(window, text = 'Analyse des performances centrale PV El bayadh \n selon la norme IEC 61724 \n \n Caratéristi

    buttonquit = Button(window, text = "Quitter", command = window.quit).place(x = 100, y = 500)
```

Figure 3.7 : le code de Python de la bibliothèque Tkinter et numpy

Quand on appuie sur le bouton « Afficher les données performances », une autres fenetre consacrée à d'autres comme Egrid, rendement de référence, rendement du système est lancé. La fonction (def widw2) il affiche la fenetre de données de performance.

### 3.5.4 Fenêtre de données de performance



Figure 3.8 : fenêtre de données de performance

```
def widw2():
    window3 = Tk()
    window3.title("performance data")
    window3.geometry("800x500")
    window3.configure(bg = '#0a092a')

buttonshowmeteo = Button(window, text = "afficher \ndonnées de meteo", state = DISABLED, padx = 20,
pady = 10).place(x = 100, y = 280)
buttonshowperformance = Button(window, text = "afficher \ndonnées de performance",
state = DISABLED, padx = 20, pady = 15).place(x = 100, y = 350)
buttonimport = Button(window, text = "importer \nla base de données", command = activate1, bg = "#117f98",
padx = 15, pady = 15).place(x = 100, y = 180)
lprime = Label(window, text = 'Analyse des performances centrale PV El bayadh \nselon la norme IEC 61724 \n\n Caratéristi

buttonquit = Button(window, text = "Quitter" , command = window.quit).place(x = 100, y = 500)
```

Figure 3.9 : le code de Python de la bibliothèque Tkinter et numpy

### 3.5.5 Fenêtre des graphes :

La Figure suivante illustre le rayonnement global durant janvier après le choix du mois janvier (l'appuie sur le bouton janvier et le bouton plot le rayonnement global). La fonction (def janaury) import les données du mois de janvier à partir du fichier Excel du mois

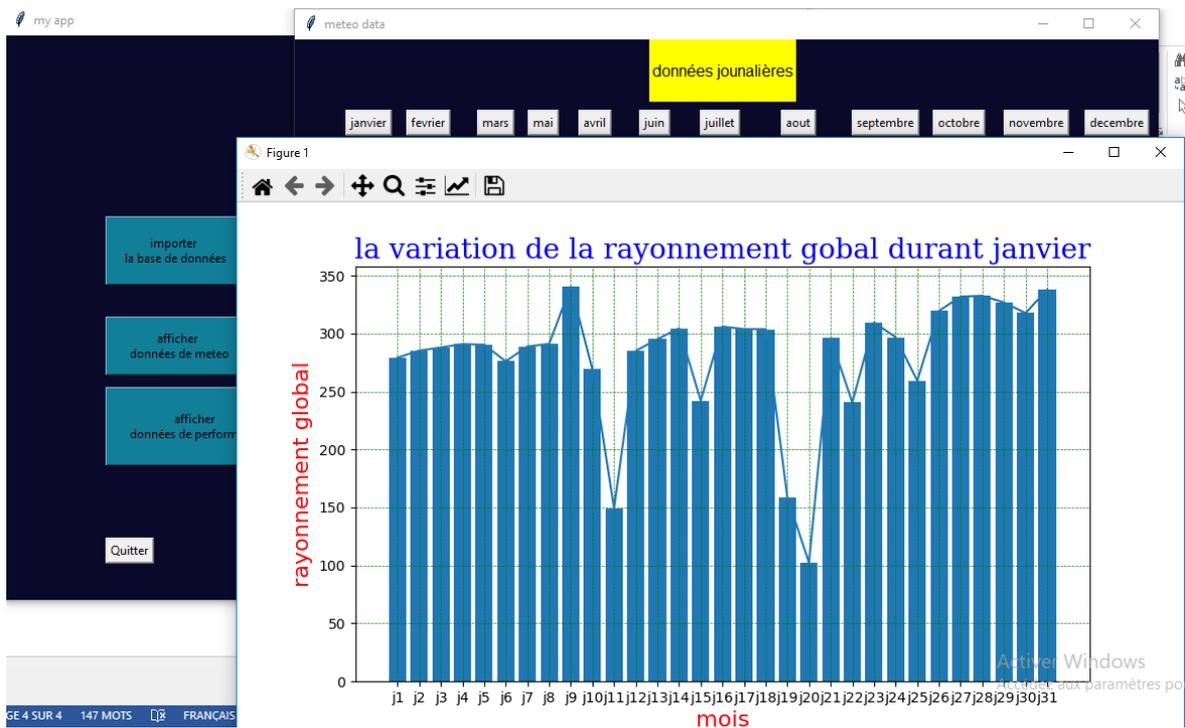


Figure 3.10 : fenêtre des figures

```

x = np.array(["j1", "j2", "j3", "j4", "j5", "j6", "j7", "j8", "j9", "j10", "j11",
"j12", "j13", "j14", "j15", "j16", "j17", "j18", "j19", "j20", "j21", "j22",
"j23", "j24", "j25", "j26", "j27", "j28", "j29", "j30", "j31"])
y = np.array([a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9, a10, a11, a12, a13, a14, a15, a16, a17, a18, a19, a20, a21,
a22, a23, a24, a25, a26, a27, a28, a29, a30, a31])
font1 = {'family': 'serif', 'color': 'blue', 'size': 20}
font2 = {'color': 'red', 'size': 16}

plt.xlabel("mois", fontdict = font2)
plt.ylabel("temperature", fontdict = font2)
plt.title("la variation de la temperature durant janvier", fontdict = font1)
plt.plot(x, y)
plt.grid(color = 'green', linestyle = '--', linewidth = 0.5)
plt.bar(x, y)
plt.show()

def graph1janaury():
    df1 = pd.read_excel(r'C:\Users\Condor\Desktop\ff\données2020.xlsx', sheet_name = None)
    allsheets = pd.concat(df1[frame] for frame in df1.keys())
    np_array = allsheets.to_numpy()

```

Figure 3.11 : le code de Python de la bibliothèque Tkinter et numpy et pandas

Il est possible aussi défficher les moyennes journalières de la température durant un mois entier comme illustré par les figures suivante.

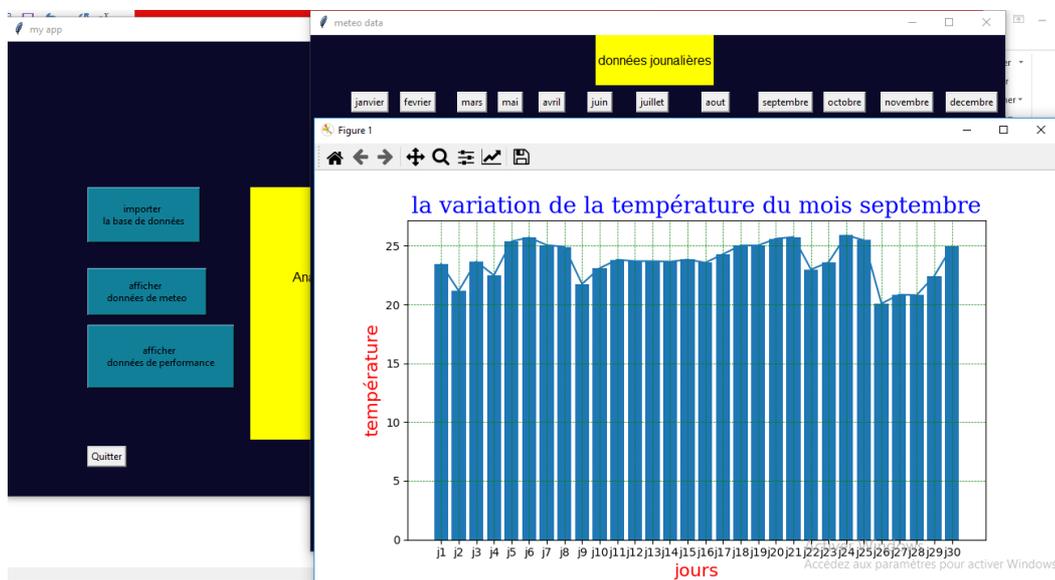


Figure 3.12 : fenêtre des figures

```

x = np.array(["j1", "j2", "j3", "j4", "j5", "j6", "j7", "j8", "j9", "j10", "j11",
"j12", "j13", "j14", "j15", "j16", "j17", "j18", "j19", "j20", "j21", "j22",
"j23", "j24", "j25", "j26", "j27", "j28", "j29", "j30"])
y = np.array([a81, a82, a83, a84, a85, a86, a87, a88, a89, a810, a811, a812, a813, a814, a815, a816, a817, a818,
a822, a823, a824, a825, a826, a827, a828, a829, a830])

font1 = {'family': 'serif', 'color': 'blue', 'size': 20}
font2 = {'color': 'red', 'size': 16}

plt.xlabel("jours", fontdict = font2)
plt.ylabel("rayonnement global", fontdict = font2)
plt.title("la variation de rayonnement global du mois septembre", fontdict = font1)
plt.plot(x, y)
plt.grid(color = 'green', linestyle = '--', linewidth = 0.5)
plt.bar(x, y)
plt.show()

def septembergraph():
    df12 = pd.read_excel(r'C:\Users\Condor\Desktop\ff\septembre 2020.xlsx', sheet_name = None)
    allsheets12 = pd.concat(df12[frame] for frame in df12.keys())
    np_array12 = allsheets12.to_numpy()

```

Figure 3.13 : le code de Python de la bibliothèque Tkinter et numpy et pandas

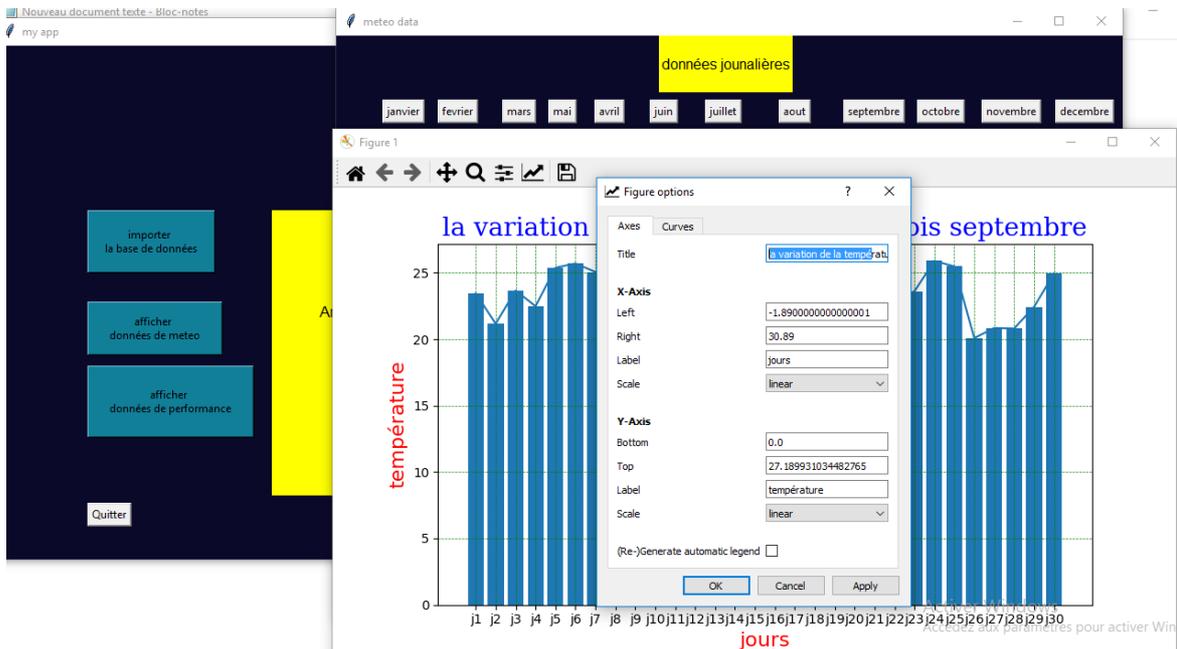


Figure 3.14: figure des options

Une fenetre s'affiche pour pour organiser les graphes et les axes et choisir l'échelle...etc (pour le button axes).

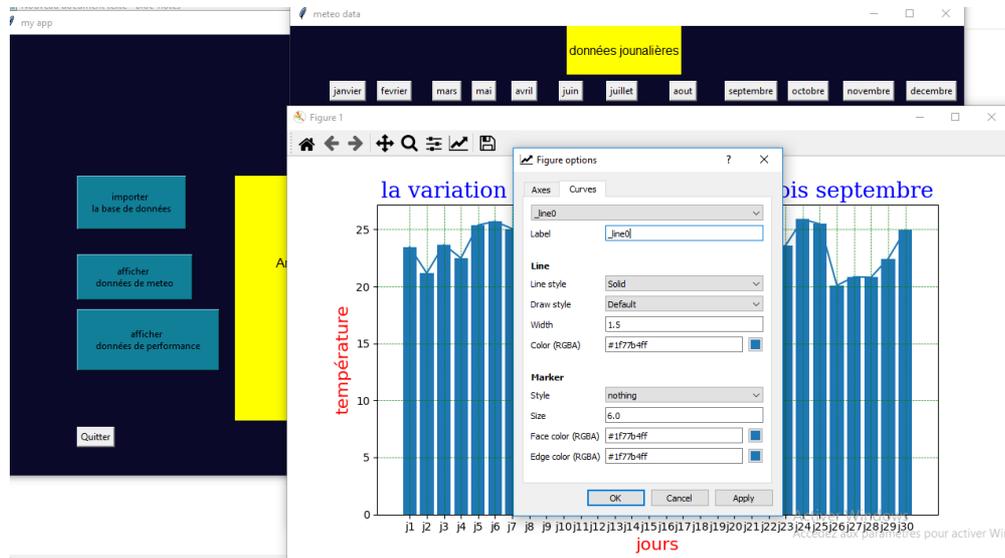


Figure 3.15 : Fenêtre des des options d’affichage des graphes

Le button curves c’est pour choisir le style de la figure et des graphes.

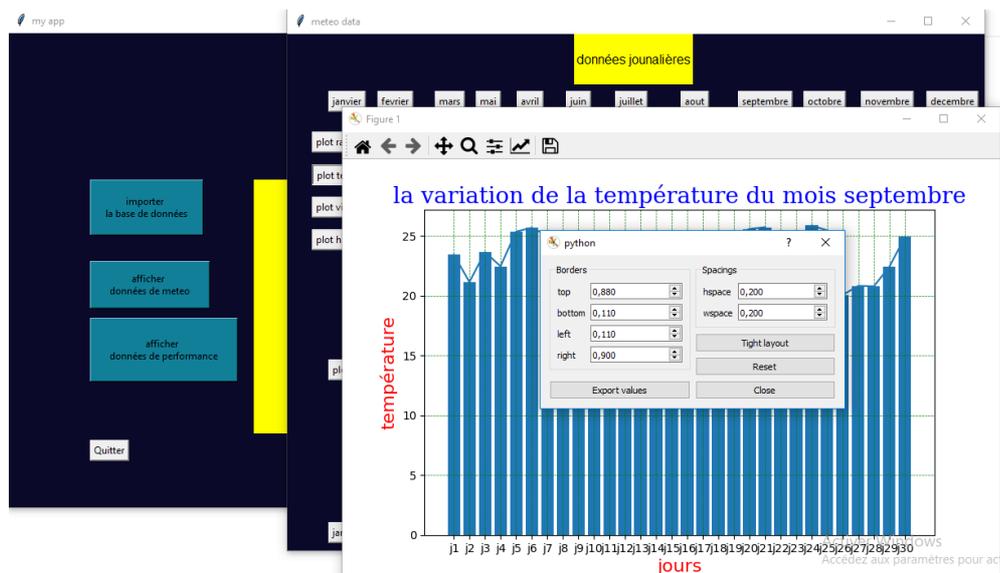


Figure 3.16 : figure des paramètres des dimensions des graphes



Ce bouton c'est pour affecter la position des graphes à gauche au à droite d'après les échelles.



Recherche de l'axe des points x/y



Save the figure

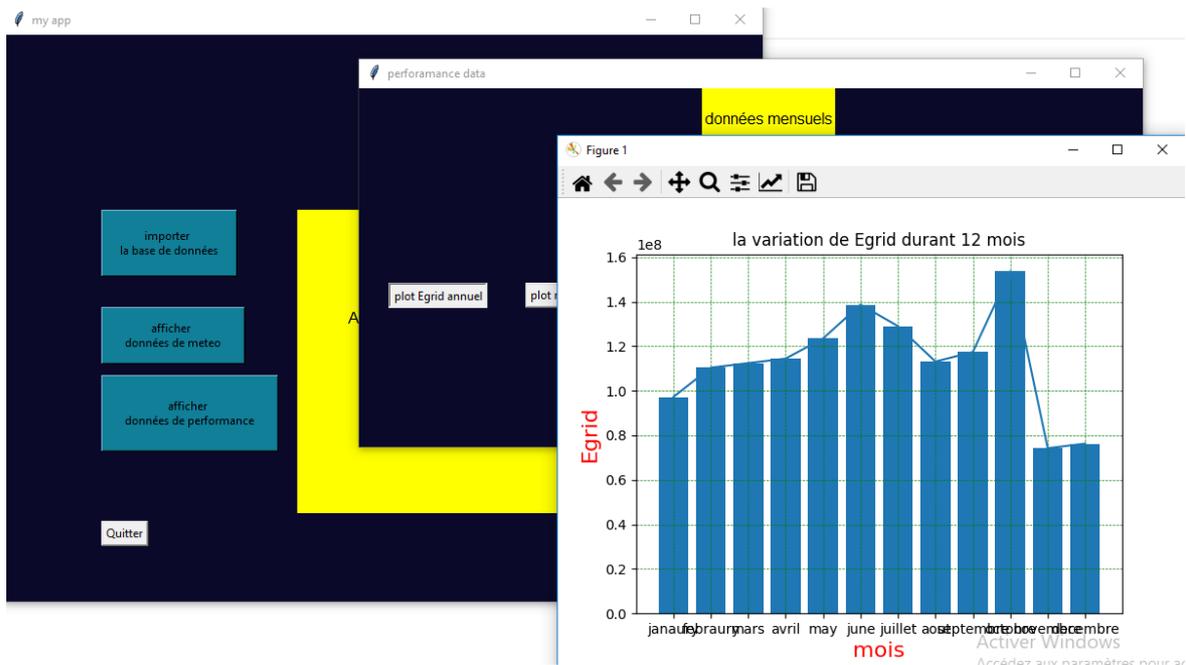


Figure 3.17 : fenêtre des figures

```
x = np.array(["janeury", "febraury", "mars", "avril", "may", "june", "juillet", "aout", "septembre", "octobre", "nov", "dec"])
y = np.array([s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8, s9, s10, s11, s12])

font1 = {'family': 'serif', 'color': 'blue', 'size': 20}

font2 = {'color': 'red', 'size': 16}

plt.xlabel("mois", fontdict = font2)
plt.ylabel("Egrid", fontdict = font2)
plt.title("la variation de Egrid durant 12 mois")
plt.plot(x, y)
plt.grid(color = 'green', linestyle = '--', linewidth = 0.5)
plt.bar(x, y)
plt.show()

def graphegrid():
    df1 = pd.read_excel(r'C:\Users\Condor\Desktop\ff\Egrid.xlsx', sheet_name = "EGRID")
```

Figure 3.18 : le code de Python de la bibliothèque Tkinter

### 3.5.6 Fenêtre de données pour chaque journée

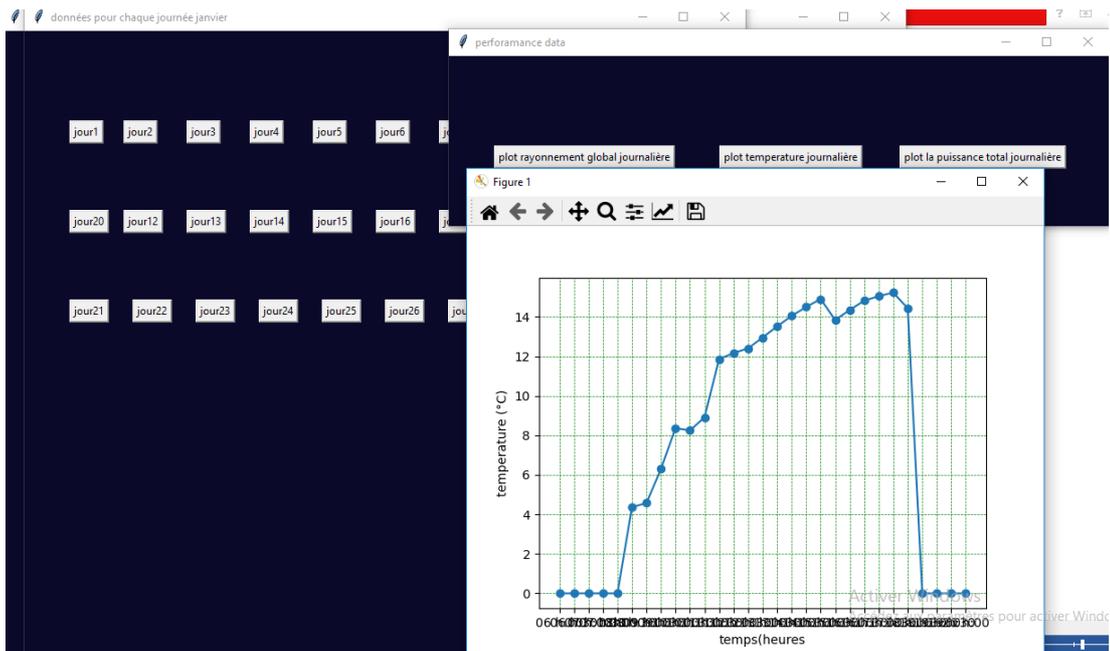


Figure 3.19 : fenêtre de données pour chaque journée

### 3.6 Présentation graphique des données du site de la centrale PV El Bayadh

Les Figures suivantes illustrent les données enregistrées durant la première journée du mois de juin 2020.

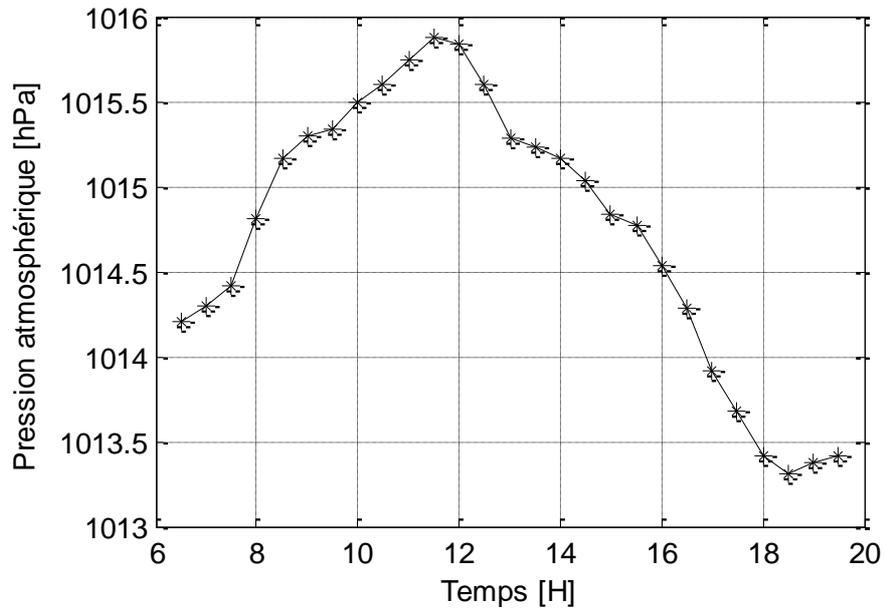


Figure 3.20 : La pression atmosphérique durant la journée du 01 juin 2020.

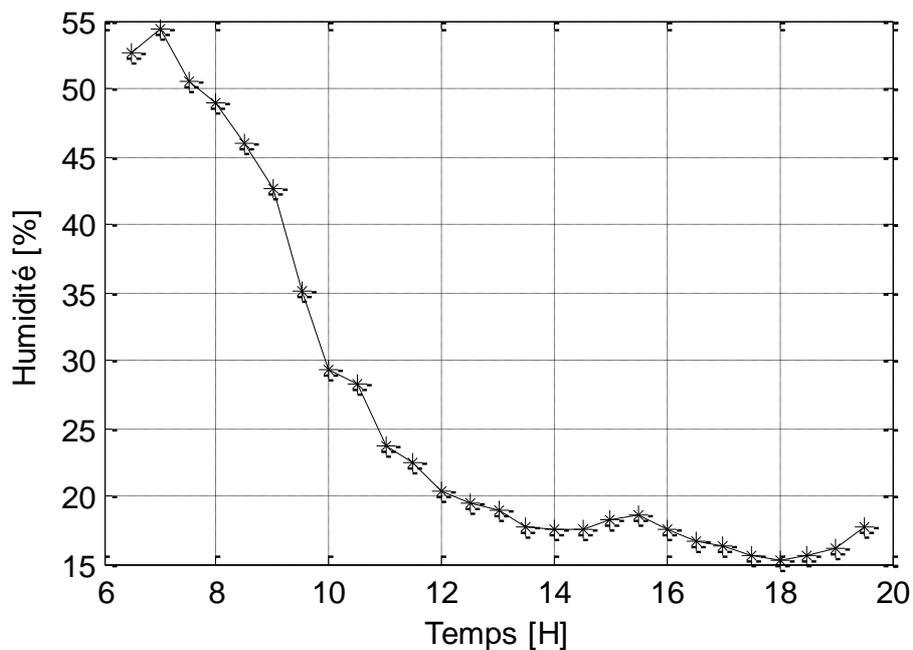


Figure 3.21 : L'humidité durant la journée du 01 juin 2020.

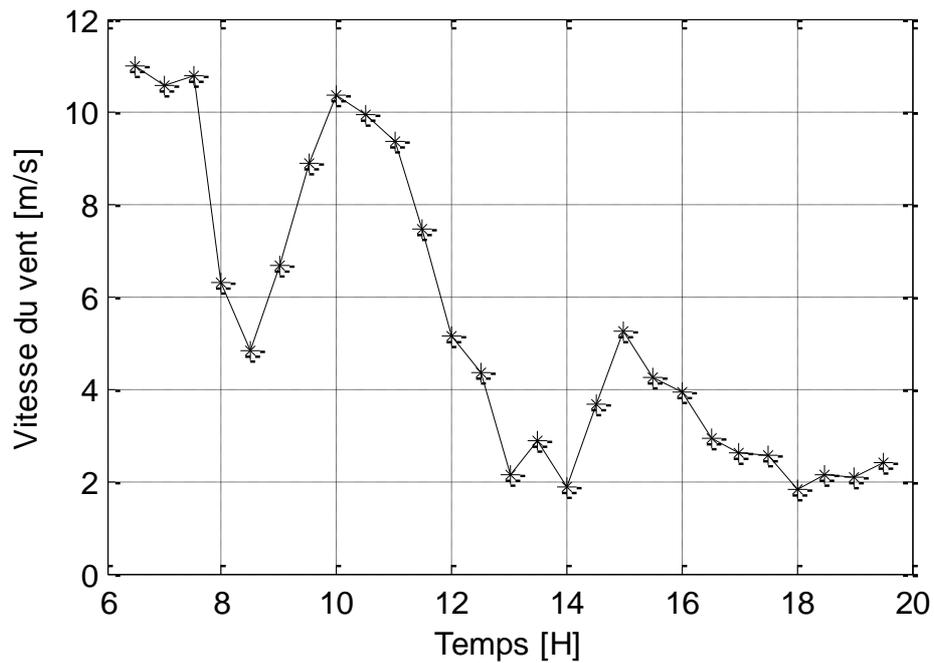


Figure 3.22 : La vitesse du vent durant la journée du 01 juin 2020.

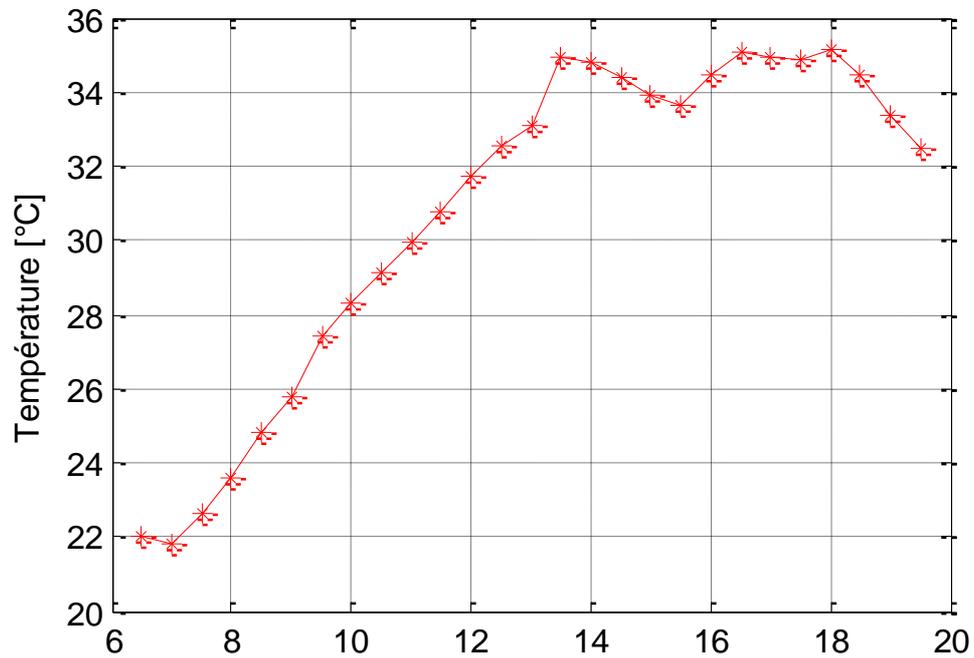


Figure 3.23 : La température durant la journée du 01 juin 2020.

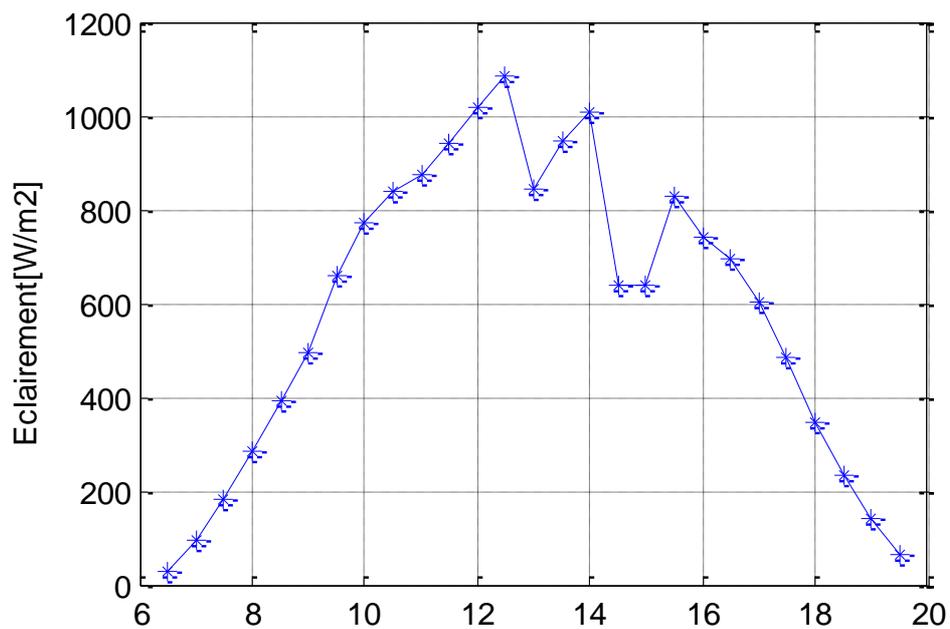


Figure 3.24 : L'éclairement durant la journée du 01 juin 2020.

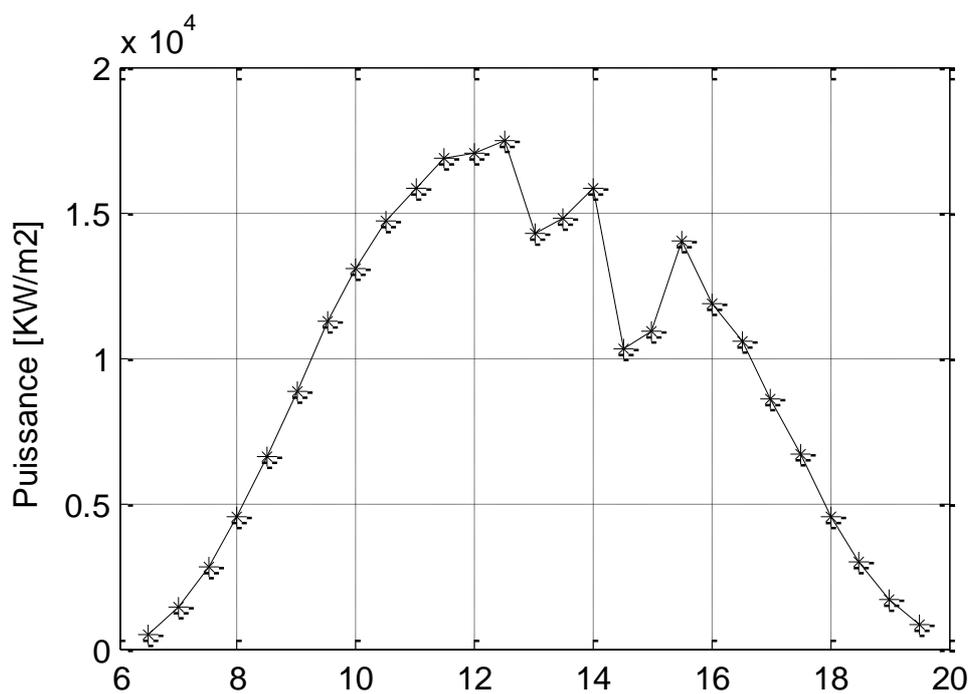


Figure 3.25 : La puissance durant la journée du 01 juin 2020.

Les Figures suivantes illustrent les données enregistrées durant le mois de juin 2020.

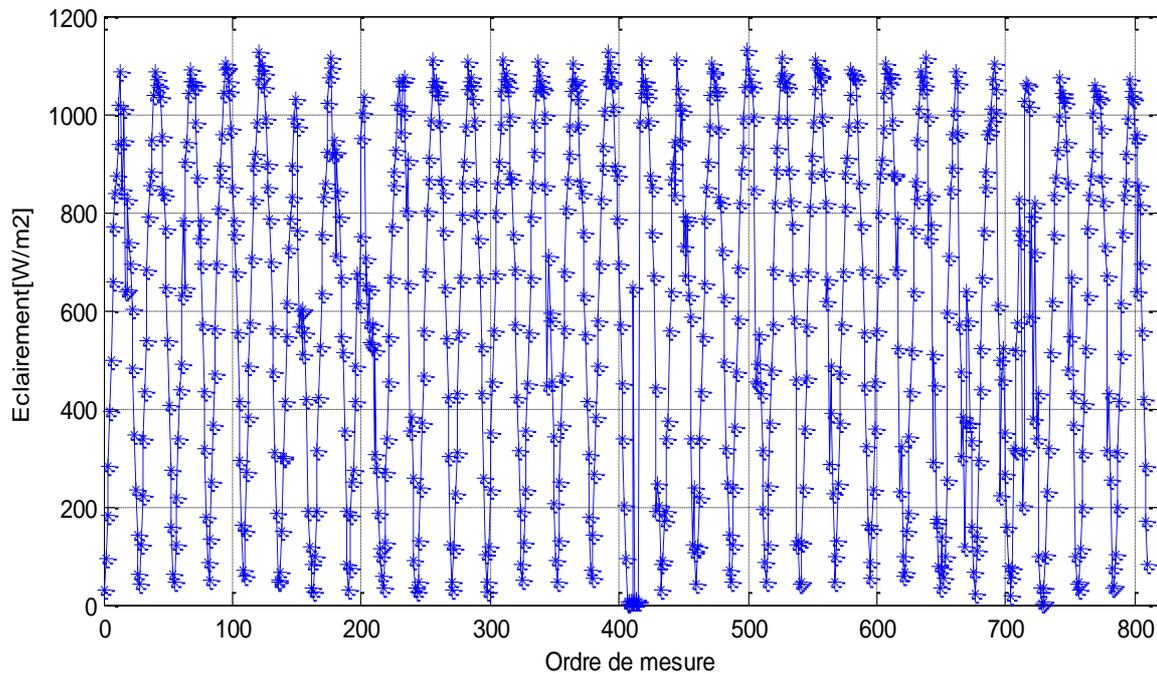


Figure 3.26 : L'éclairement durant le mois de juin 2020.

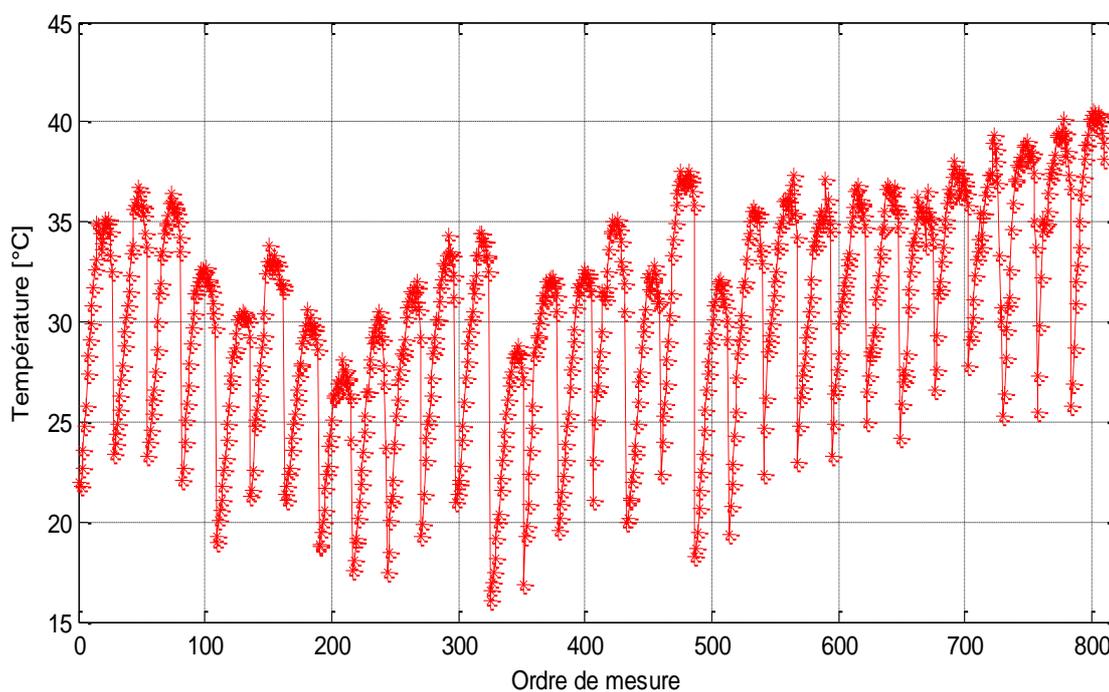


Figure 3.27 : La température durant le mois de juin 2020.

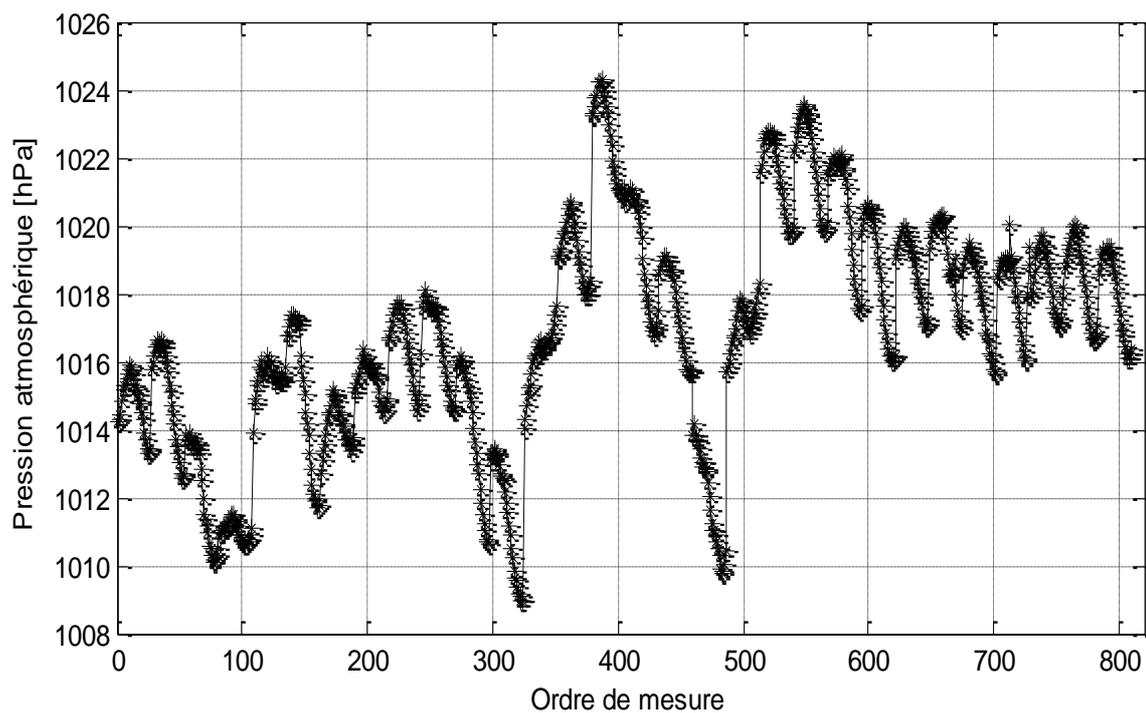


Figure 3.28 : La pression atmosphérique durant le mois de juin 2020.

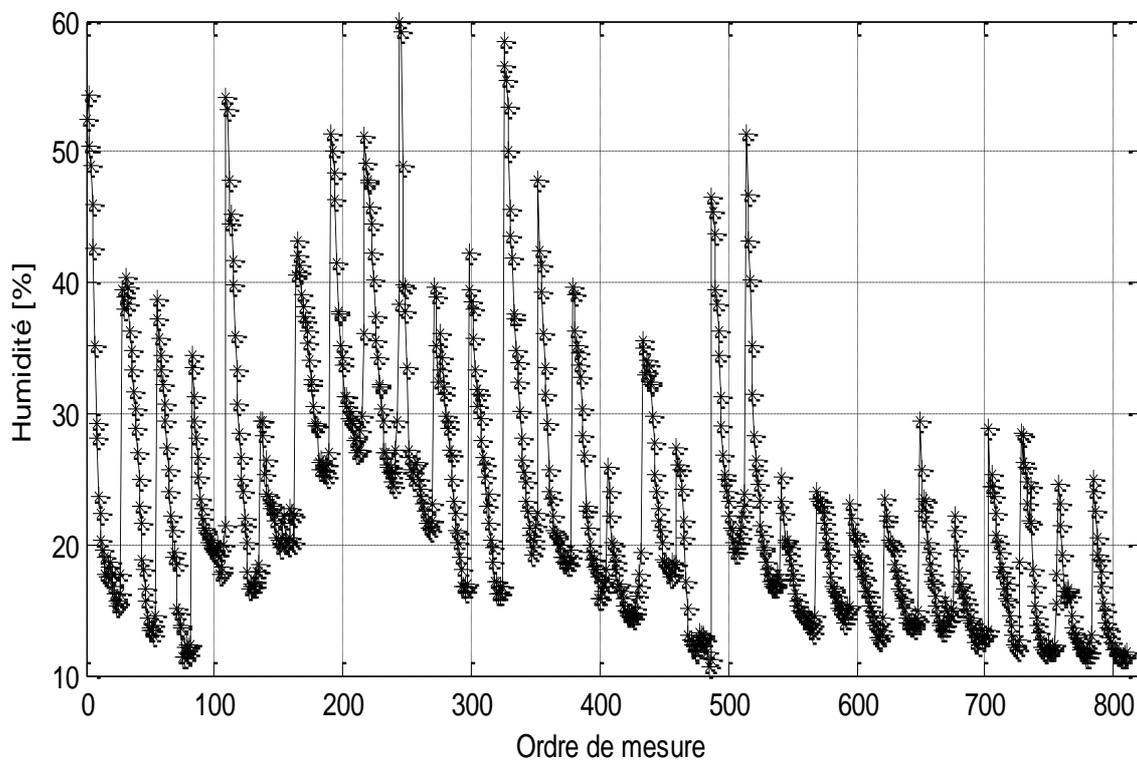


Figure 3.29 : L'humidité durant le mois de juin 2020.

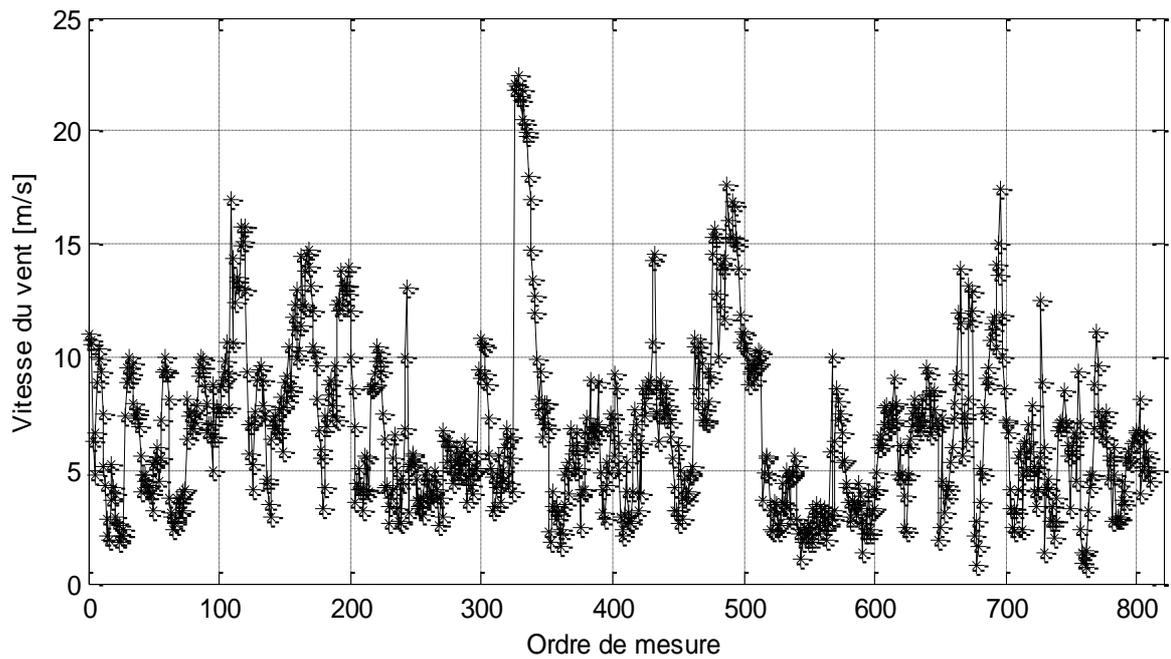


Figure 3.30 : La vitesse du vent durant le mois de juin 2020.

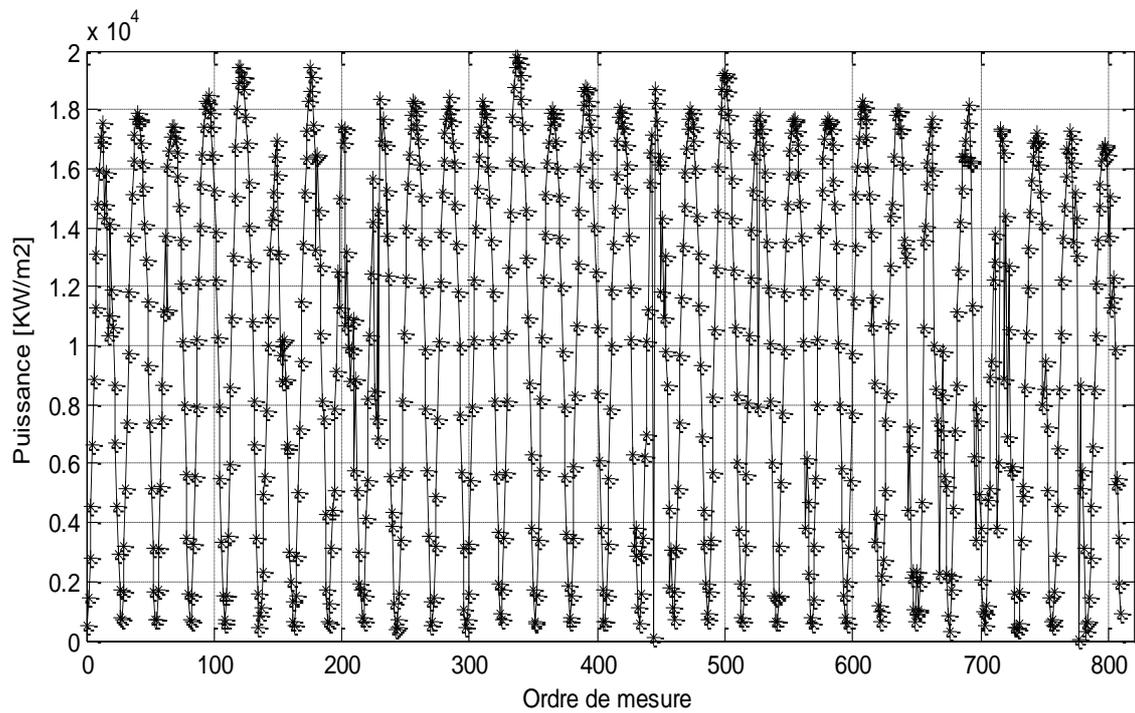


Figure 3.31 : Puissance fournie par la centrale durant le mois de juin 2020.

### 3.7 Analyse de performance de la centrale

#### 3.7.1 Rendement de référence :

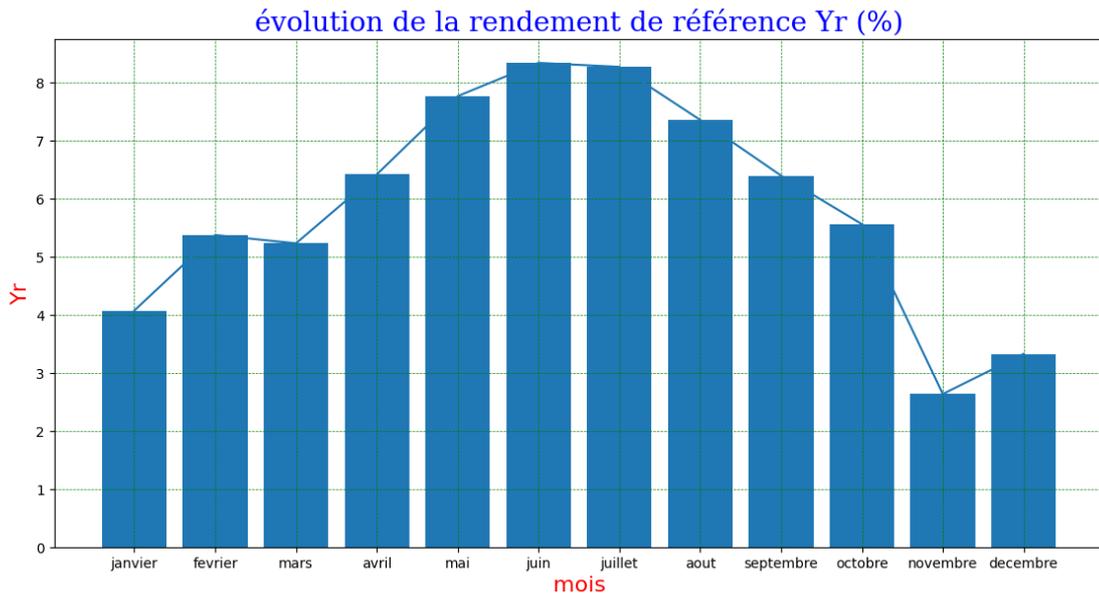


Figure 3.32 : évolution de rendement de référence de rendement de référence Yr (%)

Le mois présentant le plus haut rendement de référence est le mois de juin.

Le mois présentant le rendement de référence le plus bas est le mois de novembre.

#### 3.7.2 Évolution de rendement de système PV :

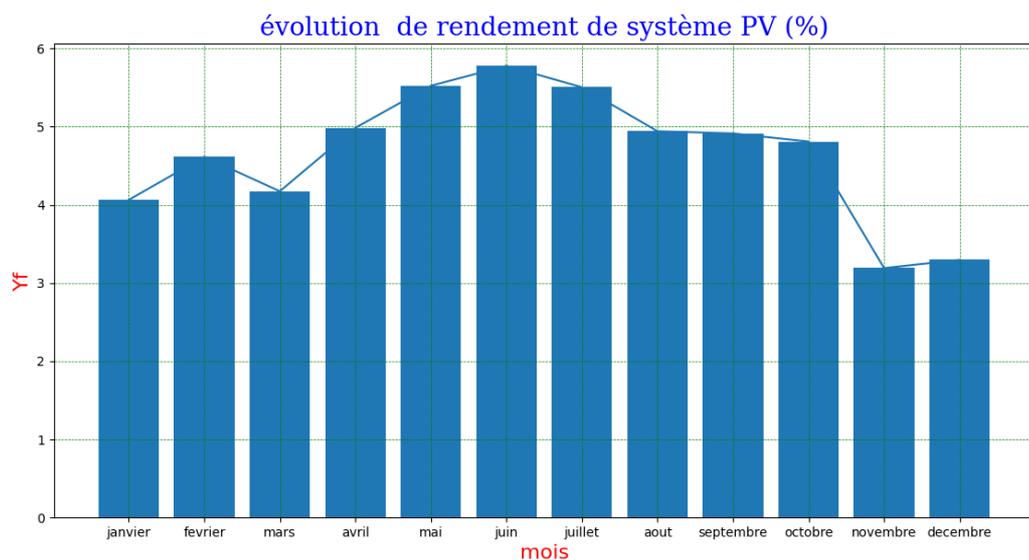


Figure 3.33 : évolution de rendement de système PV (Yf%)

Le mois présentant le plus grand rendement du système c'est : le mois de juin.

Le mois avec le plus bas rendement du système c'est le mois de novembre.

### 3.7.3 Evolution de l'indice de performance

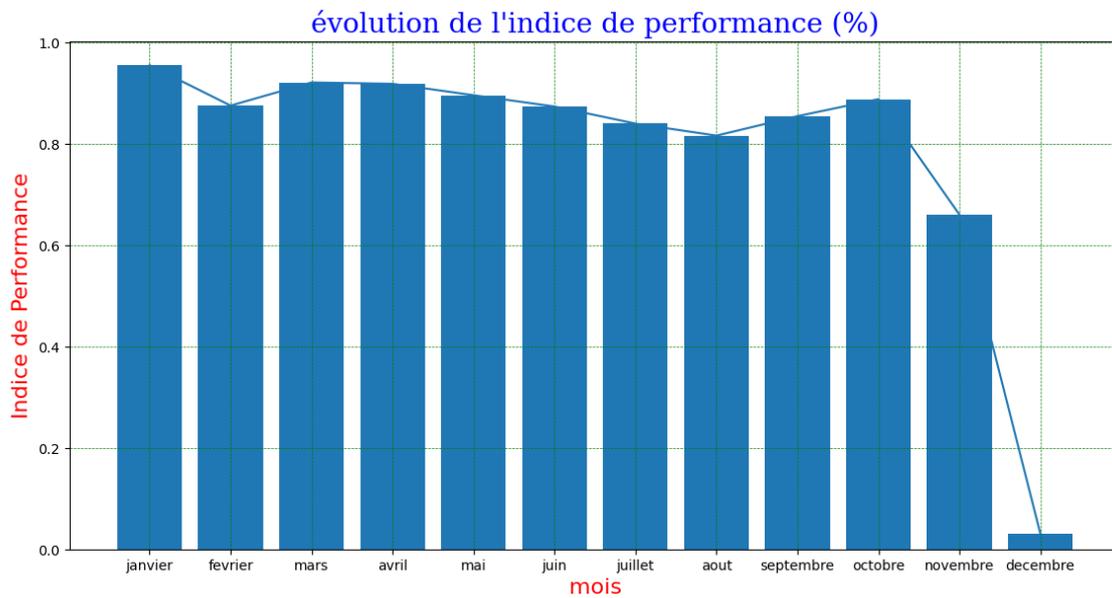


Figure 3.34 : évolution de l'indice de performance (PR%)

De cette figure, nous remarquons que :

- Le mois maximum pour l'indice le rendement du système c'est : le mois de juin.
- Le mois minimum pour le rendement du système c'est le mois de novembre et décembre (novembre et décembre manque de données).

### 3.9 Conclusion

L'analyse des performances de la centrale PV d'El Bayadh sur une durée de 12 mois de fonctionnement couvrant l'année 2020 et dont la capacité est de 24 MWc nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- L'énergie Egrid fournie au réseau atteint de grandes valeurs durant les mois les plus ensoleillés juillet et octobre. On constate qu'elles sont proportionnelles avec le rayonnement global. Cette énergie diminue quand la température augmente.
- Les rendements de référence et du système atteignent des valeurs qui attestent le bon état de la centrale PV.
- L'indice de performance normalisé annuel (PR) présente une valeur de 0.82%. Donc la centrale lebioud sidi cheikh présente un indice de performance important qui confirme son bon état de fonctionnement (pas de dégradation). C'est logique, la centrale est neuve et ne présente aucun signe de dégradation.

Le travail effectué dans ce chapitre nous a permis de nous familiariser avec le traitement et l'analyse des données d'une centrale PV, de développer les programmes permettant d'effectuer cette analyse avec facilité, de déterminer et de calculer les différents rendements d'une centrale PV afin de vérifier ses indices de performances et donc avoir une idée sur sa santé..



## Conclusion générale

L'Algérie a adopté en 2011 une stratégie ayant pour objectif de produire d'ici 2030, 40% d'électricité à partir de ressources renouvelables. En effet, un plan à long terme sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique a été adopté visant la mise en place de 22.000 MW de capacité installée entre 2011 et 2030 dont 12.000 MW pour couvrir la demande nationale et 10.000 MW pourraient être exportés, si des garanties d'achat à long terme et des financements extérieurs étaient sécurisés. Ce programme prévoyait initialement la réalisation, jusqu'à 2020, d'une soixantaine de centrales solaires photovoltaïques et solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides.

Les centrales PV sont comme toute autre installation assujetties à une dégradation des performances durant le temps. D'où le besoin d'un suivi rigoureux de son état de fonctionnement surtout qu'elles opèrent généralement dans des conditions de stress liées aux variations des conditions de travail (éclairage, vent de sable et température ambiante). Notre étude porte sur l'une des 23 centrales photovoltaïques installées récemment et dont la capacité est de 24 MWc. Il s'agit de la centrale Lebiod sidi cheikh installée dans la wilaya d'El Bayadh.

Cette centrale représente un mégaprojet qui fait partie d'un programme national de production de l'électricité à partir des énergies renouvelables. Elle s'étale sur une superficie de 39.2 ha avec 93792 panneaux photovoltaïques de type CS6P-255P (silicium polycristallin) réparties en deux champs El Baydh 1 et El bayadh2. Elle comporte des boîtes de jonctions, des onduleurs, une armoire de communication des charges et une salle de contrôle. En plus d'une mini station pour la mesure des données météorologiques.

Les performances de la centrale ont été calculées suivant les recommandations de la norme CEI 61724. Les valeurs obtenues pour la période d'étude qui couvre une année de fonctionnement nous ont permis de constater que :

- L'énergie Egrid fournie au réseau atteint de grandes valeurs durant les mois les plus ensoleillés juillet et octobre. On constate qu'elles sont proportionnelles avec le rayonnement global. Cette énergie diminue quand la température augmente.

- Les rendements de référence et du système atteignent des valeurs qui attestent le bon état de la centrale PV.
- L'indice de performance normalisé annuel (PR) présente une valeur de 0.82% Donc la centrale lebioud sidi cheikh présente un indice de performance important qui confirme son bon état de fonctionnement (pas de dégradation). C'est logique, la centrale est neuve et ne présente aucun signe de dégradation.

Comme perspective au présent travail, il serait intéressant d'élargir cette analyse des performances sur d'autres centrales PV pour comparer les technologies utilisées d'un côté et l'influence des conditions du site aussi sur les centrales qui pourrait guider les décisions du choix du site pour les futures centrales PV connectées au réseau en Algérie.

## **Bibliographie et Webographie**

- [1] [www.mteer.gov.dz](http://www.mteer.gov.dz) – Ministère de la transition énergétique
- [2] [www.les-energies-renouvelables.eu](http://www.les-energies-renouvelables.eu).
- [3] [www.radioalgerie.dz](http://www.radioalgerie.dz) – article le 24/10/2017 –SKTM une filiale de sonelgaz au coeur du programme national des énergies renouvelables.
- [4] Sara cherief - Mohamed Haddad- article le 04/03/2019- l'énergie solaire un moteur du développement durable en algérie Hneini mema babe.
- [5] Algerian Renewable Energy Resource Atlas- 1<sup>er</sup> édition 2019- CDER- centre de développement des énergies renouvelables.
- [6] [www.sktm.dz](http://www.sktm.dz) - sharikat el kahraba we taket el-moutajadida.
- [7] A. Chouder, F. Cherfa, A. Hadj Arab, S. Silvestre, et R. Oussaid – article 2007 ouejda- Etude comparative de simulation entre PVsyst3 et PSpice de la centrale photovoltaïque connectée au réseau du CDER.
- [8] [www.energy.gov.dz](http://www.energy.gov.dz)
- [9] [www.cder.dz](http://www.cder.dz)
- [10] [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)
- [11] Rapport de statge-sktm.
- [12] [www.canadian solar.com](http://www.canadian solar.com)
- [13] [www.webstore.iec.ch.com](http://www.webstore.iec.ch.com)
- [14] [www.python.org](http://www.python.org)
- [15] [www.pandas.pydata.org](http://www.pandas.pydata.org)
- [16] [www.numpy.org](http://www.numpy.org)
- [17] [www.matplotlib.org](http://www.matplotlib.org)
- [18] [www.docs.python.org](http://www.docs.python.org)



