Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre et l'Univers

Géographie et Aménagement de Territoire

MEMOIRE

Pour l'obtention du Diplôme de Master « L.M.D »

En Climatologie Hydrologie et Territoire

Changement Climatique et Efficacité Énergétique des Panneaux Solaires dans la Wilaya de SAIDA

Présentée et soutenue publiquement par :

Mlle RAHIM Imène Nour El-Houda

Devant le jury composé de :

Mme OUIS Seddika	MAA-Université d'Oran 2	Présidente
Mme CAID Nabila	MCA-Université d'Oran 2	Encadrante
Mme DIAF Attaouia	MAA-Université d'Oran 2	Examinatrice

2024 - 2025

Remerciement

Avant toute chose, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant qui m'a donné la force, la patience et la volonté d'accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadrante « Mme CAID Nabila », pour sa précieuse aide, ses conseils judicieux, sa disponibilité et son accompagnement tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également le jury de soutenance pour l'intérêt porté à mon travail et pour leurs remarques enrichissantes.

Mes sincères remerciements vont aussi à tous les enseignants du département, particulièrement « Mr. BENKHEIRA Mohamed El-Amine ».

Je remercie chaleureusement l'ingénierie de la centrale solaire de Saïda pour leur collaboration et leur accueil lors de mon enquête de terrain.

Enfin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à ma famille, en particulier à mes parents, mon frère « OUSSAMA » et ma sœur « GHOFRAN » pour leur amour, leur soutien moral constant et leurs encouragements, ainsi qu'à mes amis pour leur présence et leur motivation durant ce parcours.

Dédicace

- ***À mes chers parents,***
  Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices, vos prières et votre soutien sans faille. Ce travail est le fruit de votre présence dans ma vie.

- ***À mes frères et sœurs*,**
  Merci pour vos encouragements constants et votre compréhension tout au long de ce parcours.

- ***À mes amis(es) fidèles*,**
  Pour votre soutien moral, vos mots d'encouragement et votre bienveillance.

- Je vous dédie ce modeste travail avec tout mon respect et ma reconnaissance.

Imène

Liste des figures

Figure 01:Différentes sources d'énergies renouvelables 5
Figure 02: Energie solaire thermique 6
Figure 03: Energie solaire photovoltaïque 6
Figure 04: Formes d'exploitations de l'énergie biomasse 7
Figure 05: Energie biomasse 7
Figure 06: Energie éolienne 8
Figure07: Energie hydraulique 8
Figure 08: Les types de géothermie 9
Figure 09: Energie géothermique 9
Figure 10: Le rayonnement solaire. 10
Figure 11: De la cellule à l'installation photovoltaïque 11
Figure 12: Les 3 groupes des cellules 11
Figure 13 : Les types des cellules photovoltaïques 12
Figure 14: Photon incident crée une paire électron / trou 13
Figure 15: Circuit équivalent à une diode modélisant la cellule photovoltaïque (de gauche à droite, générateur de courant, diode, résistance parallèle Rp et résistance série Rs). 13
Figure 16: Tests sur deux cellules solaires de même type en variant le taux d'irradiation et représentation courant-tension (I-V) et puissance-tension (P-V) correspondants. 15
Figure 17: La relation entre l'humidité relative et la puissance PV 16
Figure 18: Evolution du rendement journalier du module en fonction de sa température moyenne 17
Figure 19: Réseau de caractéristique I= f(U) suivant une température de module variable 17
Figure 20: Evolution de la puissance fournie par une cellule PV lorsque sa température de fonctionnement augmente 18
Figure 21 : Cycle des facteurs contribuant aux impacts de l'accumulation de poussière sur les panneaux photovoltaïques (PV) 19
Figure 22: Quantité d'énergie produite en temps nuageux 20
Figure 23 : Capacité de l'Algérie dans la production de l'électricité en 2021.....23
Figure 24: Situation géographique des centrales photovoltaïques 25
Figure 25: Répartition des centrales photovoltaïques en Algérie selon les régions....26
Figure 26: Réseau algérien d'électricité (2016) 26
Figure 27: Localisation géographique de la wilaya de SAIDA 31
Figure 28: Organisation administrative de la wilaya de SAIDA 32
Figure 29: Carte de densité et population de la wilaya de SAIDA 2023. 33
Figure 30: Données climatiques de la wilaya de SAIDA (1996 à 1999) 35
Figure 31: Données climatiques de la wilaya de SAIDA de 1996 à 1999 36

Figure 32 : Diagramme ombrothermique de la station de SAIDA 37
Figure 33: Climagramme Emberger de la station de SAIDA (1996-1999) 38
Figure 34: Données climatique par années de 2000 à 2024.....42
Figure 35: Diagramme ombrothermique de la station de SAIDA 43
Figure 36: Climagramme d'Emberger de la station de SAIDA des deux périodes (1996-1999) et (2000-2024).....44
Figure 37 : Localisation de la centrale photovoltaïque « d'Ain Skhona ».....45
Figure 38: Les données énergétiques d'Avril 2019 46
Figure 39: Les données énergétiques saisonnières en 2023.....47
Figure 40: Les données énergétiques saisonnières en 2024.....49
Figure 41 : Les données énergétiques de la wilaya de SAIDA 2019-2023-2024 50
Figure 42: Schéma de l'installation photovoltaïque d'Ain Skhouna. 54

Liste des tableaux

Tableau n°01: les centrales photovoltaïques en Algérie (Babe, 2018) 24
Tableaun°02: Estimation de la population par commune au 31/12/2023.....33
Tableau n°03: les données climatiques de température (T.Moy(°C), Tmax(°C), Tmin(°C) et précipitations et nombre de jour de pluie annuel (1996 à 1999) de la wilaya de SAIDA. 34
Tableau n°04 : les données climatiques de la wilaya de SAIDA de 1996 à 1999 (Vmoy(m /s), Vmax(m/s), INSOLATION (kWh/m2), Humidité (%), Sirocco annuel). 36
Tableau n°05 : les données climatiques de température (T.Moy(°C), Tmax(°C), Tmin(°C) et précipitations (1996 à 1999) de la wilaya de SAIDA.....37
Tableau n°06: les données climatique (T(ºC), T. max moyenne(ºC), T. min moyenne(ºC), Précipitation(mm)) par années de 2000 à 2024 41
Tableau n°07 : les données énergétiques d'Avril 2019.....46
Tableau n°08 : Les données énergétiques saisonnières (janvier ; avril ; juillet ; octobre) en 2023 47
Tableaun°09 : Données énergétiques des saisons (janvier ; avril ; juillet ; octobre) de 2024 48
Tableaun°10 : Les données énergétiques de la wilaya de SAIDA 03/04/2019-2023-2024.....50

Liste des abréviations

CO_2 : Dioxyde de carbone

ENR : Énergies Renouvelables

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

IR : Irradiation

KWh : Kilowattheure

MW : Mégawatt

MWc : Mégawatt crête

ONM : Office National de la Météorologie

PR : Performance Ratio

PRC : Pertes relatives de conversion

PS : Panneaux Solaires

PV : Photovoltaïque

RH : Humidité Relative

SKTM : ShariketKahrabawa Taket Moutadjadida

T° : Température

Ta : Température ambiante

Tm : Température de module

V moy : Vitesse moyenne du vent

Liste des photos

Photo 01 : : Effet d'ombrage photovoltaïque……21

Photo 02 : Cellule solaire PV recouverte de gouttelettes d'eau provenant de la rosée ou de la pluie……22

Photo 03 : Antiquité dans la période préhistoire……30

Photo 04 : antiquité dans la période Arabo-musulmane……31

Photo 05 : La société SKTM d'Ain Skhouna (Saida)……53

Photo 06 : Les champs photovoltaïques de la centrale d'Ain Skhouna……...……55

Photo 08 : Machine mobile pour le nettoyage……56

Résumé :

Le changement climatique est reconnu comme l'un des plus grands défis environnementaux et socio-économiques mondiaux. Cette étude analyse l'impact du changement climatique sur l'efficacité énergétique des panneaux solaires dans la wilaya de Saïda, une région bénéficiant d'un ensoleillement favorable mais soumise à des conditions climatiques variables. En s'appuyant sur des données climatiques historiques (1996–2024) et sur l'analyse des performances de la centrale solaire « d'Aïn Skhouna », cette recherche met en évidence les principaux facteurs climatiques : température, ensoleillement, humidité, vent et poussière qui influencent le rendement photovoltaïque. Elle propose également des stratégies d'adaptation pour optimiser la performance des systèmes solaires dans un contexte de transition énergétique durable.

Mots clé : Changement climatique, Energie solaire, Panneaux photovoltaïques, Efficacité énergétique, Facteurs climatiques, Ensoleillement, Adaptation, Transition énergétique durable.

ملخص :

باعتبار التغير المناخي أحد أكبر التحديات البيئية والاجتماعية والاقتصادية في العالم .تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير التغيرات المناخية على الكفاءة الطاقوية للألواح الشمسية في ولاية سعيدة، وهي منطقة تتميز بإشعاع شمسي قوي ولكنها تعرف تقلبات مناخية متنوعة. اعتمدت الدراسة على بيانات مناخية تاريخية وتحليل أداء محطة عين سخونة للطاقة الشمسية، وخلصت إلى أن عوامل مثل درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، الرطوبة، الرياح والغبار تؤثر بشكل مباشر على مردودية الألواح الكهروضوئية .وتقترح الدراسة استراتيجيات تكيّف لتحسين أداء هذه الأنظمة للانتقال إلى الطاقات المتجددة في سياق التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية :التغير المناخية, الطاقة الشمسية,الألواح الكهروضوئية,الكفاءة الطاقوية,العوامل المناخية,الإشعاع الشمسي,التكيف,الانتقال الطاقوي المستدام.

Abstract:

Climate change is widely recognized as one of the greatest global environmental and socio-economic challenges. This study examines the impact of climate change on the energy efficiency of solar panels in the wilaya of Saïda, a region with high solar potential but subject to variable weather conditions. Using historical and recent climate data (1996–2024) and performance analysis of the Aïn Skhouna solar power plant, the research identifies key climatic factors, temperature, solar radiation, humidity, wind, and dust that affect photovoltaic output. It also suggests adaptation strategies to improve system performance in the context of a sustainable energy transition.

Keywords: Climate change, Solar energy, Photovoltaic panels, Energy efficiency, Climatic factors, Solar radiation, Adaptation, Sustainable energy transition

Sommaire:

Introduction générale 12

Objectif et problématique ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre 01 5

synthèses bibliographiques 5

1- Aperçu générale sur les énergies renouvelables 5

1.1- **Energie solaire** 5

1.2- Energie biomasse 6

1.3- Energie éolienne 7

1.4- Energie hydraulique 8

1.5- **Energie géothermique** 9

2- L'Energie solaire photovoltaïque 9

2.1-définition de l'énergie solaire photovoltaïque 9

2.2- Rayonnement solaire 10

2.3- Module photovoltaïque 10

2.4- les cellules photovoltaïques 11

3- Principe de fonctionnement 12

4- Les conditions climatiques influençant l'efficacité des panneaux solaires 13

4.1- Influence de l'irradiation 14

4.2- Influence de l'humidité 15

4.3- influence de la température 16

4.4- Influence de la poussière 18

4.5- le temps nuageux 19

4.6- l'influence du vent 20

4.7- Ombre 20

4.8- Pluie et rosé 21

5- Les énergies renouvelables en Algérie 22

5.1- Les sources des énergies renouvelables en Algérie 22

5.2- Energie photovoltaïque en Algérie 23

5.3. La société SKTM (Shariket Kahraba waTaket Moutadjadiada) 27

Chapitre 02 : 6

Présentation de la zone d'étude 6

1- Aperçu générale sur la wilaya de Saïda 29

1.1- Aperçu historique.....29
1.2- Localisation géographique 30
1.3- Organisation Administrative.....31
1.4- Contexte géomorphologique .....**Erreur ! Signet non défini.**
1.5- La population 33
1.6- Alimentation en énergie.....34
2. Contexte climatique 34
2.1- Climat.....34
2.2- Analyses climatiques 34
3. La performance des panneaux solaires dans la zone d'étude 38
Chapitre :0340Résultat et Discussion 40
1. Analyse climatique.....41
1.1. Les données climatique (2000-2024) 41
1.2. Comparaison entre les données climatiques de 1996 à 1999.....43
(Figure 33 /Tableau 04) et de 2000 à 2024 (figure 36/Tableau 06). 43
1.3. Climagramme d'emberger de la wilaya de SAIDA de (1996-1999) et (2000-2024) 44
2. Analyses des performances des installations solaires dans la wilaya de Saida 45
2.1. La présentation de centrale 45
2.2. Données énergétiques de mois d'Avril 2019 45
2.3. Données énergétiques saisonnières en 2023 47
2.4. Données énergétiques saisonnières en 2024 48
2.5. Tableau comparatif 50
3. Résultats de l'enquête menée auprès de la centrale solaire 51
3.1. Informations générales 51
3.2. Conditions et impact des paramètres climatiques sur l'efficacité des panneaux solaires (PS).....52
3.3. Maintenance et optimisation de l'efficacité 54
3.4. Evolution et recommandations 55
Conclusion générale.....**Erreur ! Signet non défini.**
Bibliographie.....61
Annex.....66

Introduction générale

Le changement climatique est aujourd'hui reconnu comme l'un des plus grands défis environnementaux et socio-économiques à l'échelle mondiale. Ses effets se traduisent par des variations extrêmes de température, des changements dans les régimes de précipitations et une fréquence accrue des événements climatiques extrêmes. Dans ce contexte, la transition énergétique vers des sources renouvelables, telles que l'énergie solaire, apparaît comme une nécessité urgente pour assurer un développement durable.

La présente étude s'inscrit dans cette dynamique et vise à analyser l'impact du changement climatique sur l'efficacité énergétique des panneaux solaires dans la wilaya de Saïda, une région bénéficiant d'un ensoleillement important mais exposée à des conditions climatiques variables. Il s'agit d'évaluer comment les paramètres climatiques, température, ensoleillement, humidité, vent et poussière, influencent les performances des installations photovoltaïques locales.

En s'appuyant sur des données climatiques historiques et récentes, ainsi que sur l'analyse du fonctionnement de la centrale solaire d'Ain Skhouna, ce travail propose d'identifier les défis posés par les conditions climatiques extrêmes et de recommander des stratégies d'adaptation pour améliorer la performance et la durabilité des systèmes solaires.

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont permis de mettre en évidence une influence significative des paramètres climatiques sur l'efficacité énergétique des panneaux solaires installés dans la wilaya de Saïda. L'analyse des données climatiques de la période 1996–2024 a révélé une tendance générale à la hausse des températures moyennes annuelles, accompagnée de fluctuations notables des précipitations. Ces changements ont un impact direct sur la performance des systèmes photovoltaïques, notamment durant les périodes estivales où l'ensoleillement est maximal mais où la surchauffe peut réduire l'efficacité des modules. Ces constats confirment l'importance de prendre en compte les effets du changement climatique dans les stratégies d'optimisation de la production solaire.

Objectifs et problématique

L'objectif principal de ce mémoire est d'analyser l’impact du changement climatique sur l’efficacité énergétique des panneaux solaires dans la wilaya de Saïda, tout en identifiant des solutions pour optimiser leur performance dans un contexte de transition énergétique durable. Il s’agira d’étudier les caractéristiques climatiques locales, notamment les variations de température, d’ensoleillement, d’humidité, et leur influence sur les performances des systèmes solaires. Une attention particulière sera portée à l’évaluation des pertes d’efficacité énergétique causées par ces variations climatiques et à la comparaison entre les performances réelles des panneaux installés dans la région et les attentes théoriques.

Dans le cadre de ce projet, et afin de mieux comprendre les réalités techniques et environnementales liées à l’exploitation de la centrale photovoltaïque dans la région de Saïda, un questionnaire a été élaboré et réalisé en collaboration avec un ingénieur de la centrale solaire. Cette démarche visait à recueillir des informations précises sur les performances de l’installation, les impacts climatiques observés, ainsi que les stratégies mises en place pour faire face aux variations saisonnières et aux effets du changement climatique. L’entretien avec cet expert a permis de compléter l’analyse documentaire par des données de terrain concrètes et actuelles, renforçant ainsi la validité et la pertinence des résultats de cette étude.

D’autre part, malgré les efforts de recherche et de collecte, certaines données (humidité) étaient indisponibles, ce qui a influencé le développement de la partie théorique du mémoire.

Problématique :

Le changement climatique représente l'un des plus grands défis de notre époque, avec des impacts significatifs sur l'environnement, l'économie et les modes de vie à l'échelle mondiale. Face à cette réalité, la transition énergétique s'impose comme une priorité, notamment à travers l'intégration des énergies renouvelables. Parmi ces solutions, les panneaux solaires occupent une place centrale grâce à leur capacité à produire une énergie propre et durable. Dans la wilaya de Saïda, caractérisée par un climat ensoleillé propice à l'exploitation de l'énergie solaire, l'efficacité énergétique des panneaux solaires revêt une importance particulière. Ce mémoire explore la relation entre les effets du changement climatique et les performances des panneaux solaires dans cette région, en mettant en lumière les opportunités et les défis pour maximiser leur rendement énergétique et contribuer à un développement durable local. A cet effet plusieurs questions sont posées :

- Quels sont les principaux facteurs climatiques qui influencent sur l'efficacité des panneaux solaires dans la wilaya de Saïda?
- Comment les variations saisonnières affectant-elles la production d'énergie des panneaux solaires dans cette région ?
- Quelle technique et technologie pouvant être mises en œuvre pour améliorer l'efficacité des panneaux solaires en fonction des conditions climatiques locales ?

Chapitre 01 :

Synthèses bibliographiques

1- Aperçu générale sur les énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables sont produites à partir de sources naturelles qui se renouvellent rapidement, bien au-delà de leur rythme de consommation. Parmi les exemples les plus courants, on trouve la lumière solaire et le vent, il existe dans notre environnement immédiat, que les experts exploitent de manière innovante pour répondre aux besoins énergétiques (Aline ,2024).

Ces énergies se distinguent par leur production fondée sur des ressources accessibles en permanence. Elles se classent en plusieurs catégories principales, notamment :

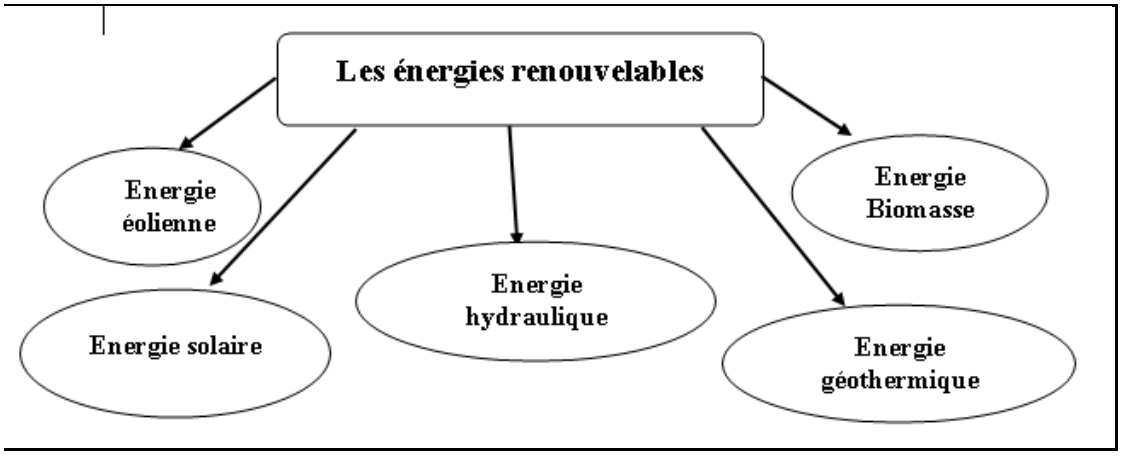


Figure 01:Différentes sources d'énergies renouvelables
(Rahim.I,2025)

1.1- **Energie solaire** :

L'énergie solaire, sous forme de rayonnement solaire, constitue la source d'énergie renouvelable la plus abondante sur Terre. Le Soleil émet une puissance de 90 000 térawatts (TW) vers notre planète, bien supérieure aux 14 TW consommés par l'ensemble de la population mondiale. Cette source inépuisable continuera à alimenter la Terre pendant des milliards d'années (BACHIRI & AINANA, 2020)

Elle se divise principalement en deux catégories :

- **L'énergie solaire thermique** : qui utilise la chaleur du Soleil pour diverses applications.

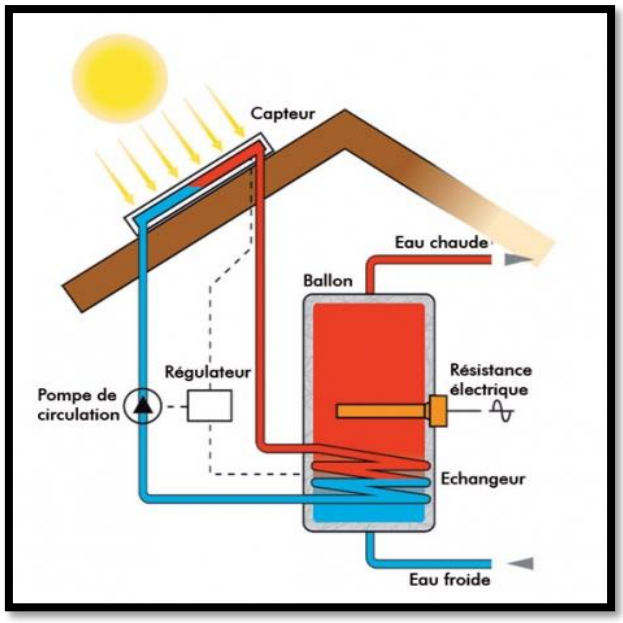


Figure 02: Energie solaire thermique (http://www.solarexsarl.ch/produits/solaire-thermique)/

- **L'énergie solaire photovoltaïque** : qui convertit directement la lumière solaire en électricité.

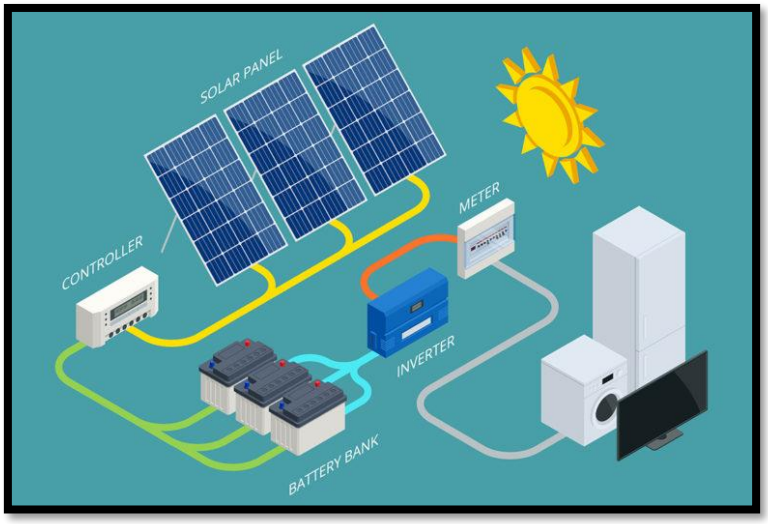


Figure 03: Energie solaire photovoltaïque (https://knowhow.distrelec.com/fr/sm-fr/technologie-solaire-photovoltaique-fluke)

1.2- Energie biomasse :

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale ou animale (CHAAB,A, 2018).

Elle constitue une source d'énergie renouvelable exploitée sous diverses formes principales :

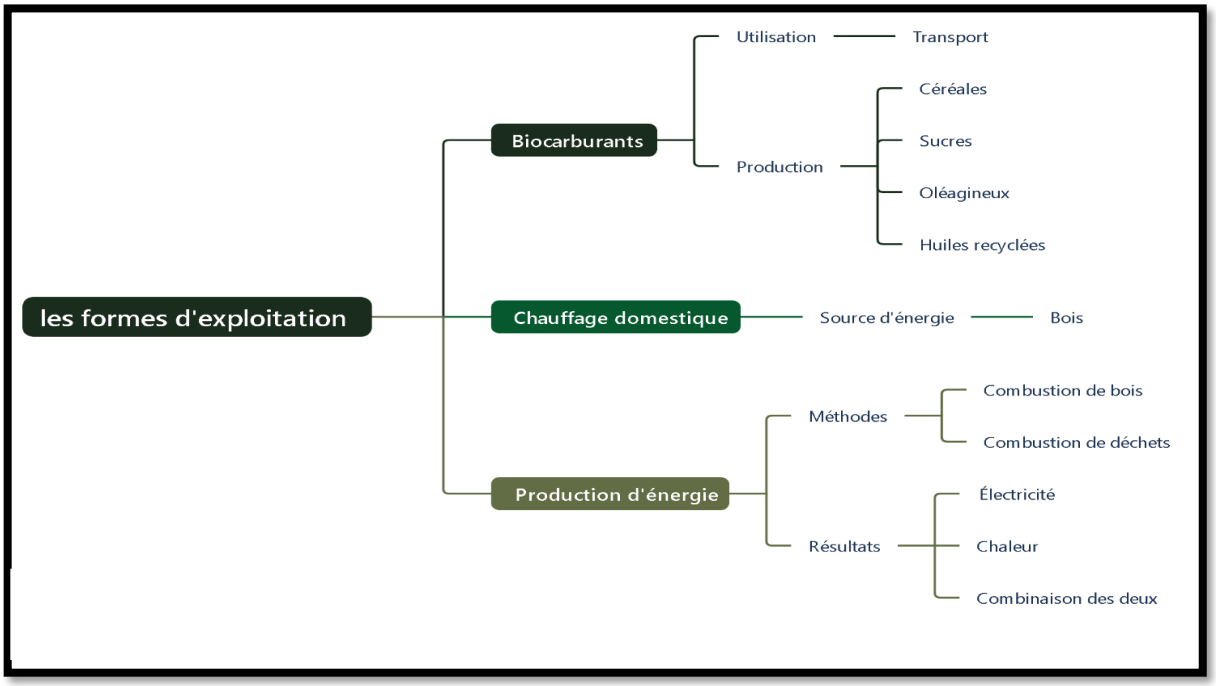


Figure 04: Formes d'exploitations de l'énergie biomasse (Réalisée sur www.monica.com par RAHIM.I 2025)

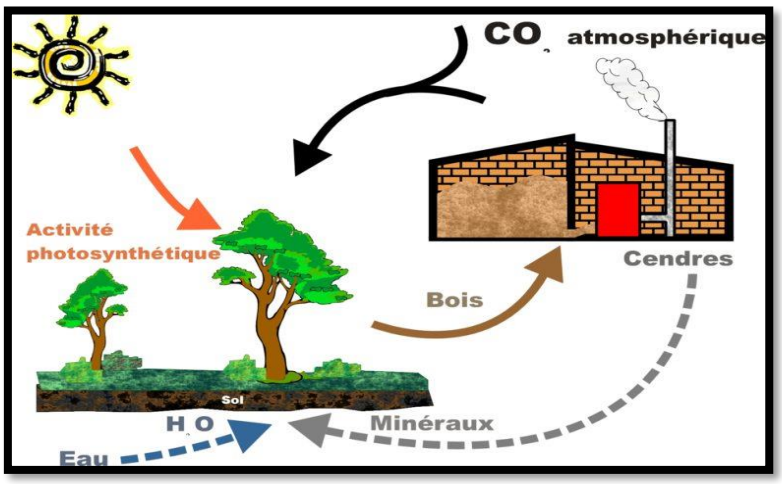


Figure 05: Energie biomasse(https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/la-biomasse-est-une-energie-renouvelable/)

1.3- Energie éolienne :

L'énergie éolienne est générée par la force du vent agissant sur les pales d'une hélice. Cette hélice est fixée à un arbre mécanique relié à différents systèmes. Selon

l'application, elle peut actionner des mécanismes pour moudre les grains ou pomper de l'eau, ou encore être connectée à un générateur qui convertit l'énergie mécanique en électricité (BACHIRI & AINANA, 2020)



Figure 06: Energie éolienne(https://fr.freepik.com/photos-vecteurs-libre/centrale-eolienne/5)

1.4- Energie hydraulique :

L'énergie hydraulique désigne l'énergie générée par le mouvement de l'eau sous diverses formes, telles que les chutes d'eau, les cours d'eau, les courants marins, les marées ou les vagues. Ce mouvement peut être exploité directement, par exemple au moyen d'un moulin à eau, ou transformé, comme c'est souvent le cas, en électricité grâce à une centrale hydroélectrique (CHAAB, 2018).

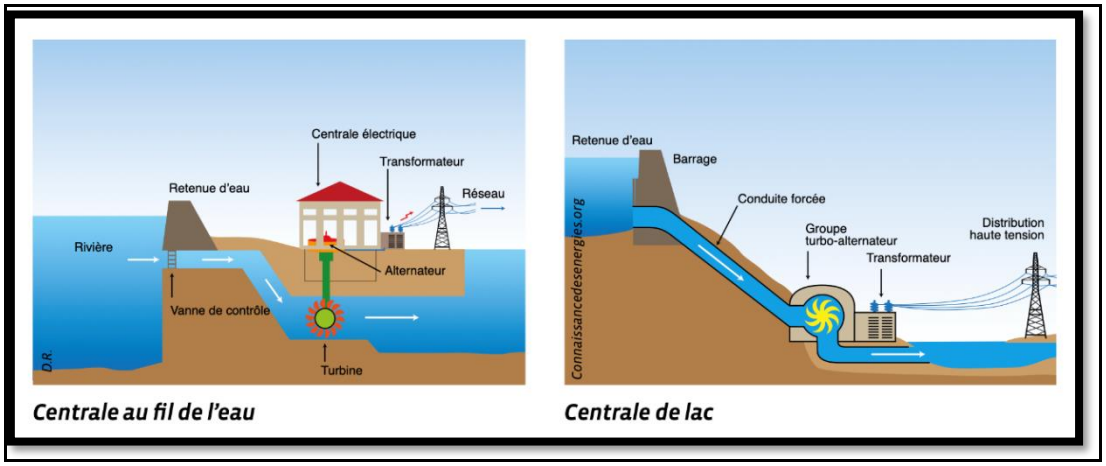


Figure07: Energie hydraulique (https://www.quiestvert.fr/contenus/electricite-verte/tout-ce-que-vous-devez-savoir-sur-lenergie-hydraulique/)

1.5- Energie géothermique :

L'énergie géothermique provient de la chaleur contenue dans la croûte terrestre et les couches superficielles du sol (CHAAB, 2018). Elle se divise en deux formes principales :

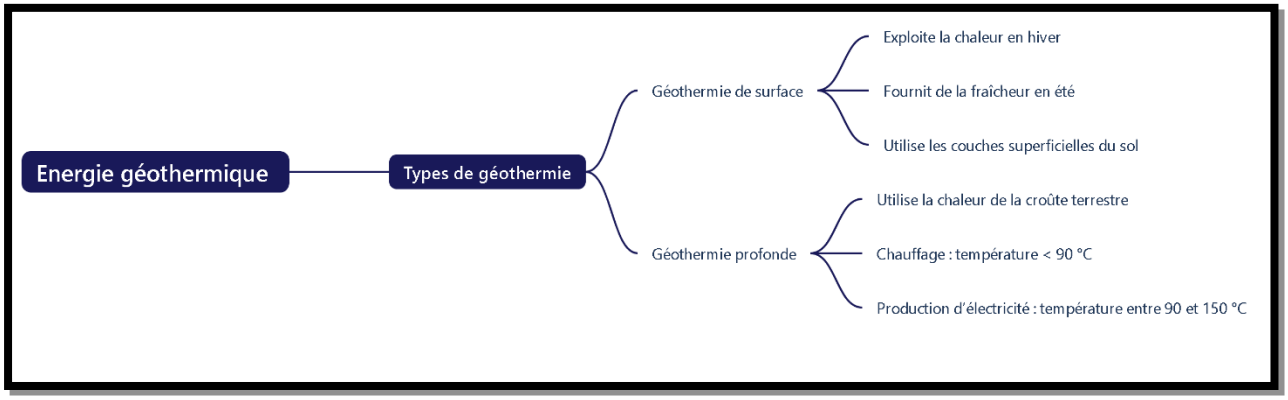


Figure 08: Les types de géothermie (Réalisé sur www.monica.com par Rahim.I.2025

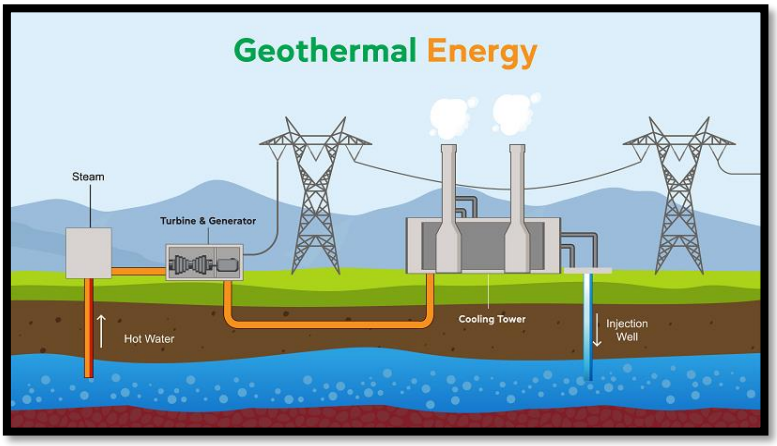


Figure 09: Energie géothermique

(Https://www.wtsenergy.com/fr/glossary/energie-geothermique/)

2- L'Energie solaire photovoltaïque :

2.1-Définition de l'énergie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable produite par la conversion directe du rayonnement solaire en électricité à l'aide des cellules photovoltaïques. Ces cellules, généralement fabriquées à partir de matériaux semi-conducteurs comme le silicium, exploitent l'effet photovoltaïque : un phénomène

physique par lequel la lumière du soleil génère un courant électrique lorsqu'elle interagit avec ces matériaux .

Cette technologie est utilisée dans divers systèmes, allant des petites installations domestiques (comme les panneaux sur les toits) aux grandes centrales solaires, contribuant à fournir une énergie propre, durable et respectueuse de l'environnement. (L'Agence internationale de l'énergie renouvelable).

2.2- Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire, produit par les réactions de fusion nucléaire au cœur du soleil, est la principale source d'énergie utilisée pour générer de l'électricité via les cellules photovoltaïques des panneaux solaires. Il émet un spectre d'ondes électromagnétiques allant des ondes radio aux rayons gamma, en transportant une énergie essentielle à la vie sur Terre, mesurée en watts par mètre carré (W/m^2). (Massylia, 2022)

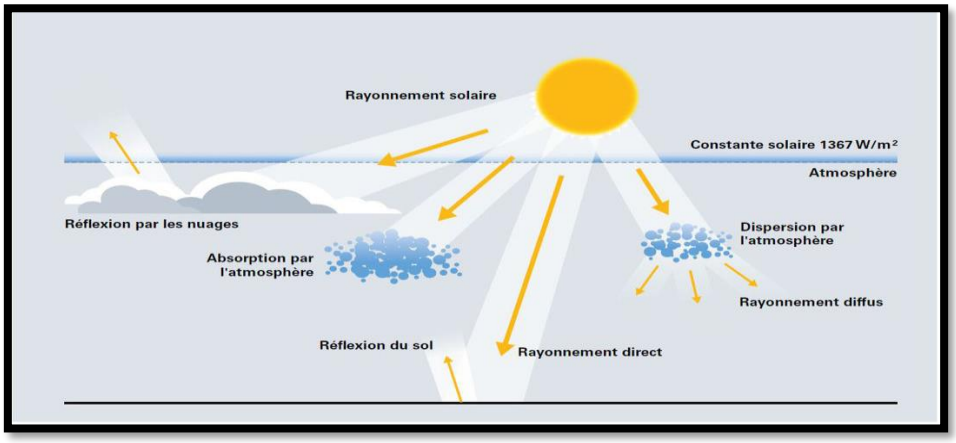


Figure 10: Le rayonnement solaire.

(Https://www.nouvenergie.fr/e-formation/solaire-1/)

2.3- Module photovoltaïque :

Le module photovoltaïque est composé de nombreuses petites unités appelées cellules photovoltaïques, reliées entre elles. Ces cellules représentent l'élément de base du système photovoltaïque et la partie active où se produit l'effet photovoltaïque. Elles captent l'énergie lumineuse (photons) et la convertissent en énergie électrique. (Massylia, 2022)

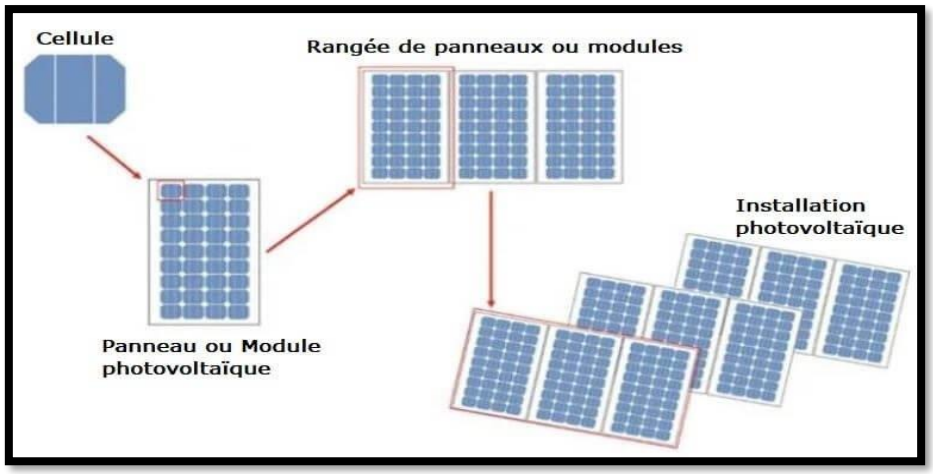


Figure 11: De la cellule à l'installation photovoltaïque

(Https://solaire-france.com/cellules-solaires/)

2.4- Les cellules photovoltaïques :

Il existe plusieurs types de cellules solaires photovoltaïques, chacune ayant un rendement et un coût spécifiques. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement demeure relativement faible, allant de 5 à 22 % de l'énergie qu'elles reçoivent (BERREGUI & ABSA, 2020).

Les cellules solaires peuvent être réparties en trois groupes, selon le matériau de base utilisé :

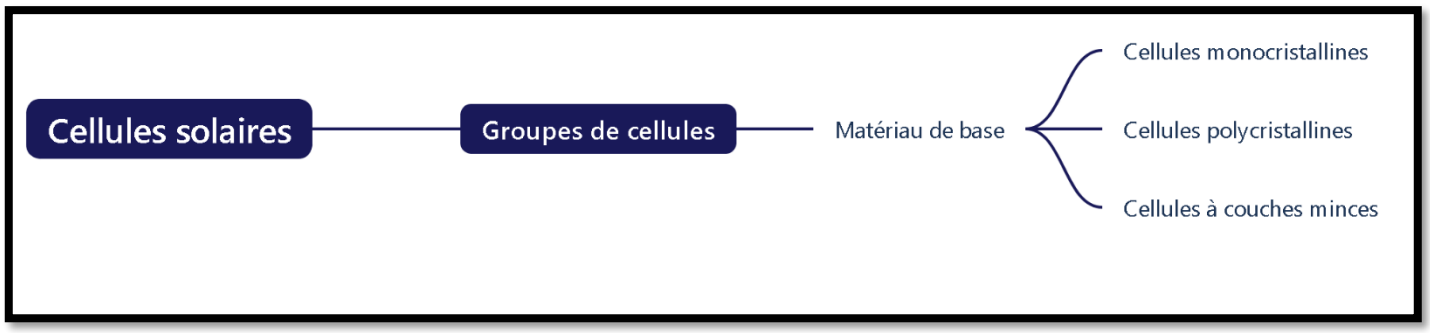


Figure 12: Les 3 groupes des cellules

(Réalisé sur www.monica.com par Rahim.I.2025)

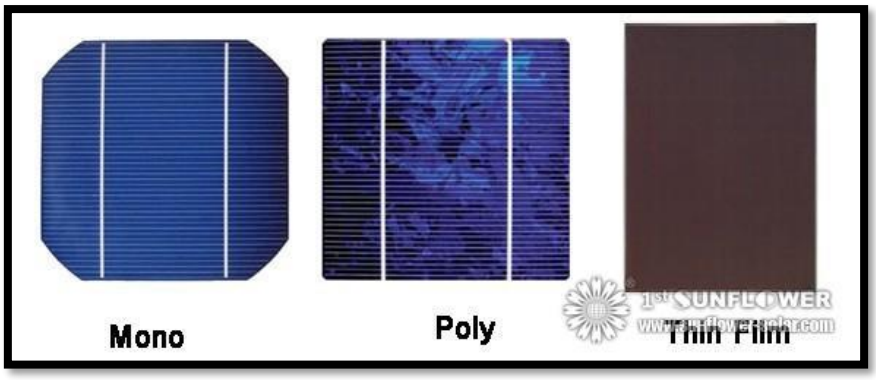


Figure 13 : Les types des cellules photovoltaïques(1st SunflowerRenewable Energy)

3- Principe de fonctionnement :

L'effet photovoltaïque se produit lorsqu'un photon est absorbé par un matériau semi-conducteur constitué de couches dopées "p"(positive) et "n" (négative), formant ainsi une jonction "p-n" (ou "n-p"). Le dopage génère un champ électrique permanent dans le matériau, similaire à un champ magnétique permanent dans un aimant. Lorsqu'un photon incident (grain de lumière) interagit avec les électrons du matériau, il transfère son énergie "hv" à un électron. Cet électron se libère alors de sa bande de valence et est entraîné par le champ électrique intrinsèque.

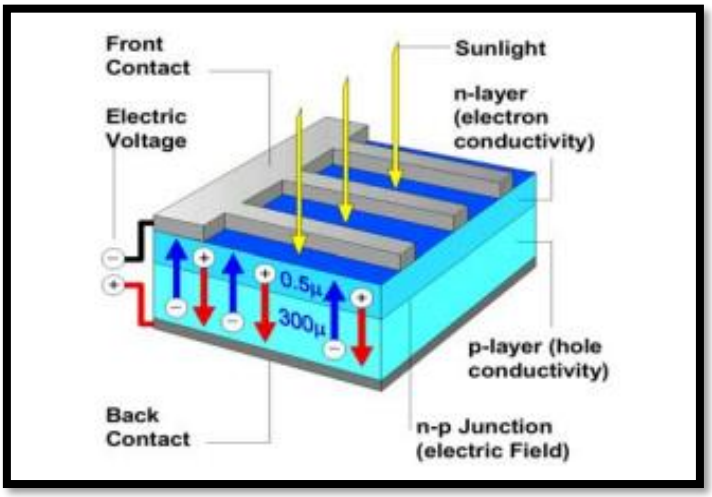


Figure (14) : Effet photovoltaïque
(BRUXELLE ENVIRONNEMENT.2009)

Sous l'effet de ce champ, l'électron migre vers la surface supérieure de la cellule, tandis qu'une lacune (trou) se déplace dans la direction opposée. Des électrodes, placées sur les faces supérieure et inférieure de la cellule, collectent les électrons et permettent de les diriger dans un circuit externe pour effectuer un travail électrique,

avant qu'ils ne rejoignent les lacunes de la face avant. (J. ROUZO, D. DUCHE, L. ESCOUBAS, F. FLORY, J. SIMON, P. TORCHIO, S. VEDRAINE, W. VERVISCH.2009).

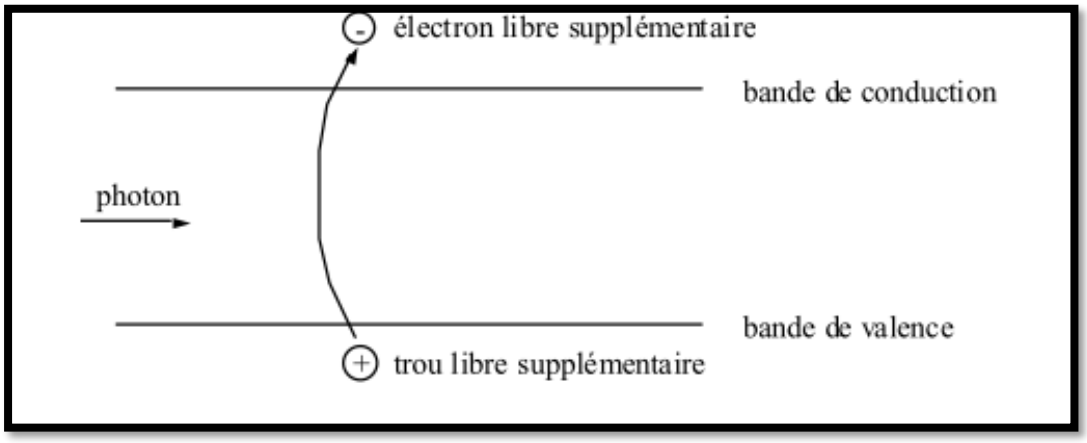


Figure 14: Photon incident crée une paire électron / trou (J. ROUZO, D. DUCHE, L. ESCOUBAS, F. FLORY, J. SIMON, P. TORCHIO, S. VEDRAINE, W. VERVISCH.2009).

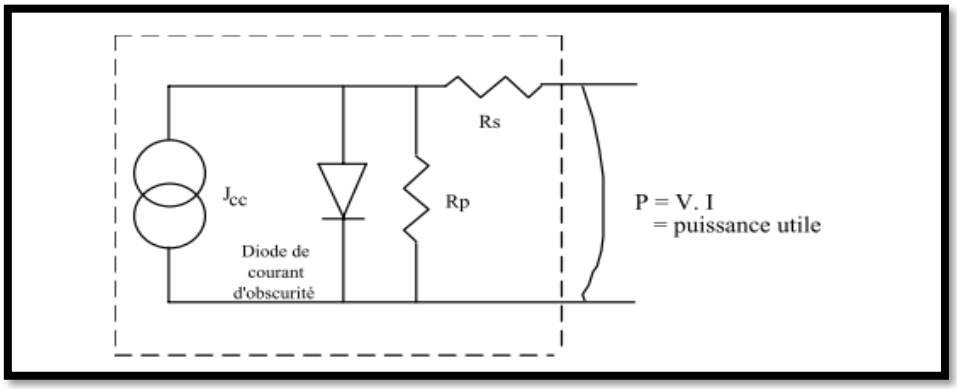


Figure 15: Circuit équivalent à une diode modélisant la cellule photovoltaïque (de gauche à droite, générateur de courant, diode, résistance parallèle Rp et résistance série Rs)(J. ROUZO, D. DUCHE, L. ESCOUBAS, F. FLORY, J. SIMON, P. TORCHIO, S. VEDRAINE, W. VERVISCH.2009).

4- Les conditions climatiques influençant l'efficacité des panneaux solaires :

De nombreux paramètres environnementaux et climatiques exercent une influence notable sur le fonctionnement des modules photovoltaïques (PV). Les performances des systèmes PV dépendent fortement de facteurs internes et externes, dont plusieurs sont étroitement liés à l'emplacement géographique. Parmi ces

paramètres, on peut citer le rayonnement solaire, la température, le vent et la pollution. **Les variations climatiques, qu'elles soient à court ou à long terme, modifient à la fois l'intensité du rayonnement solaire et la température ambiante, ce qui entraîne des fluctuations dans les performances des systèmes de production solaire PV.** De nombreuses recherches ont été menées pour évaluer l'impact de ces paramètres sur l'efficacité des panneaux solaires PV, aboutissant à une diversité de résultats :

4.1- Influence de l'irradiation :

Une étude portant sur l'impact de la température et de l'irradiation solaire sur les paramètres photovoltaïques, dans des conditions réelles de fonctionnement, a révélé que pour les panneaux photovoltaïques en technologies monocristalline et polycristalline, la puissance maximale augmente proportionnellement à l'augmentation de l'irradiation solaire sur le site. À l'inverse, le rendement énergétique du panneau diminue lorsque le niveau d'irradiation baisse .

En effet, **un panneau solaire capte un maximum d'énergie lumineuse lorsqu'il est perpendiculaire aux rayons solaires**. Cependant, l'angle d'incidence de ces rayons varie au cours de la journée et au fil des saisons. Par ailleurs, une intensité d'ensoleillement plus élevée conduit à une augmentation de l'énergie produite par les cellules solaires, ce qui améliore les performances de l'installation photovoltaïque. Par conséquent, la quantité de lumière solaire reçue par la surface de la cellule photovoltaïque influence directement sa production énergétique .

La figure (16) illustre un dispositif expérimental conçu pour démontrer l'effet de l'ensoleillement. Deux cellules photovoltaïques identiques ont été testées sous des niveaux d'irradiation variables. Les courbes courant-tension (I-V) et puissance-tension (P-V) correspondantes ont été tracées pour différents niveaux d'éclairement. Les graphiques montrent la présence de points de puissance maximale sur les courbes de puissance, correspondant aux valeurs maximales atteintes pour une irradiation donnée et à température constante. Il est évident que les valeurs de courant, de tension et de puissance diminuent de manière significative à mesure que le niveau d'irradiation décroît. (Massylia, 2022)

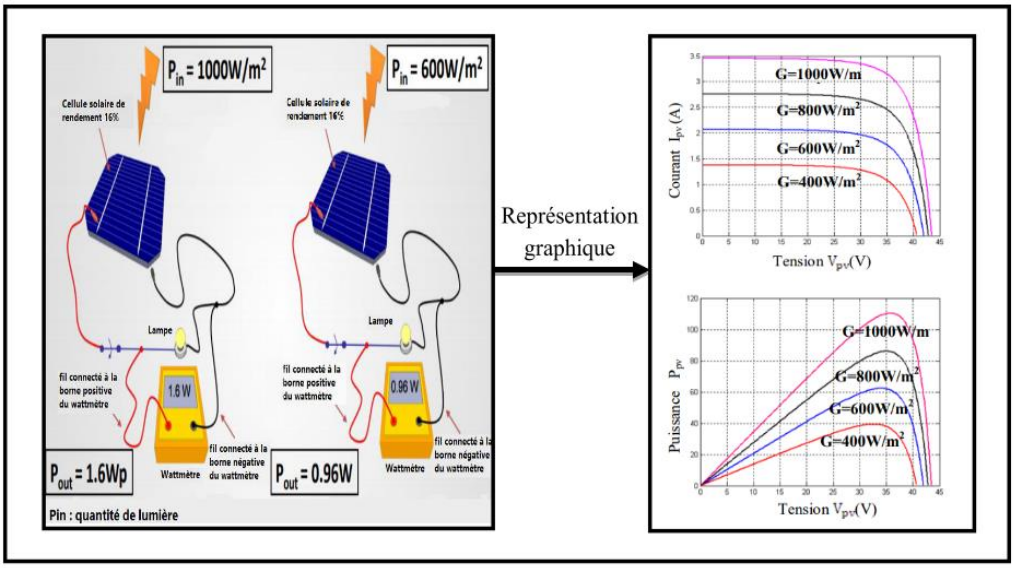


Figure 16: Tests sur deux cellules solaires de même type en variant le taux d'irradiation et représentation courant-tension (I-V) et puissance-tension (P-V) correspondants. (Massylia, 2022)

4.2- Influence de l'humidité :

Les unités photovoltaïques sont affectées par l'eau lorsqu'elle entre en contact avec les composants cellulaires de la cellule, ce qui entraîne une diminution de leur efficacité et une réduction de leur productivité électrique. L'eau corrode également les joints métalliques et altère la viscosité de la cellule. L'eau est présente à divers degrés dans l'air, et l'humidité relative est définie comme le rapport entre la pression réelle de vapeur d'eau dans l'air et la pression de vapeur d'eau saturante à la même température. La quantité d'humidité exprime l'humidité relative de l'air (HR), qui varie en fonction de la pression de saturation de la vapeur d'eau, elle-même directement influencée par la température. **Dans les climats chauds et humides, l'humidité pénètre dans les cellules photovoltaïques à travers les fissures, provoquant une diminution significative de la productivité des cellules.** Les effets de l'humidité sur la cellule solaire varient en fonction du mode de propagation à travers le panneau solaire, un processus décrit comme lent. **L'humidité traverse la couche polymère jusqu'à la cellule, endommageant les liaisons interconnectées. Ces dommages entraînent de nombreux effets, tels que la corrosion des soudures.** Plusieurs études et travaux de recherche ont été menés pour déterminer l'effet de l'humidité relative de l'air sur les cellules solaires. L'effet de l'humidité relative sur les panneaux photovoltaïques ne peut être étudié sans prendre en compte les autres variables climatiques. (R, Hamdi1.2018)

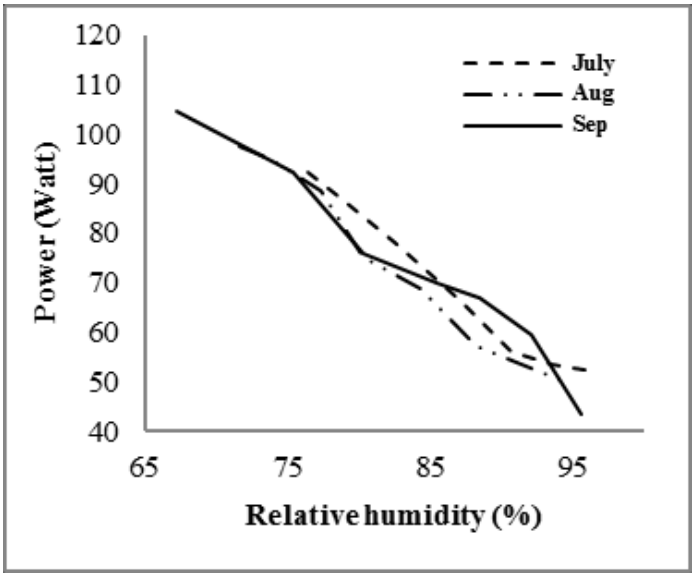


Figure 17: La relation entre l'humidité relative et la puissance PV (Hussein.K, Chaichan.T,2015)

4.3- influence de la température :

L'efficacité des modules photovoltaïques (PV) diminue approximativement de 0,5 % pour chaque augmentation de température de 1°C. Cela implique que des températures ambiantes élevées, particulièrement dans des conditions de fort ensoleillement, peuvent réduire de manière significative la puissance maximale pouvant être produite par les panneaux. Cette hausse de la température affecte négativement les performances des modules actuels, qu'ils soient à base de couches minces ou de silicium cristallin, avec une baisse plus marquée pour le silicium cristallin .

La figure (18) illustre l'évolution du rendement énergétique d'un module PV en fonction de la température. On observe clairement que le rendement diminue à mesure que la température augmente. Ainsi, **la température joue un rôle crucial dans la réduction de l'efficacité des panneaux solaires.** (Abu Bakar Khan.2022)

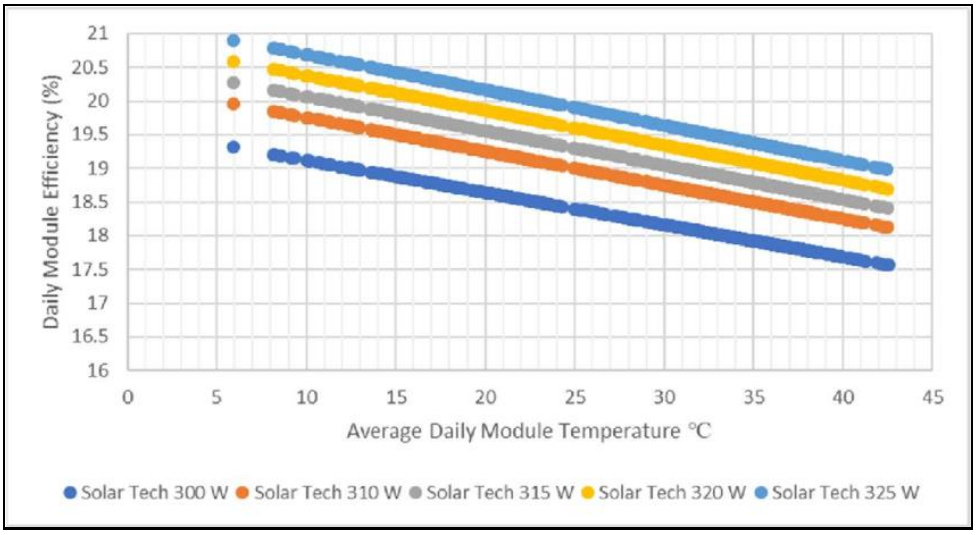


Figure 18: Evolution du rendement journalier du module en fonction de sa température moyenne (Abu Bakar, K.2022).

Ainsi, la température de la cellule photovoltaïque augmente jusqu'à atteindre un niveau susceptible de provoquer une dégradation du matériau. Cette élévation de température entraîne une diminution de la tension, y compris la tension en circuit ouvert (Voc), comme le démontre la figure (29). (Abu Bakar, K.2022).

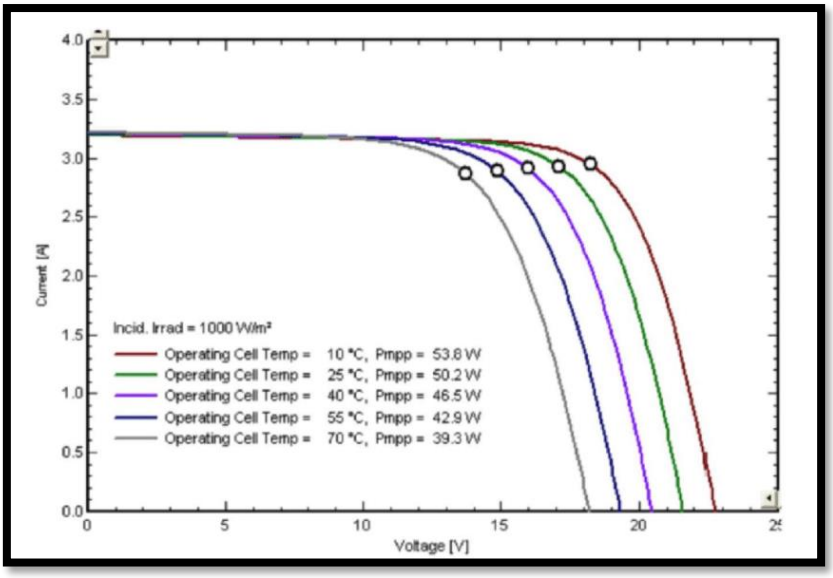


Figure 19: Réseau de caractéristique I= f(U) suivant une température de module variable (Abu Bakar, K.2022)

La diminution de la valeur de tension implique la diminution de la valeur de puissance fournie par le module. Ceci apparaît clairement sur la figure (20) et prouve bien que la hausse de température réduit l'efficacité du module PV. (Massylia, 2022)

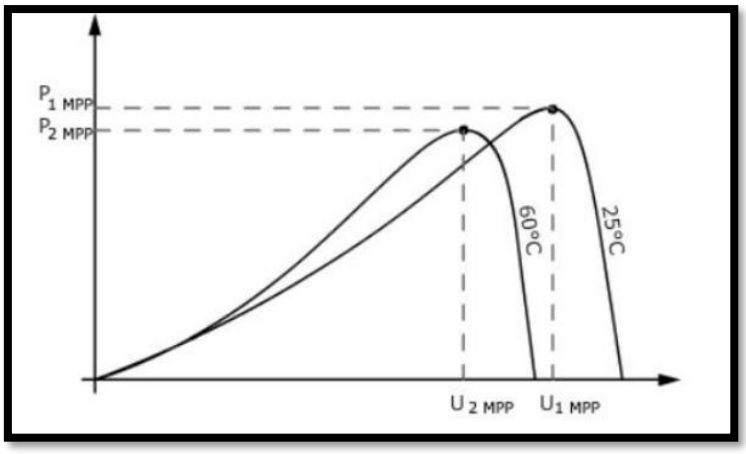


Figure 20: Evolution de la puissance fournie par une cellule PV lorsque sa température de fonctionnement augmente(Massylia, 2022)

Ce phénomène s'explique par le fait que certains photons, au lieu de libérer des électrons, génèrent de la chaleur en interagissant avec la surface du module. Le taux de conversion des photons en électrons reste limité, car plusieurs conditions doivent être réunies pour que ce processus ait lieu. Par conséquent, l'énergie des photons qui ne se transforme pas en électricité est absorbée par le matériau sous forme de chaleur. Cela entraîne une augmentation de la température interne du matériau des capteurs photovoltaïques (PV), proportionnelle à l'énergie solaire reçue.

Cette observation suggère que, pour améliorer l'efficacité des modules PV, il est nécessaire de mettre en place un système de refroidissement. Plusieurs méthodes sont actuellement disponibles, telles que le refroidissement par air forcé, le refroidissement par eau, et d'autres techniques. (Massylia, 2022)

4.4- Influence de la poussière :

La saleté et la poussière peuvent s'accumuler à la surface des modules solaires, réduisant de manière significative l'intensité du rayonnement solaire atteignant la surface des panneaux photovoltaïques (PV). Cette accumulation entraîne une baisse notable de l'efficacité de conversion de l'énergie solaire en électricité, ce qui se traduit par une diminution du rendement global du système.

Bien que plusieurs méthodes de nettoyage des systèmes PV soient disponibles, il est plus réaliste d'estimer le rendement du système en prenant en compte la réduction causée par l'accumulation de poussière, en particulier pendant la saison sèche. (H.Athar, B.Ankit&P.Rupendra. 2017)

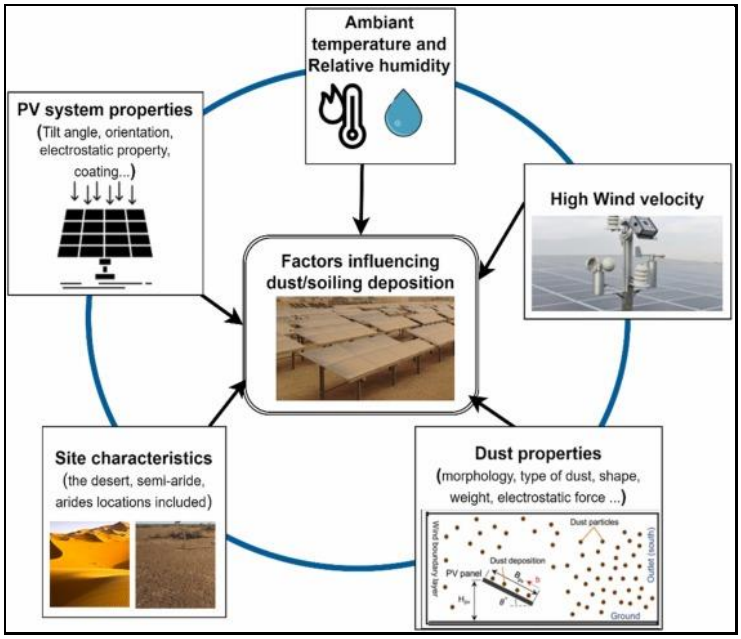


Figure 21 : Cycle des facteurs contribuant aux impacts de l'accumulation de poussière sur les panneaux photovoltaïques (PV) (Mani and Pillai, 2010, Figgis et al., 2017, Said et al., 2018).

4.5- Le temps nuageux :

Un temps nuageux réduit l'efficacité des panneaux photovoltaïques (PV) en diminuant à la fois la quantité de rayonnement solaire atteignant le sol et la température de l'air ambiant. Contrairement à l'impact de la poussière, qui agit à long terme, la couverture nuageuse peut provoquer des variations significatives de la production photovoltaïque sur des échelles de temps très courtes, de l'ordre de quelques minutes, en raison de son effet immédiat.

Ainsi, les nuages ont une relation inverse avec la production d'énergie solaire : plus l'épaisseur de la couverture nuageuse est importante, plus la production diminue. Par exemple, dans une même zone géographique, une couverture nuageuse légère entraîne une perte estimée à 23,80 % de la puissance de sortie d'un module photovoltaïque, tandis qu'une couverture nuageuse dense peut causer une perte allant jusqu'à 66,75 %.

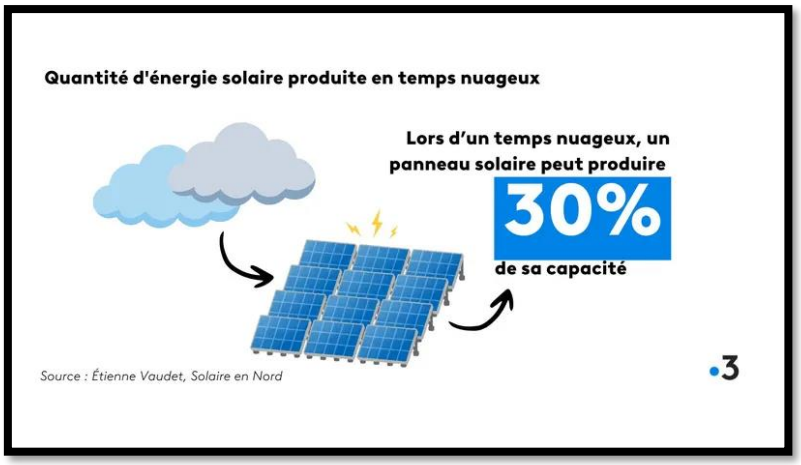


Figure 22: Quantité d'énergie produite en temps nuageux

(Etienne.V, solaire en nord)

4.6- L'influence du vent :

Les modules solaires photovoltaïques, utilisés pour produire de l'électricité, sont fortement influencés par les conditions météorologiques. Leur installation, qui n'est pas à plat sur le sol, les expose à une résistance au vent. À long terme, les petites vibrations induites par les rafales de vent peuvent avoir un impact significatif.

À court terme, il arrive que des modules soient arrachés de leur position lors de vents très forts. Cependant, **le vent peut aussi avoir des effets bénéfiques : il favorise les échanges thermiques entre le module et l'environnement, ce qui contribue à réduire la température de fonctionnement et à augmenter la puissance et l'efficacité enfonction de sa vitesse**. Ainsi, **le vent agit à la fois comme un agent de ventilation pour les cellules du module photovoltaïque et comme un système de refroidissement, améliorant ainsi la production d'électricité des panneaux solaires.**(Mohand.K et al., 2023)

4.7- L'Ombre :

La puissance générée par les panneaux photovoltaïques diminue en raison de l'effet d'ombrage. L'ombrage affecte non seulement le flux de courant dans les cellules directement touchées, mais il influence également le courant dans l'ensemble du panneau, car les cellules sont généralement connectées en série. Les ombres peuvent être provoquées par des obstacles tels que des poteaux, des arbres, des bâtiments, ou même par les structures de montage des modules eux-mêmes. De plus, des éléments comme les feuilles, les oiseaux ou leurs déjections, qui peuvent se déposer directement

sur les modules, contribuent également à créer des zones d'ombre (Gardas BB, Tendolkar MV. 2012)



Photo 01 : Effet d'ombrage photovoltaïque (Https://www.bobex.be/fr-be/panneaux-solaires/installation/orientation-panneau-solaire/ombrage/)

4.8- Pluie et rosé :

La formation de rosée et les précipitations sont des phénomènes fréquents dans divers climats, y compris dans les régions semi-arides, qui sont pourtant propices au déploiement de cellules photovoltaïques. **Les gouttelettes d'eau déposées sur la surface des cellules solaires peuvent avoir un impact négatif sur la production d'énergie et l'efficacité des cellules en raison d'effets optiques.** Pour des angles d'inclinaison $\theta i \leq 30°$, les gouttelettes n'affectent pas significativement les performances des cellules photovoltaïques. En revanche, pour des angles d'inclinaison $\theta i > 30°$, la présence de gouttelettes entraîne une diminution notable de la puissance maximale et de l'efficacité de conversion énergétique, en particulier lorsque les angles de contact des gouttelettes sont élevés et/ou que la couverture de surface est importante. Cette dégradation des performances s'explique par le fait que la lumière incidente est rétrodiffusée à travers les gouttelettes plutôt que d'être piégée par réflexion interne totale à l'interface entre le couvercle et l'air, avant d'être absorbée par la cellule solaire. Par ailleurs, Ilse et al. Ont observé que la présence de rosée augmente l'adhérence de la poussière et des particules à la surface des cellules photovoltaïques, ce qui réduit leurs performances et accroît les coûts de maintenance. (TOUIL & BENOUMHANI, 2022).



Photo 02 : Cellule solaire PV recouverte de gouttelettes d'eau provenant de la rosée ou de la pluie (Https://www.linfodurable.fr/climat/des-panneaux-pluivio-voltaiques-creent-de-lenergie-grace-aux-gouttes-de-pluie-40831)

5- Les énergies renouvelables en Algérie :

5.1- Les sources des énergies renouvelables en Algérie :

5.1.1- L'énergie éolienne :

L'Algérie du un climat diversifier et large topographe, on distingue deux zones géographiques, le nord littoral pour l'énergie éolienne, deux chaines d'atlas tellien et saharien

5.1.2- L'énergie solaire :

L'Algérie possède des gisements solaires plus élevé, l'énergie solaire reçue par jour sur d'un mètre carré varie entre 5.1 KWh au Nord et 6,6 KWh dans le Sahara.

5.1.3- Géothermique :

Plus de 200 sources thermales localisés au nord de l'Algérie entre 40°C à 96 °C, (HammamMaskhoutin), la température de l'eau est très élevée et chaude.

5.1.4- Hydraulique :

Le potentiel hydraulique de l'Algérie est estimé à 25 milliards de m3. La quantité d'électricité produite par l'hydraulique représente 5% de la production totale 13 sites produisent environs 269.et 50 barrages exploités. (Dalila.2022).

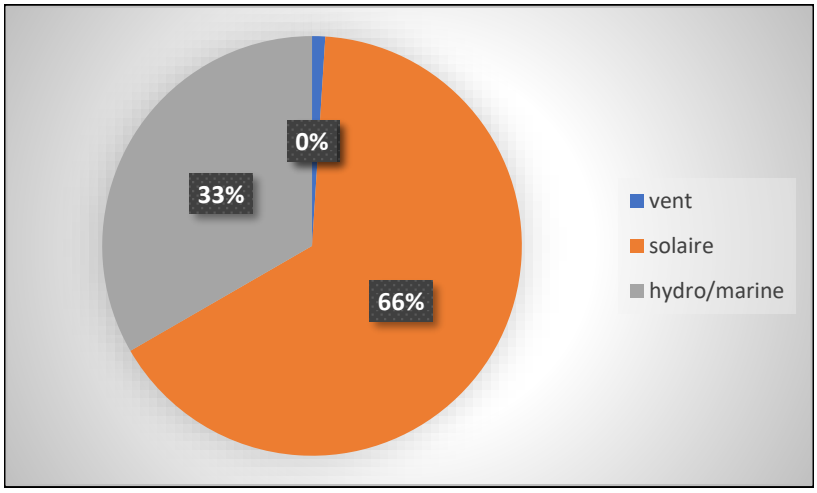


Figure 23 : Capacité de l'Algérie dans la production de l'électricité en 2021.

(IRENA, 2022)

5.2- Energie photovoltaïque en Algérie :

En 2011, l'Algérie a adopté une stratégie énergétique ambitieuse visant à produire 40 % de son électricité à partir de ressources renouvelables d'ici 2030. Cette stratégie ne se limite pas à la production d'énergie propre, mais inclut également le développement d'une industrie solaire nationale, soutenue par un programme de formation et de capitalisation. L'objectif est de bâtir un savoir-faire local en matière d'engineering et de gestion de projets, afin de positionner l'Algérie comme un acteur clé dans le domaine des énergies renouvelables.

Avec l'un des plus grands gisements solaires au monde, l'Algérie bénéficie d'un ensoleillement exceptionnel : la durée d'insolation dépasse 2 000 heures par an sur la quasi-totalité du territoire et atteint 3 900 heures dans les régions des Hauts Plateaux et du Sahara. Ce potentiel solaire dominant fait de l'énergie renouvelable une opportunité majeure pour le développement économique et social du pays, notamment grâce à la création d'industries locales génératrices de richesse et d'emplois.

Dans ce cadre, un plan à long terme pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique a été mis en place, avec pour objectif l'installation de 22 000 MW de capacité entre 2011 et 2030. Parmi ces 22 000 MW, 12000 MW sont destinés à couvrir la demande nationale, tandis que 10000 MW pourraient être exportés, sous réserve de garanties d'achat à long terme et de financements extérieurs sécurisés. Ce programme prévoit notamment la construction, d'ici 2020, d'une soixantaine de centrales solaires

photovoltaïques, de centrales solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides, sous la supervision du ministère de l'Énergie et des Mines.

La stratégie énergétique algérienne repose en grande partie sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit ainsi le lancement de plusieurs projets photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020, suivis par des projets additionnels de 200 MWc par an entre 2021 et 2030. À ce jour, 23 centrales photovoltaïques ont déjà été installées sur le territoire national par la société SKTM (Shariket Kahraba waTaket Moutadjadiada) depuis 2014. Ces centrales, d'une capacité totale de 343 MWc, sont réparties en trois groupes géographiques:

Tableau n°01: les centrales photovoltaïques en Algérie (Babe, 2018)

Unité	**Centrale**	**Puissance (MW)**
Unité des Hauts Plateaux Est	Centrales de M'sila, El Hadjira, Oued Nechou, Batna, Djelfa et Souk Ahras	121.1
Unité des Hauts Plateaux Ouest	Centrales de Laghouat, Sidi Bel Abbès, Naama, Saïda et El Bayadh	145
Unité du Sud	Centrales d'Adrar, Kabertène, Tindouf, Djanet, ZouietKounta, In Salah, Timimoun, Tamanrasset, Reggane et Aoulef	78

Ces installations s'inscrivent dans le cadre de la première phase du programme national des énergies renouvelables, qui vise à exploiter pleinement le potentiel solaire du pays tout en renforçant son indépendance énergétique et en contribuant à la transition vers une économie plus durable. (Babe, 2018).

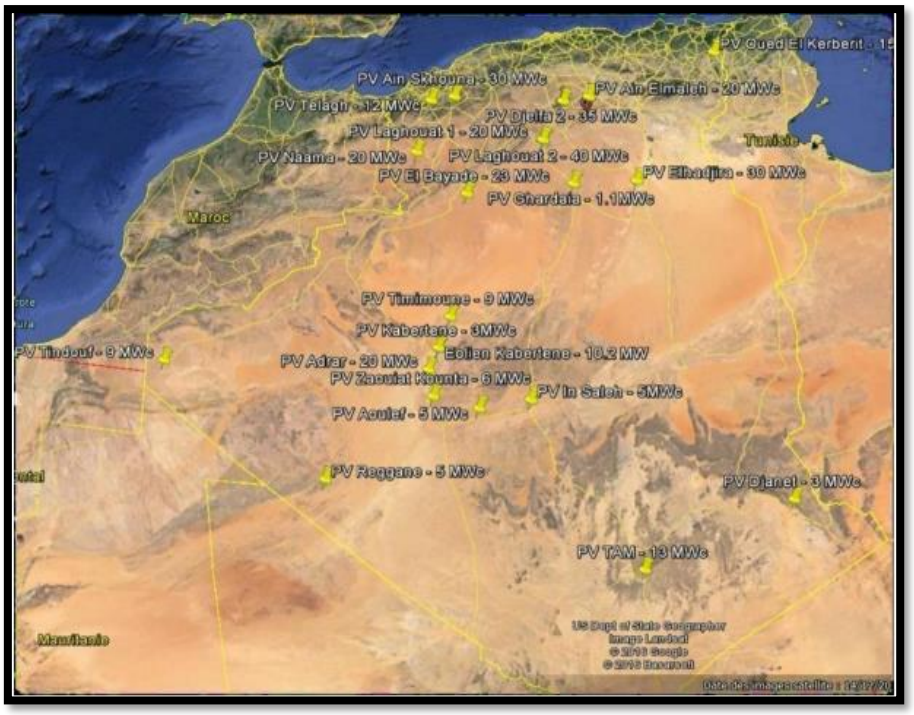


Figure 24: Situation géographique des centrales photovoltaïques

(ALLAOUI et al., 2021)

Les opérateurs chinois ont été chargés de développer plusieurs lots dans différentes régions de l'Algérie, notamment les Hauts Plateaux Est (Batna, Souk Ahras, Sétif, Bordj Bou Arreridj et Mila), les Hauts Plateaux Centre (M'sila, Djelfa, Laghouat et Ouargla), le pôle In Salah-Adrar-Timimoun (Adrar, Kabertène, Aoulef, Reggane, ZaouietKounta, In Salah et Timimoun), ainsi que les trois centrales RIS (Réseaux Isolés du Sud) implantées à Tindouf, Djanet et Tamanrasset, représentant une puissance totale de 258 MWc. En revanche, le lot des Hauts Plateaux Ouest (Sidi Bel Abbès, Saïda, Naama et El Bayadh), d'une puissance de 85 MWc, a été attribué à un constructeur allemand. Cependant, quatre centrales initialement prévues dans les Hauts Plateaux Est (Batna, Sétif, Bordj Bou Arreridj et Mila), totalisant 75 MWc, n'ont pas pu être lancées en raison de la classification des terrains choisis comme étant à vocation agricole. Pour préserver ces terres tout en respectant les objectifs de puissance, les sites ont été relocalisés à Laghouat (40 MWc), Djelfa (33 MWc) et Batna (2 MWc maintenus sur place). Ces projets, dont le lancement a été retardé pour les raisons mentionnées, seront réceptionnés ultérieurement, démontrant ainsi la volonté de concilier le développement des énergies renouvelables avec la préservation des ressources agricoles et foncières du pays.

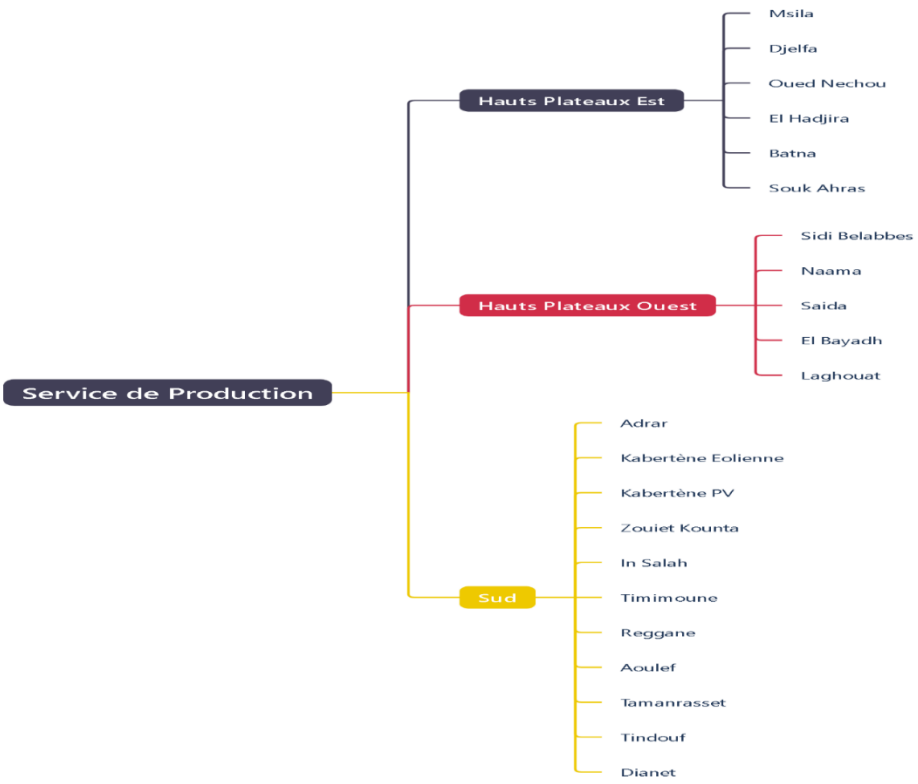


Figure 25: Répartition des centrales photovoltaïques en Algérie selon les régions

(Réalisée sur www.monica.com par Rahim.I.2025)

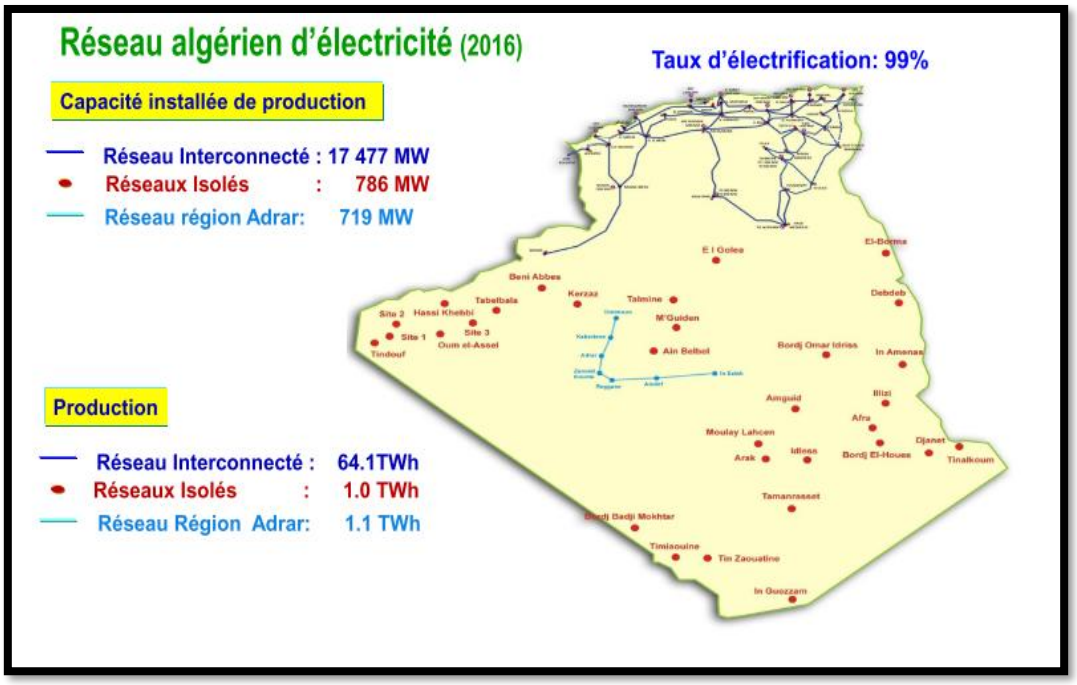


Figure 26: Réseau algérien d'électricité (2016)(SKTM, 2016)

5.3. La société SKTM (Shariket Kahraba waTaketMoutadjadiada) :

Shariket Kahraba waTaketMoutadjadida (SKTM) : Crééeau : 07/04/2013, SKTM :

Est une société de production d'électricité conventionnelle pour réseaux isolés du sud et des Energies Renouvelables pour le territoire national.

Est une société par actions avec un capital souscrit en totalité par Sonelgaz et dont le siège social est situé à Ghardaïa.

Actionnariat : 100% filiale de la Holding SONELGAZ

Chapitre 02 :

Présentation de la zone d'étude

1- Aperçu générale sur la wilaya de Saïda :

1.1- Aperçu historique :

- **Préhistoire :**

Depuis la plus haute antiquité, la wilaya de SAIDA était une région essentiellement pastorale où la propriété semble avoir été collective d'après certains auteurs.



Photo 03 : Antiquité dans la période préhistoire
(https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=7&wilaya=20)

- **Période Arabo-musulmane :**

La période arabo-musulmane commence après la domination romaine, avec le Roi Musuna apparaissant en 508 après J.-C. Au VIe et VIIe siècles, la dynastie des Djeddars exerce son autorité, et au VIIIe siècle, la région devient musulmane, marquée par l'arrivée des BanouHillals et la formation de la confrérie de la Yougoubia.

La région, sous la domination de Tahert, connaît une période de prospérité du VIIIe au XIIIe siècle avec les dynasties almoravides, almohades et zianides de Tlemcen. Au XVIe siècle, l'arrivée des Turcs met fin au royaume Zianide, et la région devient une puissance "Aghalik" sous l'autorité du Bey de Mascara.



Photo 04 : antiquité dans la période Arabo-musulmane

(https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=7&wilaya=20)

1.2- Localisation géographique :

La wilaya de Saïda est située dans l'ouest du pays, occupant une position centrale sur une superficie de 6 765,40 km². Grâce à son emplacement stratégique, elle est traversée par les principaux axes routiers de cette région, en faisant un point de connexion essentiel .

La carte Régional d'Aménagement du Territoire confirme l'appartenance de Saïda à la région des Hauts Plateaux Ouest. Ses caractéristiques géographiques et spatiales lui confèrent une place stratégique au sein de cet ensemble .

Elle joue un rôle de liaison entre le nord et le sud de l'ouest algérien et constitue un rempart naturel contre l'avancée du désert grâce à son intégration dans la chaîne des monts Tell. Riche en ressources hydriques et en végétation, Saïda est un carrefour commercial clé, assurant la jonction entre les wilayas du Nord-Ouest et du Sud-Ouest. Son positionnement en fait un passage incontournable vers le sud du pays .

Elle est délimitée par:

-La wilaya de Mascara au nord ,

-La wilaya de Sidi Bel Abbès à l'ouest ,

-La wilaya de Tiaret à l'est ,

-La wilaya d'El Bayadh au sud .

Son emplacement central lui permet de répondre aux besoins en sous-traitance des bassins industriels et artisanaux existants et en développement dans les wilayas voisines, notamment Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Tiaret, Aïn Sefra, El Bayadh et Naâma. (https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=7&wilaya=20)

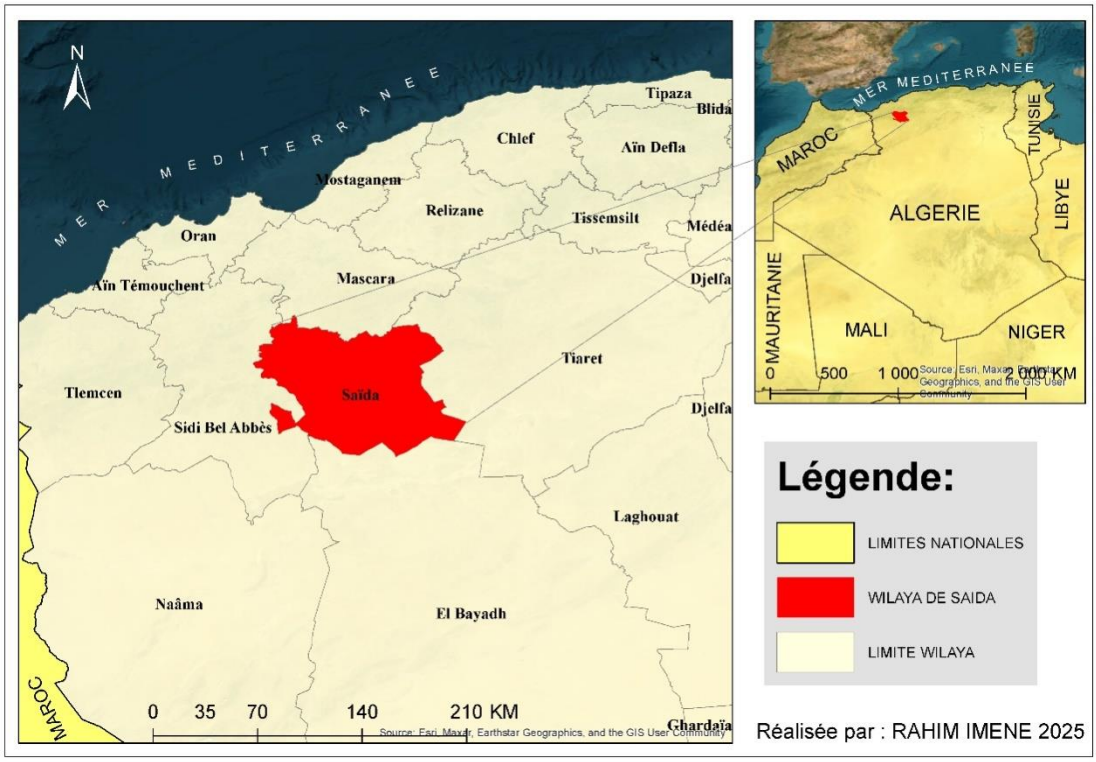


Figure 27: Localisation géographique de la wilaya de SAIDA

1.3- Organisation Administrative :

La wilaya de Saida s'étend sur une superficie de 6.765,40 Km 2 et compte 16 communes organisées en 6 daïrates, à savoir : Saïda, Ain El Hadjar, El Hassasnas, Sidi Boubekeur, Youb, Ouled Brahim. Les 16 communes de Saïda sont à vocation agricole ou agro pastorale à savoir:

Les communes à vocation agricole sont : Sada, Youb, Doui-Thabet, Ain El Hadjar, Sidi Boubekeur, Ouled Khaled, Sidi Amar, Hounet, Ouled Brahim, Tircine, Ain Soltane.

Les communes à vocation agro pastorale sont : Moulay Larbi, Sidi Ahmed, Hassasnas, Maamora, Ain Skhouna.



Figure 28: Organisation administrative de la wilaya de SAIDA

1.4- Contexte géomorphologique :

La wilaya de Saïda est principalement une région agricole qui a connu une certaine industrialisation à travers divers programmes de développement .

Son territoire s'étend sur deux grands ensembles naturels distincts :

-**La zone steppique au sud** : caractérisée par un relief monotone, des sols pauvres et une végétation dégradée, dominée par l'alfa .

-**La zone tellienne**: offrant une diversité de paysages, avec des montagnes boisées, des plaines légèrement vallonnées et des vallées plus ou moins ouvertes. Sur les reliefs élevés, les sols – sauf en zone forestière – sont peu profonds et fragmentés, tandis que dans les plaines et les vallées, les sols alluviaux sont prédominants .

Ainsi, la qualité des sols est évaluée en fonction de leurs caractéristiques physiques et des contraintes liées à l'érosion.

1.5- La population :

La wilaya de Saida comptait 279 526 habitants au R.G.P.H (recensement général de la population et de l'habitat) de 1998 pour atteindre 488 678 habitants en 2023 lors du dernier R.G.P.H.

Tableau n°02: Estimation de la population par commune au 31/12/2023 (Voir Annexe n°01,02)

Code	RGPH 1998	RGPH 2008	2008(*)	Estimation fin 2008	Estimation fin 2009	Pop 31/12/ 2010
20	279 526	330 641	327 929	331 419	338 854	344 455
Pop 31/12/ 2011	Pop 31/12/ 2012	Pop 31/12/ 2013	Pop 31/12/ 2014	Pop 31/12/ 2015	Pop 31/12/ 2016	Pop 31/12/ 2017
350 766	357 198	363 755	370 439	377 253	384 200	391 282
Pop 31/12/ 2018	Pop 31/12/ 2019	Pop 31/12/ 2020	Pop 31/12/ 2021	Pop 31/12/ 2022	Pop 31/12/ 2023	SUPERFICIE (km²)
398 501	406 893	415 438	470 251	480 270	488 678	6765,40

Source :(APC+CADASTRE+DPSB de la wilaya de SAIDA)

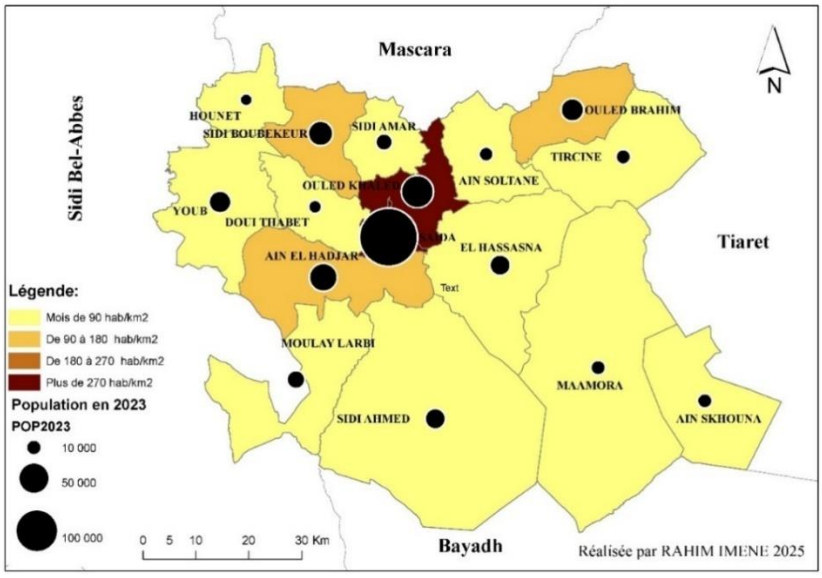


Figure 29: Carte de densité et population de la wilaya de SAIDA 2023.

1.6- Alimentation en énergie :

Les résultats appréciables enregistrés en matière de raccordement au réseau de distribution du gaz et au réseau d'électrification ont été rendus possibles grâce à la concrétisation du programme de soutien à la relance économique (2005-2009) et des réalisations observées du plan quinquennal 2010/2014.

1.6.1- Taux de raccordement à l'électricité par commune au 31/12/2019

Avec la mise en service chaque année de nouveaux centres d'électrification permettant à de nombreux foyers d'être raccordés au réseau, le taux d'électrification a atteint 94.13 % en 2019 avec un nombre total de 87 534 abonnés.

1.6.2- Taux de raccordement au gaz naturel par commune au 31/12/2019

La couverture en gaz naturel de la wilaya de SAIDA, s'améliore d'année en année. Ce qui a permis d'augmenter sensiblement le taux de raccordement au réseau de distribution en gaz, de 55,06 % en 2008 à 64.43 en 2019. Par la même améliorer les conditions de vie des citoyens.(https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=7&wilaya=20

2. Contexte climatique :

2.1- Climat:

Le climat de la wilaya est continental a été chaud et sec ; et hiver froid. Les températures atteignent les 40° en été avec des journées de vents chauds (sirocco) et un minimum 0° à 4° en hiver avec des gelées fréquentes (en moyenne 30 Jours / An étalés sur 7 mois dans l'année).

2.2- Analyses climatiques :

Tableau n°03: Données climatiques de température (T.Moy(°C), Tmax(°C), Tmin(°C) et précipitations et nombre de jour de pluie annuel (1996 à 1999) de la wilaya de SAIDA.

ANNEES	P(mm)	TMoy(°C)	Tmax(°C)	Tmin(°C)	N° de J de pluie annuel
1996	44,91	15,79	22,66	9,1	109
1997	31,25	16,98	23,89	10,28	84
1998	15,83	16,72	24,02	9,46	71
1999	31,33	16,81	23,87	10,27	83

Source : ONM (SAIDA)

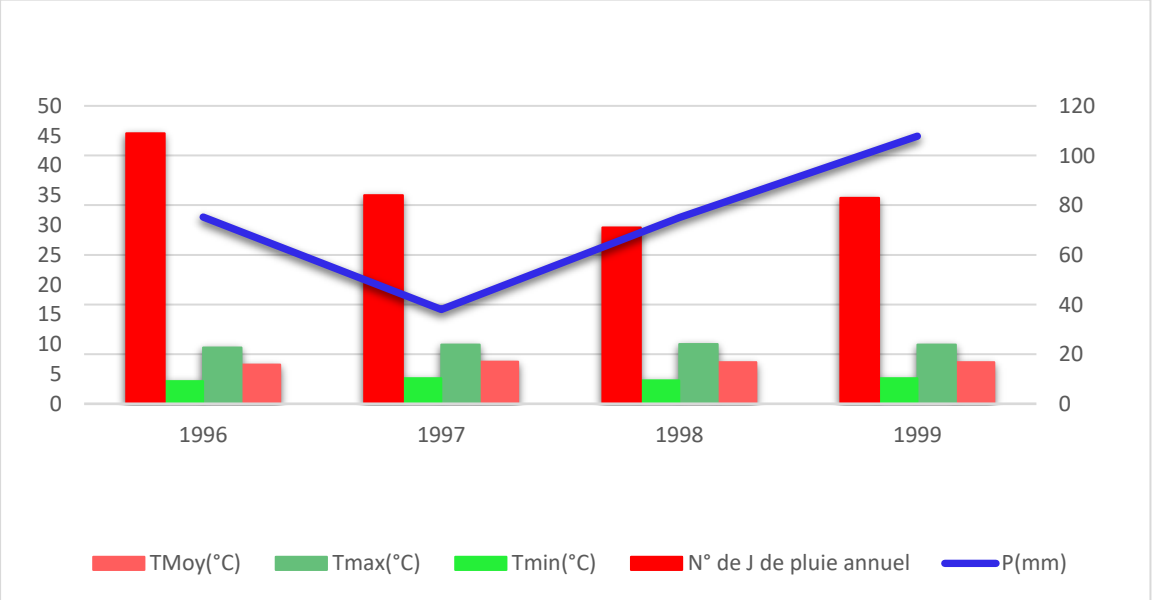


Figure 30: Données climatiques de la wilaya de SAIDA (1996 à 1999)

Les données climatiques de la wilaya de Saïda entre 1996 et 1999 révèlent une certaine variabilité d'une année à l'autre, tant au niveau des températures que des précipitations.

Sur le plan thermique, la température moyenne annuelle (TMoy) reste relativement stable au cours de la période, variant entre 15,79 °C en 1996 et 16,98 °C en 1997. Les températures maximales (Tmax) oscillent entre 22,66 °C (1996) et 24,02 °C (1998), tandis que les températures minimales (Tmin) varient entre 9,1 °C et 10,28 °C. Ces valeurs confirment la nature continentale du climat, avec des étés chauds et des hivers relativement froids.

Concernant les précipitations, on observe une nette irrégularité. L'année 1996 a été la plus arrosée avec 44,91 mm de pluie et 109 jours de pluie, tandis que 1998 a enregistré les niveaux les plus faibles, avec seulement 15,83 mm de précipitations répartis sur 71 jours. Cette variabilité pluviométrique pourrait avoir des impacts directs sur les ressources hydriques locales, l'agriculture et les écosystèmes.

L'année 1997 marque une baisse notable des précipitations (31,25 mm) et du nombre de jours de pluie (84 jours), ce qui pourrait indiquer une tendance à la sécheresse, bien qu'elle ait connu la température moyenne la plus élevée (16,98 °C). (RAHIM.I,2025)

Tableau n°04 : Données climatiques de la wilaya de SAIDA de 1996 à 1999 (Vmoy(m /s), Vmax(m/s), INSOLATION (kWh/m2), Humidité (%), Sirocco annuel).

ANNEES	Vmoy (m/s)	Vmax (m/s)	INSOLATION (kWh/m2)	Humidité (%)	Sirocco annuel
1996	2,55	2,47	246,92	58,17	8
1997	2,6	2	256,75	57,42	15
1998	2,43	1,78	264,33	54,58	19
1999	2,58	2,13	246,08	57,75	28

Source : ONM (SAIDA)

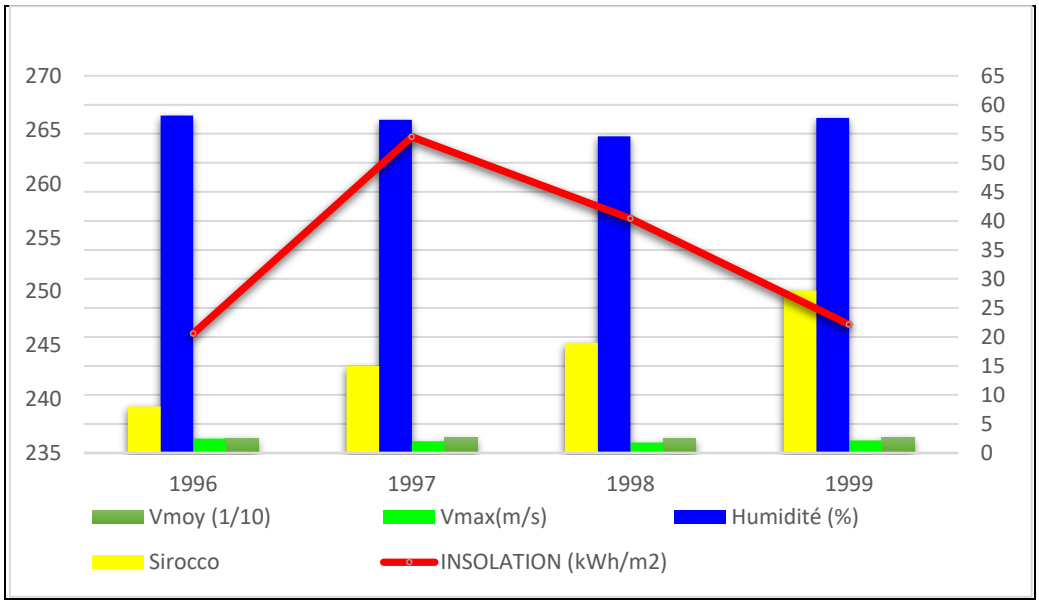


Figure 31: Données climatiques de la wilaya de SAIDA de 1996 à 1999

La vitesse moyenne du vent reste relativement stable, oscillant entre 2,43 m/s en 1998 et 2,6 m/s en 1997, traduisant une circulation atmosphérique modérée. La vitesse maximale du vent varie davantage, atteignant 2,47 m/s en 1996 et baissant à 1,78 m/s en 1998. L'ensoleillement, mesuré en kWh/m², est particulièrement élevé en 1998 avec 264,33 kWh/m², confirmant une exposition solaire intense, tandis que l'année 1999 présente le niveau le plus bas avec 246,08 kWh/m². L'humidité relative, quant à elle, reste globalement stable autour de 57 à 58 %, avec une légère baisse en 1998 (54,58 %), ce qui coïncide avec l'augmentation de l'insolation. Un élément préoccupant est l'augmentation continue du nombre de jours de sirocco, un vent saharien chaud et sec, qui passe de 8 jours en 1996 à 28 jours en 1999. Cette tendance reflète une intensification des conditions climatiques extrêmes, notamment en été, et accentue les phénomènes de sécheresse. L'ensemble de ces paramètres confirme le caractère aride

et continental du climat de Saïda, marqué par un ensoleillement important, des vents modérés mais persistants, une humidité relativement basse, et une fréquence croissante des vents sahariens, avec des implications notables sur les ressources naturelles et le cadre de vie.(RAHIM.I,2025)

Tableau n°05 : les données climatiques de température (T.Moy(°C), Tmax(°C), Tmin(°C) et précipitations (1996 à 1999) de la wilaya de SAIDA.

Mois	Jan	Fév	Mars	Av	Mai	Juin	Jt	At	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	39,5	51	46,5	40,5	27,3	19,8	12,5	15,5	22,8	27	28,5	39,3
T moyenne(°C)	9,4	9,2	11,8	14	18	23,3	26,2	26,3	22	17,6	12	9
Tmax moyenne(°C)	14,4	14,9	18,8	21,1	25,6	31,7	35	34,7	29,8	24,6	18,2	14,7
Tmin moyenne(°C)	5	3,3	4,5	6,9	10,4	14,6	17,4	18,4	15,2	11,2	6,4	4,1

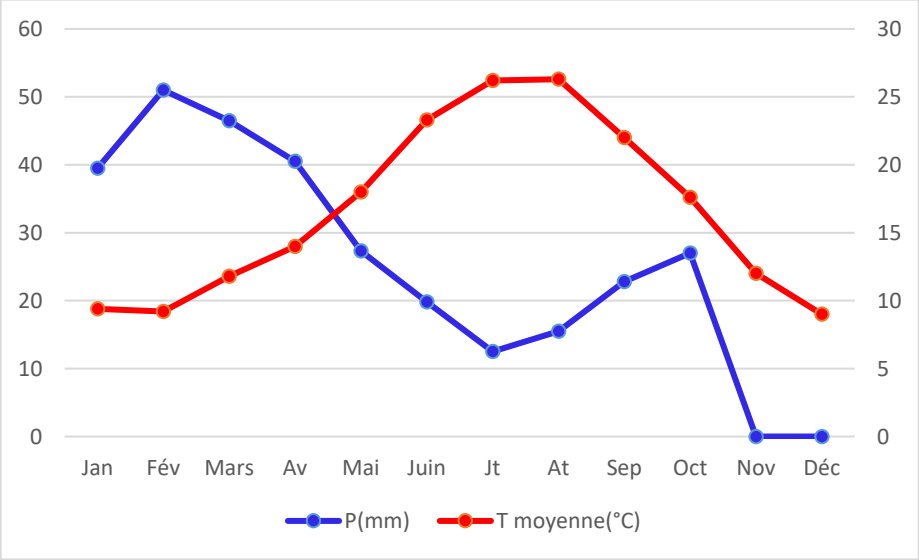


Figure 32 : Diagramme ombrothermique de la station de SAIDA (1996-1999)

Le graphique montre un climat caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs. Les précipitations atteignent leur maximum en hiver (février) tandis que les températures moyennes sont basses. À l'inverse, en été (juillet-août), les températures sont élevées (autour de 26 °C) et les précipitations très faibles. On observe ainsi une relation inverse entre température et précipitations au cours de l'année.

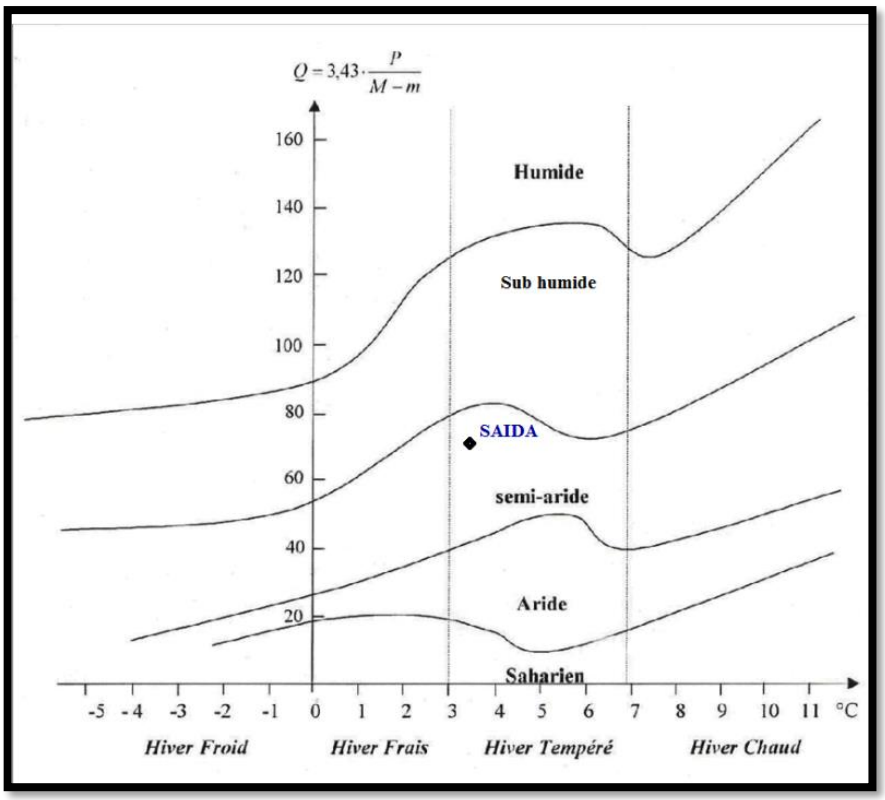


Figure 33: Climagramme Emberger de la station de SAIDA (1996-1999)

Pour cette période (1996-1999), le climagramme montre la position de la station de SAIDA qui se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré.

3- La performance des panneaux solaires dans la zone d'étude :

La wilaya de Saïda bénéficie de conditions climatiques globalement favorables à la production d'énergie solaire, notamment grâce à un ensoleillement élevé et une humidité relativement faible. L'analyse des données de 1996 à 1999 montre une insolation annuelle variant entre 246,08 kWh/m² (1999) et 264,33 kWh/m² (1998), avec une moyenne largement suffisante pour alimenter efficacement des systèmes photovoltaïques. Cette intensité solaire permet un rendement optimal des panneaux solaires, en particulier durant la période estivale où les journées sont longues et ensoleillées. De plus, le taux d'humidité relativement bas, oscillant entre 54,58 % et 58,17 %, contribue à limiter les pertes de performance dues à la condensation ou à l'encrassement des surfaces vitrées. La stabilité des vents (entre 2,43 m/s et 2,6 m/s) peut également favoriser la ventilation naturelle des installations, évitant ainsi la surchauffe des modules. Toutefois, la hausse du nombre de jours de sirocco, un vent chaud et chargé de poussières, peut impacter ponctuellement la performance des

panneaux solaires en réduisant leur propreté et donc leur efficacité. Malgré cela, les conditions climatiques générales de la région restent très favorables à l'exploitation de l'énergie solaire. (RAHIM.I,2025)

Chapitre :03
Résultat et Discussion

1. Analyse climatique :

1.1. Les données climatique (2000-2024) :

Tableau n°06: Données climatique (T(ºC), T. max moyenne(ºC), T. min moyenne(ºC), Précipitation(mm)) par années de 2000 à 2024

Années	T(ºC)	T. max moyenne(ºC)	T. min moyenne(ºC)	Précipitation(mm)
2000	22,8	25,5	18,5	3
2001	17,9	23,9	11,9	157
2002	17,4	24,6	10,3	456,1
2003	17,3	24	10,6	1331,1
2004	16,8	23,8	9,8	463,4
2005	16,7	23,9	9,6	338,7
2006	17,7	24,6	10,7	1267,3
2007	16,4	23,5	9,4	441,9
2008	16,8	23,7	9,8	465,1
2009	17,5	24,4	10,6	499,1
2010	17,8	24,6	11	411,2
2011	17,4	24,4	10,4	417,7
2012	17,3	24,4	10,2	479,2
2013	16,3	23,3	9,3	539,7
2014	17,3	24,3	10,2	369,5
2015	17,4	24,7	10,1	389
2016	17,6	24,7	10,5	350
2017	18,1	25,1	11	338,6
2018	16,9	23,5	10,3	470,4
2019	17,4	24,6	10,2	249
2020	18,3	25,8	10,9	205,9
2021	18,4	25,5	11,3	205,3
2022	18,9	26	11,8	239,1
2023	18,6	26,1	11,1	161,9
2024	19,3	26,2	12,5	196,2

Source : meteomanz.com.2025

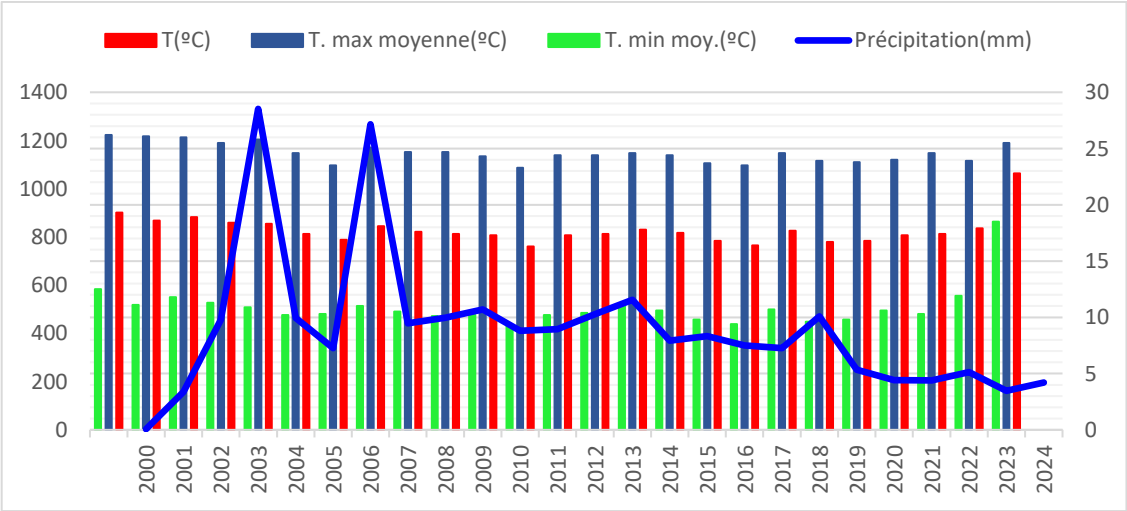


Figure 34: Données climatique par années de 2000 à 2024.

L'analyse de l'évolution des températures dans la wilaya de Saïda entre 2000 et 2024 met en évidence plusieurs tendances significatives. La température moyenne annuelle, qui était exceptionnellement élevée en 2000 (22,8 °C), a connu une légère baisse jusqu'en 2007, avant d'enregistrer une remontée progressive à partir de 2015, atteignant 19,3 °C en 2024. Cette évolution illustre les premiers signes du réchauffement climatique local. La température maximale moyenne est restée relativement stable, variant entre 23,3 °C et 26,2 °C, mais une hausse marquée est observée après 2020, traduisant une intensification des vagues de chaleur estivales. De plus, la température minimale moyenne a suivi une courbe ascendante, passant de 9,3 °C en 2013 à 12,5 °C en 2024, ce qui indique un réchauffement nocturne progressif et une réduction des écarts thermiques entre le jour et la nuit.

En ce qui concerne les précipitations, la région a connu une forte variabilité au fil des années. Des pics exceptionnels ont été enregistrés en 2003 (1331,1 mm) et en 2006 (1267,3 mm), mais ces événements restent isolés. À partir de 2010, une tendance claire à la baisse s'installe, avec des valeurs très faibles notamment entre 2020 et 2024, où les précipitations annuelles ne dépassent pas les 200 mm, atteignant même un minimum de seulement 3 mm en 2000. Cette évolution confirme une situation climatique de plus en plus marquée par la sécheresse, indice direct du dérèglement climatique dans cette région semi-aride. (RAHIM.I,2025)

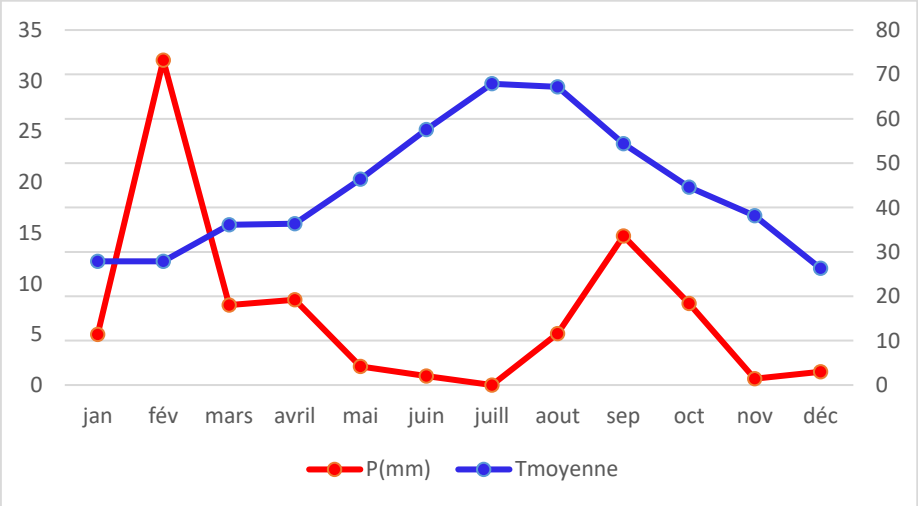


Figure 35: Diagramme ombrothermique de la station de SAIDA (2000-2024)

1.2. Comparaison entre les données climatiques de 1996 à 1999 (Figure 30/Tableau 04) et de 2000 à 2024 (figure 34/Tableau 06).

La comparaison des données climatiques entre les périodes 1996–1999 et 2000–2024 révèle des évolutions significatives, caractéristiques des effets du changement climatique. Au niveau des températures moyennes annuelles, on observe une hausse progressive : elles variaient entre 15,79 °C et 16,98 °C durant la première période, alors qu'elles atteignent 19,3 °C en 2024. Cette augmentation témoigne d'un réchauffement climatique manifeste à l'échelle locale. De même, les températures maximales, initialement comprises entre 22,66 °C et 24,02 °C, dépassent désormais fréquemment les 25 °C, atteignant 26,2 °C en 2024. Les températures minimales suivent cette même tendance, passant de valeurs proches de 9 °C dans les années 1990 à plus de 12 °C récemment, indiquant un réchauffement nocturne de plus en plus marquer.

En ce qui concerne les précipitations, bien que quelques années exceptionnelles comme 2003 (1331,1 mm) et 2006 (1267,3 mm) aient été enregistrées dans les années 2000, la tendance générale est à la baisse. À titre d'exemple, entre 2020 et 2024, les précipitations annuelles ne dépassent pas les 250 mm, contre une moyenne certes faible mais plus régulière durant les années 1996–1999, avec un maximum de 44,91 mm et jusqu'à 109 jours de pluie. Cette diminution des précipitations, couplée à l'élévation des températures, renforce les conditions de sécheresse dans la région. L'ensemble de ces évolutions confirme que la wilaya de Saïda est de plus en plus exposée aux impacts

du changement climatique, avec un climat tendant vers plus d'aridité, de chaleur et de variabilité interannuelle.

1.3. Climagramme d'emberger de la wilaya de SAIDA de (1996-1999) et (2000-2024) :

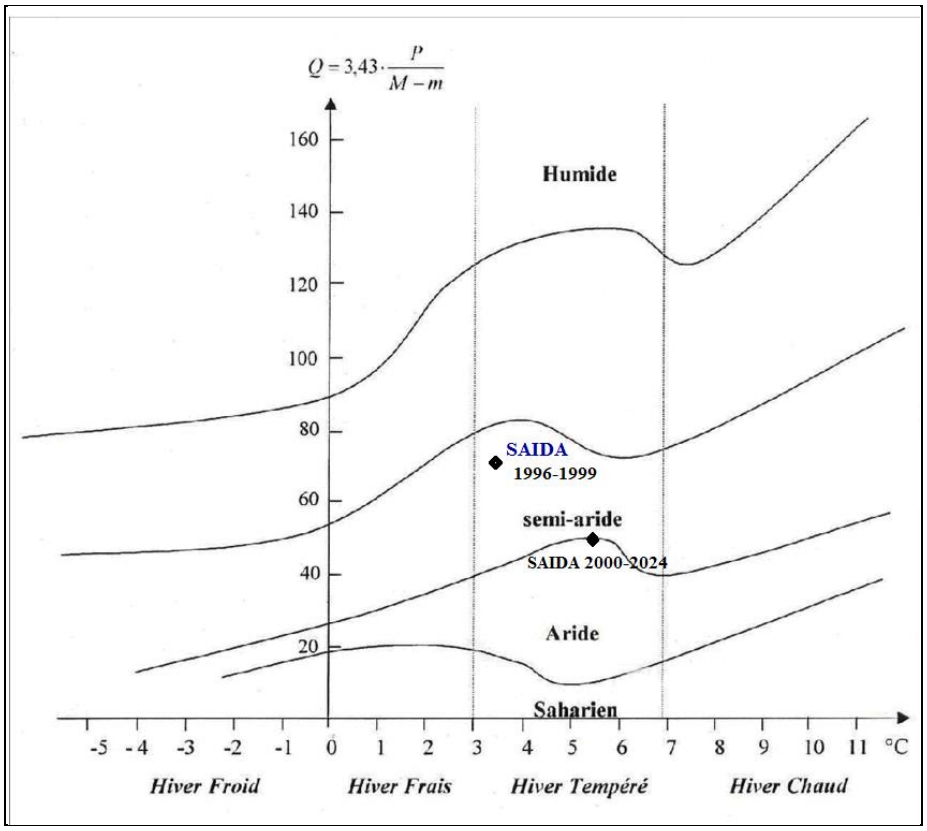


Figure 36: Climagramme d'Emberger de la station de SAIDA des deux périodes (1996-1999) et (2000-2024)

Le climagramme montre la position de la station de SAIDA dans deux périodes : ancienne (1996-1999) et récente (2000-2024) ; le point de la période ancienne se situe dans la zone semi-aride (Q2=75) avec une température hivernale tempéré (m°C=3.3), cependant on remarque nettement pour la période récente (2020-2024), Saida se situe dans la zone supérieure de l'étage bioclimatique aride (Q2=49.1) et tend vers des températures plus élevées (m°C=5.5) par rapport à l'ancienne période. On peut dire que Saida au cours des prochaines années tendra vers l'aridité et ses hivers seront plus chauds. (RAHIM.I,2025)

2. Analyses des performances des installations solaires dans la wilaya de Saida :

2.1. La présentation de centrale :

La centrale photovoltaïque d'Ain Skhouna, d'une puissance de 30 MWc, est implantée dans la wilaya de Saïda, à environ 80 km du chef-lieu de la wilaya et à 150 km au sud de la wilaya de Tiaret. Ce mégaprojet s'étend sur une superficie de 42 hectares, avec un coût de réalisation estimé à 50 millions d'euros, soit l'équivalent d'environ 480 millions de dinars à l'époque. Sa construction a été assurée par la société Shariket Kahraba waTakat Moutadjadida (SKTM).

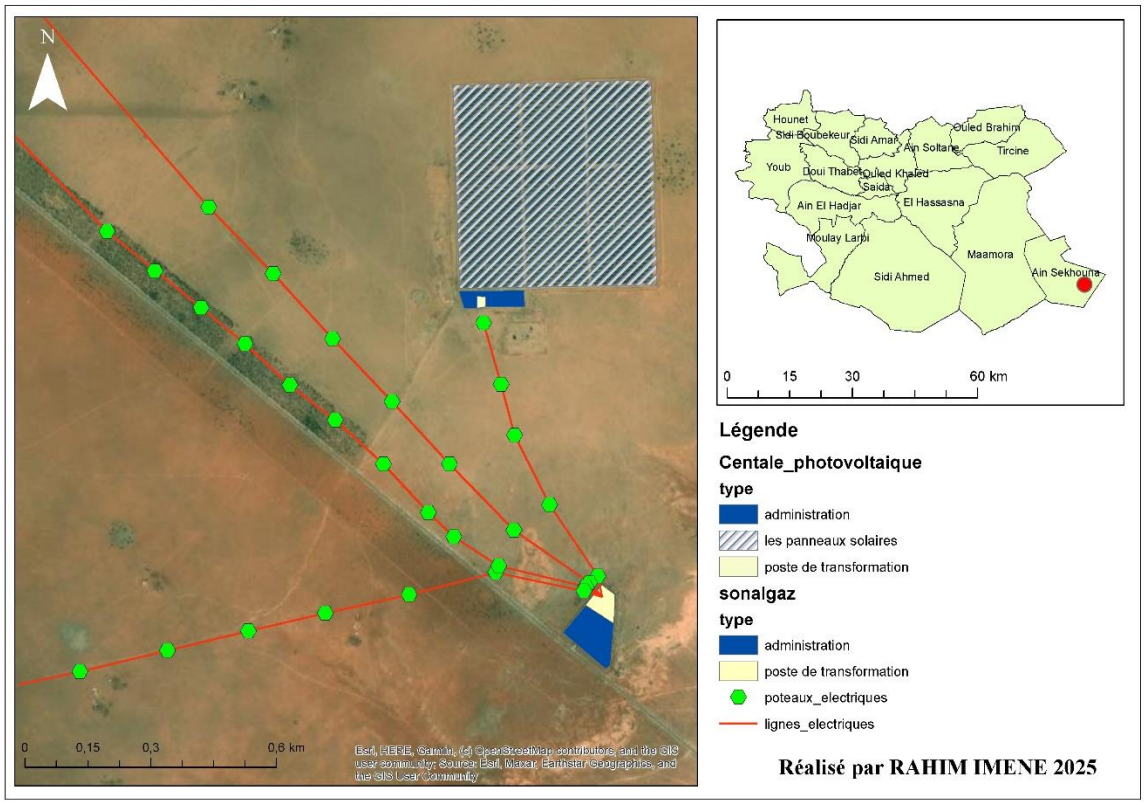


Figure 37 : Localisation de la centrale photovoltaïque « d'Ain Skhona »

2.2. Données énergétiques de mois d'Avril 2019 :

Dans le cadre de l'analyse énergétique du mois d'avril 2019, deux types de températures ont été considérées : la température ambiante (Ta) et la température module (Tm).

A -Température ambiante (Ta) :

Il s'agit de la température de l'air mesurée à proximité de l'installation solaire, généralement à l'ombre et à une hauteur normalisée (environ 1,5 à 2 mètres du sol). Elle reflète les conditions climatiques extérieures et est influencée par les phénomènes atmosphériques tels que le vent, l'humidité ou la nébulosité.

B -Température module (Tm) :

C'est la température mesurée directement à la surface des panneaux photovoltaïques. Elle est généralement plus élevée que la température ambiante en raison de l'absorption du rayonnement solaire. Cette température joue un rôle déterminant dans la performance des modules : une élévation de Tm entraîne une baisse de rendement, en particulier pour les panneaux à base de silicium cristallin, qui sont sensibles à la chaleur.

Tableau n°07 : les données énergétiques d'Avril 2019 voir (Annex n°03)

Mois	Insolation (KWh/m²)	Tm (°C)	Ta (°C)	Vitesse du vent (m/s)
Avril 2019	206.2	695.5	495	201.3

B. Hneini,2019

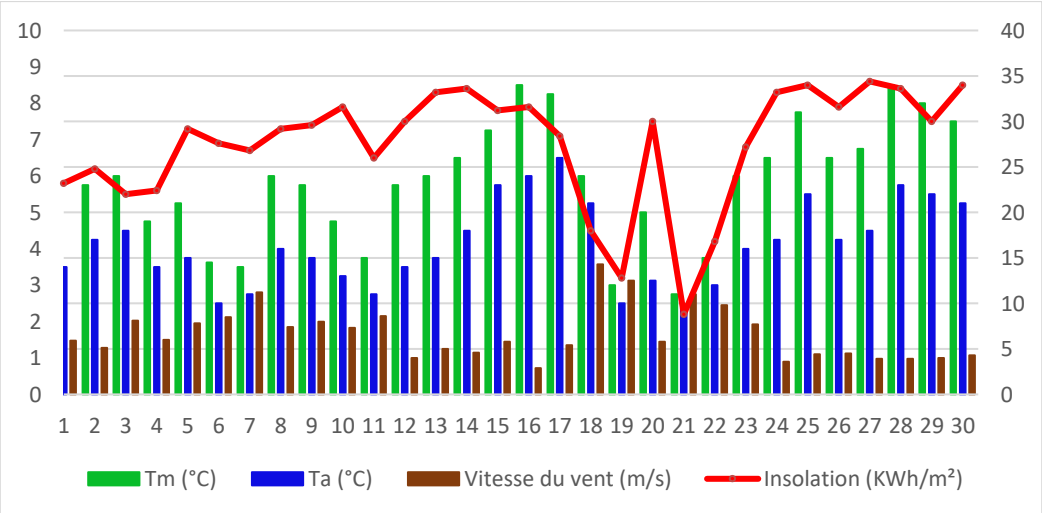


Figure 38: Les données énergétiques d'Avril 2019

En avril 2019, les conditions climatiques ont été globalement favorables à la production d'énergie solaire. L'insolation a atteint 206,2 kWh/m², avec des températures modérées et une vitesse du vent relativement stable. Le graphique montre une bonne constance de l'ensoleillement, avec quelques baisses autour du 10 au 12 avril, probablement dues à des perturbations météorologiques. Dans l'ensemble, ce mois présente un potentiel énergétique intéressant pour les installations photovoltaïques.

2.3. Données énergétiques saisonnières en 2023 :

Tableau n°08 : Les données énergétiques saisonnières (janvier ; avril ; juillet ; octobre) en 2023 (Annexe n°04, 05,06,07)

	Température(C°)	Vitesse du vent [m/s]	Puissance [kW]	Irradiation Global [W/m²]	Module température[°C]
Janv-23	12,91	2,67	10516,05	413,965	49,99
Avr-23	15,08	4,60	14981,11	623,925	28,48
Juil-23	32,64	3,79	12673,56	555,619	21,11
Oct-23	26,57	2,62	13729,7	578,733	26,78

Source : Centrale photovoltaïque (Ain skhona) 2025

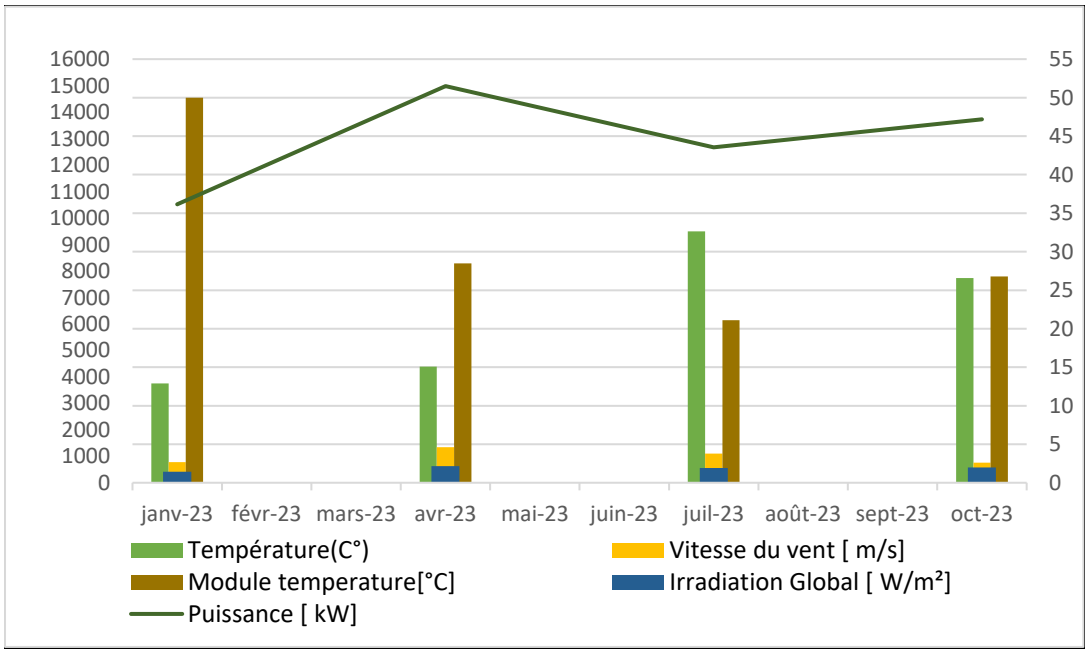


Figure 39: Les données énergétiques saisonnières en 2023

Le graphique présente l'évolution de plusieurs paramètres climatiques et énergétiques pour l'année 2023 (janvier, avril, juillet et octobre), dans le cadre de l'analyse de la performance d'un système photovoltaïque. On remarque que le mois d'avril enregistre la puissance électrique la plus élevée (environ 14 981 kW), ce qui coïncide avec une irradiation solaire importante (623,93 W/m²), une température modérée du module (28,48 °C) et une vitesse de vent relativement élevée (4,6 m/s). Ces conditions favorisent le bon fonctionnement du système, en assurant à la fois une bonne exposition solaire et un refroidissement efficace des modules.

En revanche, en janvier, bien que la température du module très élevée (près de 50 °C), la puissance produite est la plus faible (environ 10 516 kW), principalement à cause d'une irradiation solaire faible (413,97 W/m²). Cela illustre l'importance de l'irradiation dans la production solaire, mais aussi les effets négatifs des températures excessives sur le rendement des panneaux. En juillet, malgré une irradiation relativement élevée (555,62 W/m²), la puissance produite diminue (12 674 kW) en raison d'une température ambiante très élevée (32,64 °C) qui réduit l'efficacité du système. Enfin, en octobre, les performances se stabilisent avec une puissance de 13 729 kW, une irradiation correcte (578,73 W/m²) et une température du module modérée (26,78 °C).

2.4. Données énergétiques saisonnières en 2024 :

Tableaun°09 : Données énergétiques des saisons (janvier ; avril ; juillet ; octobre) de 2024 (Annexe n°08, 09,10, 11)

	Température(C°)	Vitesse du vent [m/s]	Puissance [kW]	Irradiation Global [W/m²]	Module température [°C]
Janv-24	12,31	3,23	6185,86	355,41	23,65
Avr-24	19,29	4,025	15201,92	625,21	35,01
Juil-24	26,33	6,47	6328,31	552,08	30,99
Oct-24	22,4	5,09	5955,72	423,94	28,74

Source : Centrale photovoltaïque (Ain skhona) 2025

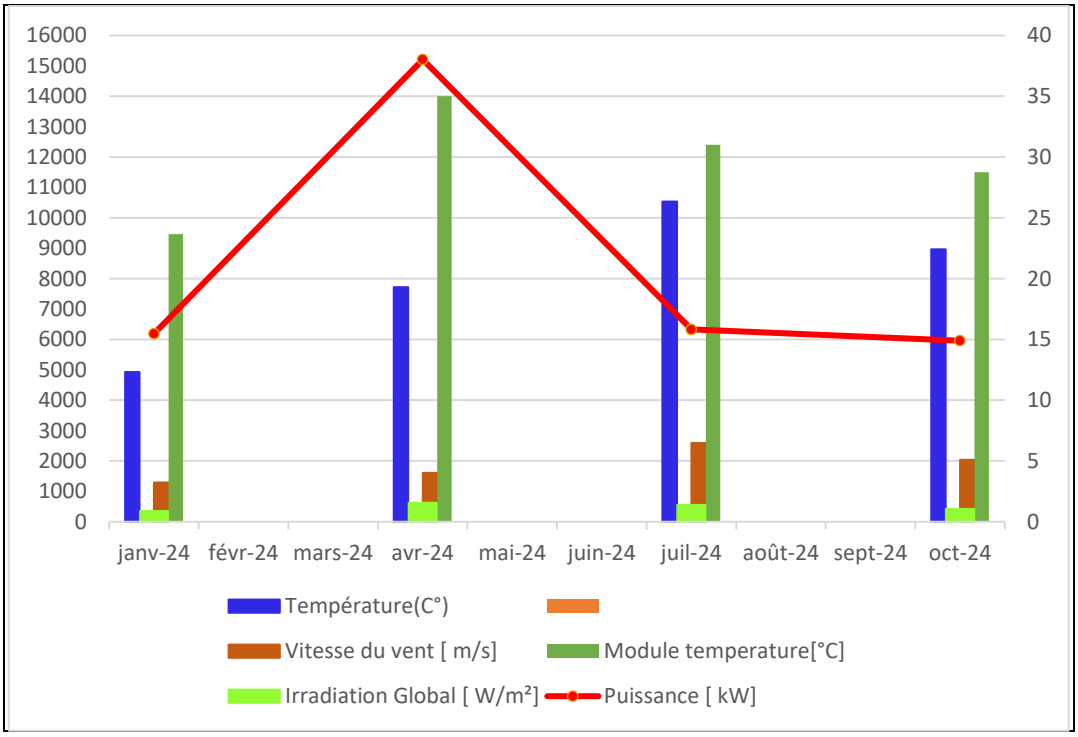


Figure 40: Les données énergétiques saisonnières en 2024

Le graphique et le tableau représentent l'évolution des paramètres climatiques et de performance d'un système photovoltaïque pour l'année 2024, sur quatre mois clés : janvier, avril, juillet et octobre. L'analyse met en évidence l'impact combiné de la température, du vent, de l'irradiation solaire et de la température du module sur la puissance produite.

Le mois d'avril 2024 se distingue nettement comme la période la plus favorable pour la production d'énergie solaire, avec une puissance maximale de 15 201,92 kW. Cela s'explique par une irradiation solaire très élevée (625,21 W/m²) et une température de module de 35 °C, ce qui reste acceptable. La vitesse du vent (4,02 m/s) est suffisante pour assurer un bon refroidissement des panneaux, ce qui limite la surchauffe et optimise leur rendement.

En revanche, en janvier, la production chute à 6 185,86 kW, malgré une température du module relativement basse (23,65 °C), car l'irradiation est très faible (355,41 W/m²). Cela montre que même si les conditions thermiques sont bonnes, un ensoleillement insuffisant limite la production d'énergie.

En juillet, bien que l'irradiation reste élevée (552,08 W/m²) et que la vitesse du vent soit très forte (6,47 m/s) – ce qui est favorable pour le refroidissement, la puissance

produite est relativement faible (6 328,31 kW). Cela peut être attribué à une perte de rendement due à une température ambiante et de module plus élevées (30,99 °C), qui réduisent l'efficacité des cellules photovoltaïques malgré un bon ensoleillement.

En octobre, la situation est comparable à celle de janvier, avec une puissance relativement faible (5 955,72 kW) due à une irradiation modérée (423,94 W/m²), bien que la température de module correcte (28,74 °C) et le vent raisonnablement fort (5,09 m/s).

2.5. Tableau comparatif :

Tableau n°10 : Les données énergétiques de la wilaya de SAIDA (03/04/2019-2023-2024).

Jour	**Irradiation Global [W/m²]**	**Température(C°)**	**Module température[°C]**	**Vitesse du vent [m/s]**
03/04/2019	550	24	18	8.1
03/04/2023	623,93	15,09	28,49	4,60
03/04/2024	625,21	19,29	35,01	4,02

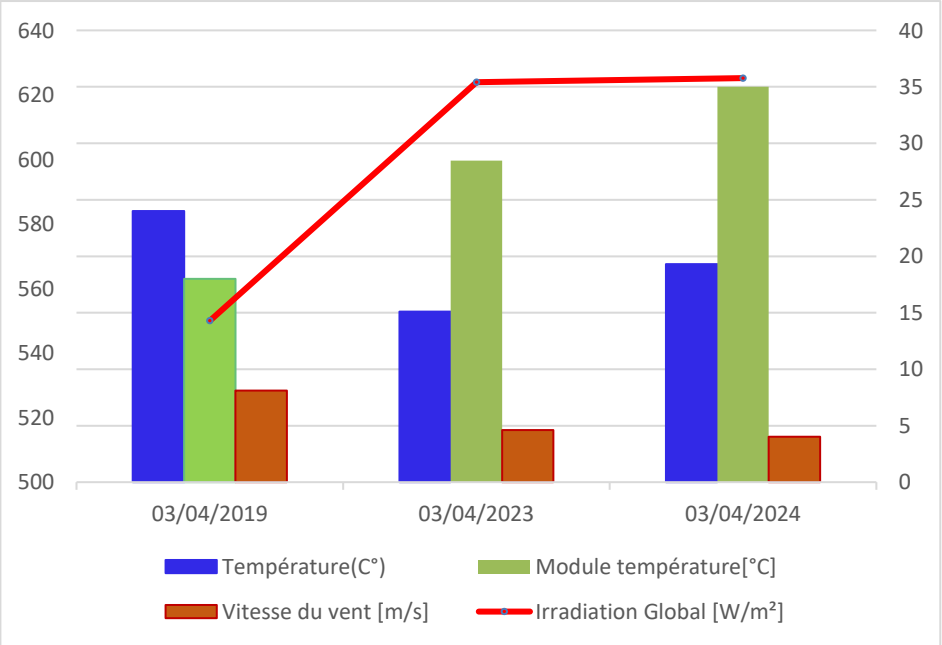


Figure 41 : Les données énergétiques de la wilaya de SAIDA 2019-2023-2024

Le Graphe présente l'évolution des paramètres climatiques le 3 avril des années 2019, 2023 et 2024. Ces données permettent de mettre en évidence les variations interannuelles qui influencent la performance des systèmes photovoltaïques.

On observe une augmentation continue de l'irradiation globale, passant de 550 W/m² en 2019 à 623,93 W/m² en 2023, puis à 625,21 W/m² en 2024. Cette progression reflète une amélioration des conditions d'ensoleillement, favorable à la production solaire. Cependant, cette amélioration est accompagnée d'une hausse marquée de la température du module, qui passe de 18 °C en 2019 à 28,48 °C en 2023, puis à 35 °C en 2024. Cette élévation peut réduire le rendement des panneaux solaires, car les hautes températures diminuent l'efficacité des cellules photovoltaïques.

Concernant la température ambiante, elle montre des fluctuations : 24 °C en 2019, une baisse à 15,09 °C en 2023, puis une remontée à 19,29 °C en 2024. Cette variation influence indirectement la température du module. De plus, la vitesse du vent, qui agit comme un facteur de refroidissement, diminue fortement sur la période étudiée, passant de 8,1 m/s en 2019 à 4,02 m/s en 2024, ce qui limite le refroidissement naturel des modules.

3. Résultats de l'enquête menée auprès de la centrale solaire :

Dans le cadre de cette étude, un questionnaire a été élaboré et distribué auprès d'un échantillon ciblé au sein de la centrale solaire de Saïda, dans le but de recueillir des données qualitatives et quantitatives sur la perception, l'exploitation et l'efficacité des installations photovoltaïques face aux variations climatiques (Annexe n°12).

Ce questionnaire vise à compléter l'analyse climatique par une approche terrain, en s'intéressant aux retours d'expérience des professionnels du secteur. Les réponses obtenues permettent d'avoir une vision plus concrète de l'impact des changements climatiques sur les performances des systèmes solaires, tout en mettant en lumière les pratiques adoptées, les difficultés rencontrées et les pistes d'amélioration envisageables. L'analyse qui suit se propose de présenter les résultats issus du questionnaire, question par question, en les interprétants à la lumière des objectifs de recherche fixés.

3.1. Informations générales :

Élément	Détail
Nom de la centrale solaire	Centrale photovoltaïque de « Ain Skhona »
Localisation	34,53225° N,0,80484° E, wilaya de SAIDA, la commune de Ain Skhona.
Année de mise en service	20 mai 2016
Capacité installée (MW)	30 MW
Nombre de panneaux solaires installés	119 520 panneaux solaires
La superficie	42 ha
Technologie des panneaux	Polycristallin
La réalisation	ShariketKhahrabawa Taket Moutadjadida (SKTM)



Photo 05 : La sociétéSKTM d'AinSkhouna (Saida)

3.2. Conditions et impact des paramètres climatiques sur l'efficacité des panneaux solaires (PS) :

Elément	Détails

-La variation saisonnière de la production d'énergie	-Oui il y'a une variation saisonnière
-La période la plus productive	Juin, Juillet, Aout
-Les principaux facteurs climatiques qui influencent sur la performance des PS	-Température, précipitation, vent, durée ensoleillement, tempêtes, humidité.
-L'effet de la température sur la performance des PS	-Température élevée réduit l'efficacité. - La durée d'ensoleillement
-Impact du temps nuageux ou pluvieux sur la diminution de la production d'énergie des PS	-Oui il y'a une diminution de la production d'énergie
-Impact de l'humidité	-Diminution de la production d'énergieque le taux d'humidité est élevé
-Impact du vent	-Oui le vent affecte négativement et endommage la structure des PS comme les fissures ou les arrachent s'ils ne sont pas bien fixés, et provoque des vibrations sur les PS
-Impact des conditions climatiques extrêmes	-Oui par la diminution de la production d'énergie et d'effectué les PS
-La dégradation des performances de PS au fil des ans	-Oui il y'a une dégradation de performances des PS d'environ (3%) durant9ans
-La mensuration de l'impact de changement climatique sur la production d'énergie	-Oui la mensuration est régulièreavec l'équation de Ratio de performance (PR)
-Impact de changement climatique dans la région	-Oui les changements climatiques affectent la région.
Cette centrale alimente-t-elle ensemble de la wilaya de SAIDA	Non, la centrale alimente quelque commune de la wilaya d'El-Bayad et quelque commune dans la wilaya de

	TIARET et la commune de AIN SKHONA et daya de ZRAGUET



Photo 06 : Les champs photovoltaïques de la centrale d'Ain Skhouna

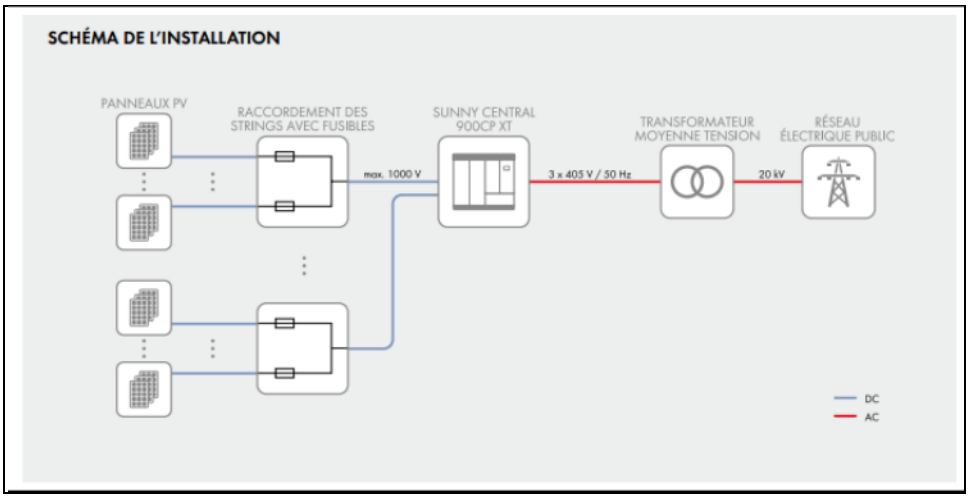


Figure 42: Schéma de l'installation photovoltaïque d'Ain Skhouna.

3.3. Maintenance et optimisation de l'efficacité :

Elément	Détails
-Le nettoyage des PS	-Selon la salissure
-Les principaux problèmes de maintenance rencontrés	-Poussière/sable, défauts électriques, perte d'efficacité due à la chaleur

-Manque de main d'œuvre	-Non, il n'y a pas de manque de travailleurs
-Les solutions d'optimisation de la -- production d'énergie	-Suivi en temps réel, refroidissement des PS, nettoyage automatisé, ajustement de l'orientation des PS



Photo07 *:* Machine mobile pour le nettoyage

3.4. Evolution et recommandations :

Elément	Détails
-Le changement climatique aura-t-il un impact significatif sur la production solaire dans les prochaines années	-Oui, l'impactsera significatif sur la production solaire dans les prochaines années : par l'augmentation de la température et d'autres phénomènes extrêmes (sirocco, vent de sable) ainsique le changement du régime des précipitations.
-Les améliorations à apporter pour optimiser l'efficacité énergétique des PS	-Assurer un nettoyage régulier des panneaux, l'orientation et l'inclinaison optimales des PS, -L'utilisation de panneaux de nouvelle génération, l'installation de systèmes de suivi solaire, assurer une maintenance régulière des équipements électriques.

-Les suggestions ou recommandations pour améliorer l'adaptation de la centrale solaire aux changements climatiques	-Dans le contexte du changement climatique, les centrales solaires font face à des conditions extrêmes telles que la chaleur intense, les vents violents, la sécheresse et les tempêtes de poussière. -Le boisement autour des installations permet d'atténuer ces impacts en renforçant leur résistance environnementale.
-Un projet en cours de réalisation.	-Le projet de centrale photovoltaïque dans la commune de SFID en 2029.
-Une région à SAIDA proposée pour l'installation d'une autre centrale des PS.	-Dans toute la wilaya.
-L'installation d'une centrale des PS créer suffisamment de postes d'emplois.	-Oui, l'installation d'une centrale des PS peut assurer des postes d'emplois

L'analyse climatique sur la période 1996–2024 a mis en évidence une tendance claire vers un réchauffement progressif accompagné d'une baisse notable des précipitations, traduisant une accentuation du caractère semi-aride du climat local. La hausse des températures, la fréquence accrue des vents sahariens (sirocco), ainsi que la variabilité interannuelle des paramètres météorologiques constituent autant de facteurs pouvant affecter les performances des installations photovoltaïques.

Les données collectées sur la centrale photovoltaïque « d'Ain Skhouna » confirment que les variations climatiques notamment la température, l'humidité, la poussière, le vent et l'irradiation, influencent significativement le rendement des panneaux solaires. Les périodes de forte insolation coïncident généralement avec des productions énergétiques élevées, tandis que les conditions extrêmes, comme les épisodes de chaleur intense ou de vents de sable, peuvent entraîner une baisse de performance et accélérer la dégradation des équipements.

L'efficacité des panneaux solaires dans la wilaya de Saïda est influencée par plusieurs facteurs climatiques, notamment l'ensoleillement, la température ambiante, le taux d'humidité et la vitesse du vent. Cette région connaît des variations saisonnières marquées, avec des étés chauds et secs qui favorisent une bonne production d'énergie solaire, tandis que les hivers sont plus froids et moins ensoleillés, ce qui diminue le rendement des installations photovoltaïques. Les fluctuations saisonnières de la radiation solaire et de la température affectent donc directement la quantité d'énergie produite. Pour améliorer l'efficacité des panneaux solaires face à ces conditions locales, des techniques comme l'utilisation de suiveurs solaires (trackers) pour ajuster l'orientation des panneaux en fonction de la position du soleil, ainsi que l'emploi de systèmes de refroidissement passifs ou actifs, peuvent être mises en œuvre. De plus, l'adoption de panneaux à haut rendement et résistants aux variations climatiques permettrait d'optimiser la production énergétique tout au long de l'année.

Conclusion générale

À travers cette étude, nous avons examiné de manière approfondie l'impact du changement climatique sur l'efficacité énergétique des panneaux solaires dans la wilaya de Saïda. Cette région, caractérisée par un fort ensoleillement et des conditions climatiques variables, présente à la fois des opportunités importantes pour le développement de l'énergie solaire et des défis liés à l'évolution de son climat.

En dépit de ces contraintes, les perspectives restent encourageantes pour le développement de l'énergie solaire à Saïda. Des solutions techniques et opérationnelles telles que le nettoyage régulier des modules, l'optimisation de leur orientation, l'introduction de systèmes de refroidissement ou encore l'utilisation de technologies de nouvelle génération permettent d'améliorer l'efficacité énergétique des installations. Par ailleurs, l'intégration de ces solutions dans les futurs projets comme la centrale prévue à SFID en 2029 pourrait renforcer la résilience du secteur face aux effets du changement climatique.

En conclusion, ce mémoire démontre que la transition énergétique à Saïda, bien qu'exposée à des aléas climatiques croissants, peut s'appuyer sur des ressources solaires exceptionnelles à condition de mettre en œuvre des stratégies d'adaptation appropriées. Le développement durable de la région passe par une meilleure compréhension des interactions climat-énergie et par l'adoption de technologies solaires adaptées aux réalités locales.

Bibliographie

1-**ALLAOUI, B., BOUZEROUATA, B., & Abdelhafid, L. (2021).** ÉTUDE ET CONCEPTION DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE NAAMA. *INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DÉPARTEMENT DE TECHNOLOGIE*.mémoire de fin d'étude de Master.

2-BABE, H. M. (2018). Etude de la centrale photovoltaïque de Skhouna (Saida). *FACULTE DE TECHNOLOGIE DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE*. mémoire de fin d'étude de Master.

3- BACHIRI, N., & AINANA, A. (2020). Simulation de Dispatching Combiné Economique/ Environnemental (CEED) en Présence d'une Source à Energie Renouvelable (SER). *INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DÉPARTEMENT DE TECHNOLOGIE*. mémoire de fin d'étude de Master

4- BERREGUI, A., & ABSA, A. (2020). Etude technicoéconomique d ' une installation photovoltaïque pour application dans la région de Ouargla, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. *UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA*. mémoire de fin d'étude de Master

5- CHAAB, A. (2018). Etude et simulation d'un système de production d'énergie photovoltaïque en site isolé. *Sciences de l'Ingéniorat .Électrotechnique*. mémoire de fin d'étude de Master

6- Massylia, L. (2022). Etude de l'impact du changement climatique sur le rendement énergétique des panneaux solaires photovoltaïques. *Département de Génie de l ' Environnement, Polytechnique, Ecole Nationale*.mémoire d'Ingénieur d'état en Génie de l'Environnement

7- Mohand.K, G., M, A., C, M., & .O, A. (2023). Etude comparative des performances de modules photovoltaïques de différentes technologies dans un climat méditerranéen. *Journal of Renewable Energies*, *17*(2), 291–300. https://doi.org/10.54966/jreen.v17i2.443

8- SKTM, D. (2016). *shariket kahraba wa taket moutadjadida*.

9- TOUIL, H., & BENOUMHANI, A. (2022). Contribution à la protection des panneaux solaires contre le vent de sable. *UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES DEPARTEMENT DE*

GENIE MECANIQUE. mémoire de fin d'étude de Master

10- J. ROUZO, D. DUCHE, L. ESCOUBAS, F. FLORY, J. SIMON, P. TORCHIO, S. VEDRAINE, W. VERVISCH, INSTITU BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMEN, PHOTOVOLTAÏQUE FONCTIONNEMENT ET TECHNOLOGIES.2009

11- R. Hamdi1, S.A. Hafad, H.A.Kazem, M.T.Chaichan. Humidity impact on photovoltaic cells performance.2018)

12- Abu Bakar Khan. Effect of Temperature and Wind Speed on Efficiency of PV Module.2022

13- H.Athar, B.Ankit&P.Rupendra. An experimental study on effect of dust on power loss in solar photovoltaic module. 2017

14- Mani and Pillai, 2010, **Figgis et al**., 2017, **Said et al**., 2018

15- Gardas BB, Tendolkar MV. Design of Cooling System for Photovoltaic Panel forincreasingitsElectricalEfficiency, ICMIE, Goa, 2012

16- Dalila.2022, Intégration des sources d'énergie renouvelables en Algérie, Réalisation et perspective)

17 -APC+CADASTRE+DPSB de la wilaya de SAIDA

18 -La centrale photovoltaïque de « Ain Skhona » 2025

20 -ONM (office nationale de la météorologie)

Webographie :

21- http://www.solarexsarl.ch/produits/solaire-thermique)/

22- https://knowhow.distrelec.com/fr/sm-fr/technologie-solaire-photovoltaique-fluke

23- www.monica.com

24- https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/la-biomasse-est-une-energie-renouvelable/

25- Https://fr.freepik.com/photos-vecteurs-libre/centrale-eolienne/5

26- https://www.quiestvert.fr/contenus/electricite-verte/tout-ce-que-vous-devez-savoir-sur-lenergie-hydraulique/

27- Https://www.wtsenergy.com/fr/glossary/energie-geothermique/

28- https://www.nouvenergie.fr/e-formation/solaire-1/

29- Https://solaire-france.com/cellules-solaires/

30- 1st SunflowerRenewable Energy

31- BRUXELLE ENVIRONNEMENT.2009

32- Etienne.V, solaire en nord

33- https://www.bobex.be/fr-be/panneaux-solaires/installation/orientation-panneau-solaire/ombrage

34- https://www.linfodurable.fr/climat/des-panneaux-pluivio-voltaiques-creent-de-lenergie-grace-aux-gouttes-de-pluie-40831

34- https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=7&wilaya=20

35- http://meteomanz.com/sy2?cou=1030&ind=60536&d1=02&m1=11&y1=2024&d2=01&m2=12&y2=2024&so=007

Annexes

Annexe n°01 : POPULATION AUX RECENSEMENTS 1998, 2008 ET ESTIMATIONS AU 31/12/ 2015 :

CODE	COMMUNES	RGPH 1998	RGPH 2008	2008(*)	Estimations fin 2008	Estimation fin 2009	POPULATION 31/12/ 2010	POPULATION 31/12/ 2011	POPULATION 31/12/ 2012	POPULATION 31/12/ 2013	POPULATION 31/12/ 2014	POPULATION 31/12/ 2015
2001	SAIDA	115 166	128 413	125 529	126 865	130 805	132 826	135 488	138 203	140 973	143 799	146 681
2002	DOUI TH	4 315	5 158	5 179	5 234	5 292	5 373	5 456	5 541	5 626	5 713	5 801
2003	AIN EL H	21 493	29 023	28 670	28 975	30 263	31 032	31 821	32 629	33 459	34 309	35 181
2004	OULED	19 368	30 485	30 632	30 958	31 748	32 530	33 332	34 154	34 996	35 859	36 742
2005	MOULA	10 426	11 066	11 079	11 197	11 352	11 528	11 706	11 887	12 070	12 257	12 446
2006	YOUB	15 314	17 354	17 316	17 500	17 772	18 028	18 287	18 550	18 817	19 087	19 362
2007	HOUNET	4 097	4 765	4 767	4 818	4 889	4 964	5 041	5 119	5 198	5 279	5 361
2008	SIDI AM	7 715	8 991	8 983	9 079	9 227	9 372	9 519	9 668	9 820	9 974	10 131
2009	SIDI BO	17 131	19 282	19 356	19 562	19 672	19 911	20 151	20 395	20 642	20 892	21 145
2010	HASSAS	10 448	13 294	13 144	13 284	13 590	13 770	13 953	14 139	14 327	14 517	14 710
2011	MAAMO	5 342	7 082	7 118	7 194	7 205	7 279	7 355	7 431	7 508	7 586	7 664
2012	SIDI AH	12 205	14 592	14 603	14 758	14 859	15 021	15 186	15 352	15 519	15 689	15 861
2013	AIN SKH	5 725	7 129	7 649	7 730	7 314	7 427	7 541	7 658	7 776	7 896	8 018
2014	OULED	18 406	19 711	19 710	19 920	20 225	20 540	20 859	21 184	21 514	21 848	22 188
2015	TIRCINI	6 307	7 377	7 329	7 407	7 568	7 685	7 804	7 924	8 047	8 171	8 297
2016	AIN SOL	6 068	6 919	6 865	6 938	7 075	7 170	7 266	7 364	7 463	7 564	7 665
20	WILAYA	279 526	330 641	327 929	331 419	338 854	344 455	350 766	357 198	363 755	370 439	377 253

Annexe n°02 : POPULATION AUX RECENSEMENTS 2016 ET ESTIMATIONS AU 31/12/ 2023 :

CODE	COMMUNES	POPULATION 31/12/ 2016	POPULATION 31/12/ 2017	POPULATION 31/12/ 2018	POPULATION 31/12/ 2019	POPULATION 31/12/ 2020	POPULATION 31/12/ 2021	POPULATION 31/12/ 2022	POPULATION 31/12/ 2023	SUPERFICIE(km²)
2001	SAIDA	149 620	152 619	155 678	158 970	162 308	177 983	185 693	192 338	75,80
2002	DOUI THA	5 891	38 576	6 074	6 202	6 332	6 924	7 000	7 074	216,90
2003	AIN EL HA	36 075	36 992	37 932	38 729	39 542	39 815	40 281	40 898	417,30
2004	OULED KH	37 648	22 885	39 527	40 357	41 205	55 973	56 097	56 113	207,20
2005	MOULAY I	12 639	21 660	13 032	13 306	13 585	14 896	14 917	14 948	423,70
2006	YOUB	19 640	19 923	20 209	20 634	21 067	24 115	24 145	24 168	443,10
2007	HOUNET	5 443	16 209	5 613	5 731	5 852	6 114	6 161	6 174	176,10
2008	SIDI AMA	10 289	15 104	10 615	10 838	11 065	12 546	12 536	12 548	167,80
2009	SIDI BOU	21 401	12 834	21 922	22 382	22 852	29 934	30 233	30 519	245,70
2010	HASSASN	14 905	10 451	15 304	15 626	15 954	19 520	19 898	20 180	579,50
2011	MAAMORA	7 744	8 556	7 905	8 071	8 240	8 994	9 248	9 277	1216,50
2012	SIDI AHM	16 034	8 268	16 387	16 731	17 082	20 226	20 395	20 498	1257,30
2013	AIN SKHO	8 142	7 873	8 396	8 572	8 752	9 366	9 492	9 575	404,40
2014	OULED BR	22 534	7 824	23 241	23 729	24 227	25 928	26 051	26 203	253,50
2015	TIRCINE	8 425	5 982	8 688	8 870	9 056	9 133	9 333	9 347	421,40
2016	AIN SOLT	7 768	5 528	7 979	8 146	8 317	8 784	8 790	8 818	259,20
20	WILAYA	384 200	391 282	398 501	406 893	415 438	470 251	480 270	488 678	6765,40

Annexe n°03 : Données énergétiques Avril 2019

Jour	Insolation (KWh/m²)	Tm (°C)	Ta (°C)	Vitesse du vent (m/s)
1	5,8	18	14	5,9
2	6,2	23	17	5,1
3	5,5	24	18	8,1
4	5,6	19	14	6
5	7,3	21	15	7,8
6	6,9	14,5	10	8,5
7	6,7	14	11	11,2
8	7,3	24	16	7,4
9	7,4	23	15	8
10	7,9	19	13	7,3
11	6,5	15	11	8,6
12	7,5	23	14	4
13	8,3	24	15	5
14	8,4	26	18	4,6
15	7,8	29	23	5,8
16	7,9	34	24	2,9
17	7,1	33	26	5,4
18	4,5	24	21	14,3
19	3,2	12	10	12,5
20	7,5	20	12,5	5,8
21	2,2	11	9,5	11
22	4,2	15	12	9,8
23	6,8	24	16	7,7
24	8,3	26	17	3,6
25	8,5	31	22	4,4
26	7,9	26	17	4,5
27	8,6	27	18	3,9
28	8,4	34	23	3,9
29	7,5	32	22	4
30	8,5	30	21	4,3

Annexe n°04 : Données énergétiques 04/01/2023

Timestamp	Puissance [kW	Irradiation [W/m²]	T [°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
04/01/2023 08:00	-35,507	0,548	-0,075	85,88	1,752
04/01/2023 08:15	41,58	2,631	0,483	85,804	1,785
04/01/2023 08:30	764,836	38,039	0,802	85,408	1,523
04/01/2023 08:45	1874,863	73,061	0,858	83,676	1,806
04/01/2023 09:00	2878,399	185,192	1,645	81,978	1,476
04/01/2023 09:15	5081,521	247,615	2,91	78,804	1,093
04/01/2023 09:30	8176,602	305,06	4,892	74,726	0,056
04/01/2023 09:45	9779,779	363,659	6,756	67,871	0,052
04/01/2023 10:00	11246,459	420,488	6,887	63,832	1,246
04/01/2023 10:15	12614,798	473,462	6,534	64,806	1,215
04/01/2023 10:30	13855,794	523,92	7,018	64,026	1,307
04/01/2023 10:45	14977,069	569,537	7,285	63,184	1,611
04/01/2023 11:00	15933,603	607,963	8,01	60,392	1,504
04/01/2023 11:15	16810,44	641,96	8,486	60,115	1,652
04/01/2023 11:30	17452,595	673,538	9,136	58,942	1,415
04/01/2023 11:45	18386,469	708,146	9,862	57,894	2,464
04/01/2023 12:00	18806,493	730,268	9,744	59,659	1,814
04/01/2023 12:15	19177,273	748,86	10,839	56,502	2,024
04/01/2023 12:30	19454,66	762,624	11,473	55,181	2,196
04/01/2023 12:45	19588,449	772,107	11,537	55,392	2,353
04/01/2023 13:00	19581,899	776,27	11,768	55,183	2,37
04/01/2023 13:15	19726,167	775,516	12,672	53,199	2,161
04/01/2023 13:30	19579,785	771,012	13,617	50,491	2,442
04/01/2023 13:45	19315,932	760,556	14,04	49,248	1,975
04/01/2023 14:00	18856,034	744,492	14,278	47,249	2,152
04/01/2023 14:15	18372,574	722,016	14,928	46,186	1,806
04/01/2023 14:30	18022,28	701,026	15,205	41,491	3,153
04/01/2023 14:45	17549,381	673,029	15,248	41,352	4,208
04/01/2023 15:00	16643,01	637,226	15,696	41,565	3,099
04/01/2023 15:15	15772,265	599,7	15,849	39,971	3,533
04/01/2023 15:30	14739,782	557,276	15,77	39,332	3,891
04/01/2023 15:45	13638,022	512,661	15,677	37,901	4,245
04/01/2023 16:00	12424,823	465,071	15,526	36,854	4,426
04/01/2023 16:15	11020,305	412,381	15,285	37,242	5,288
04/01/2023 16:30	9496,475	356,596	14,832	37,952	5,644
04/01/2023 16:45	7865,32	299,819	14,527	38,371	4,408
04/01/2023 17:00	6040,332	241,968	14,236	38,799	5,334
04/01/2023 17:15	3002,302	181,997	13,839	39,579	5,478
04/01/2023 17:30	1797,419	122,003	13,389	40,324	4,8
04/01/2023 17:45	823,92	63,251	12,717	41,305	4,713
04/01/2023 18:00	86,551	15,649	11,949	42,396	5,088
04/01/2023 18:15	-39,982	0,46	11,205	43,966	4,499

Annexe n°05 : : Données énergétiques 03/04/2023

Timestamp	Puissance [kW]	Irradiation [W/m²]	T [°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
03/04/2023 06:45	-40,715	0,838	1,744	54,851	2,195
03/04/2023 07:00	73,933	15,235	1,587	55,85	1,926
03/04/2023 07:15	632,229	30,054	1,765	57,778	2,279
03/04/2023 07:30	1669,308	24,329	2,742	56,844	1,782
03/04/2023 07:45	3196,827	127,647	4,11	53,802	1,74
03/04/2023 08:00	5027,168	235,724	5,792	50,286	2,016
03/04/2023 08:15	6964,67	304,391	7,316	46,947	1,892
03/04/2023 08:30	8884,595	369,515	8,868	43,241	2,289
03/04/2023 08:45	10742,343	437,181	9,705	41,608	2,642
03/04/2023 09:00	12433,419	501,944	10,714	39,889	1,69
03/04/2023 09:15	13930,23	558,813	12,123	36,37	2,281
03/04/2023 09:30	15550,361	618,306	12,915	33,091	3,906
03/04/2023 09:45	16990,074	673,886	13,247	33,967	3,992
03/04/2023 10:00	18266,776	729,984	13,602	32,927	3,938
03/04/2023 10:15	19367,82	784,018	14,105	32,063	4,066
03/04/2023 10:30	20386,491	835,51	14,316	31,677	3,273
03/04/2023 10:45	21199,88	878,648	14,922	30,753	2,444
03/04/2023 11:00	21943,274	917,468	15,385	29,328	2,83
03/04/2023 11:15	22848,303	947,8	15,634	27,405	5,091
03/04/2023 11:30	23497,457	985,695	15,757	26,899	3,645
03/04/2023 11:45	24242,953	1016,04	16,162	26,637	5,027
03/04/2023 12:00	24671,554	1042,6	16,144	26,618	5,159
03/04/2023 12:15	24763,361	1056,16	16,464	26,859	3,465
03/04/2023 12:30	24904,364	1068,86	16,994	26,21	3,689
03/04/2023 12:45	24929,819	1078,11	17,163	25,942	3,125
03/04/2023 13:00	24940,6	1080,47	17,115	25,826	4,745
03/04/2023 13:15	25029,964	1082,42	17,601	23,998	4,491
03/04/2023 13:30	25040,294	1080,16	17,42	23,377	4,968
03/04/2023 13:45	24931,769	1070,99	18,04	21,834	4,685
03/04/2023 14:00	24872,454	1062,3	18,419	19,805	5,462
03/04/2023 14:15	24586,886	1038,75	19,102	18,718	5,594
03/04/2023 14:30	24100,265	1012,06	19,198	19,131	5,23
03/04/2023 14:45	23356,18	979,952	19,161	18,193	5,965
03/04/2023 15:00	22674,993	942,925	19,275	18,47	5,218
03/04/2023 15:15	21960,536	903,793	19,652	18,875	6,562
03/04/2023 15:30	21014,476	862,418	19,648	18,652	6,544
03/04/2023 15:45	20013,807	815,148	19,515	18,164	5,244
03/04/2023 16:00	18979,843	764,678	19,804	17,974	5,643
03/04/2023 16:15	17833,454	712,534	19,904	18,346	7,044
03/04/2023 16:30	16483,448	656,221	19,814	17,805	6,503
03/04/2023 16:45	15127,596	598,52	19,926	17,392	7,128
03/04/2023 17:00	13629,428	537,114	19,568	17,329	7,018
03/04/2023 17:15	12004,859	473,516	19,666	16,823	5,869
03/04/2023 17:30	10271,185	408,092	19,521	17,934	7,657
03/04/2023 17:45	8435,279	340,63	19,266	18,114	6,292
03/04/2023 18:00	6563,44	275,085	19,116	17,952	6,896
03/04/2023 18:15	4717,626	209,795	18,726	19,364	6,353
03/04/2023 18:30	3001,064	147,433	18,367	19,779	6,482
03/04/2023 18:45	1594,327	91,374	17,654	20,394	6,472
03/04/2023 19:00	650,16	43,496	17,279	21,521	6,101
03/04/2023 19:15	165,143	14,233	16,638	23,101	6,734
03/04/2023 19:30	-37,847	1,249	15,926	24,241	6,139

Annexe n°06 : Données énergétiques 05/07/2023

Timestamp	Puissance [kW	radiation Global [W/m	emperature [°C	e temperatu	Vitesse du vent [m/s]
05/07/2023 06:00	-33,693	2,951	19,811	39,006	2,861
05/07/2023 06:15	269,443	16,281	19,397	40,238	2,291
05/07/2023 06:30	602,531	34,328	19,471	40,109	2,285
05/07/2023 06:45	1021,721	60,194	19,925	40,093	3,167
05/07/2023 07:00	1711,124	96,697	21,2	39,221	2,62
05/07/2023 07:15	2703,431	142,078	22,366	37,801	4,142
05/07/2023 07:30	3872,742	187,75	23,083	36,285	3,888
05/07/2023 07:45	5213,58	238,829	23,785	34,879	4,491
05/07/2023 08:00	6795,125	299,182	24,214	34,326	4,914
05/07/2023 08:15	8328,548	354,775	25,107	33,15	4,168
05/07/2023 08:30	9600,287	403,376	26,371	31,011	2,373
05/07/2023 08:45	10830,469	455,663	27,561	27,915	2,081
05/07/2023 09:00	12369,876	523,201	28,593	26,602	2,19
05/07/2023 09:15	13311,948	565,56	29,363	25,89	2,053
05/07/2023 09:30	14694,619	626,639	30,076	25,125	2,495
05/07/2023 09:45	15700,487	671,64	30,531	24,614	2,615
05/07/2023 10:00	16730,732	721,552	30,718	24,286	2,073
05/07/2023 10:15	17675,554	769,679	31,272	23,618	2,234
05/07/2023 10:30	18443,884	809,663	31,721	22,942	2,321
05/07/2023 10:45	19260,652	853,427	32,667	20,566	2,322
05/07/2023 11:00	19929,826	888,953	33,077	20,13	2,509
05/07/2023 11:15	20392,657	913,049	33,317	19,555	2,452
05/07/2023 11:30	20858,168	928,767	34,114	18,805	2,267
05/07/2023 11:45	21342,108	940,723	34,454	18,211	2,631
05/07/2023 12:00	21631,97	951,136	34,718	17,249	2,631
05/07/2023 12:15	21910,885	958,914	34,357	16,541	2,985
05/07/2023 12:30	21930,093	949,989	34,865	15,442	2,171
05/07/2023 12:45	22248,304	946,797	35,727	15,608	3,033
05/07/2023 13:00	22140,103	944,787	35,59	16,3	2,937
05/07/2023 13:15	21971,482	948,632	36,006	16,227	2,95
05/07/2023 13:30	21780,206	947,209	36,233	16,037	2,338
05/07/2023 13:45	21644,976	947,875	36,185	16	3,26
05/07/2023 14:00	21371,908	946,85	36,346	15,841	2,429
05/07/2023 14:15	21064,119	944,374	37,322	15,261	3,003
05/07/2023 14:30	20781,95	934,352	37,065	15,249	2,692
05/07/2023 14:45	20271,496	887,15	37,772	14,803	2,669
05/07/2023 15:00	19543,802	897,203	38,024	14,642	3,303
05/07/2023 15:15	19445,492	873,57	38,333	14,542	2,665
05/07/2023 15:30	18092,782	810,58	38,48	14,527	2,377
05/07/2023 15:45	18339,176	812,974	38,852	14,336	2,464
05/07/2023 16:00	17816,582	788,835	39,062	14,149	3,261
05/07/2023 16:15	16492,553	715,27	38,475	14,422	3,102
05/07/2023 16:30	15138,919	648,565	38,787	14,153	2,436
05/07/2023 16:45	14207,619	602,869	38,83	14,024	3,328
05/07/2023 17:00	12699,386	534,448	38,637	14,016	2,984
05/07/2023 17:15	11793,243	498,162	38,449	13,891	3,847
05/07/2023 17:30	10889,905	459,372	38,743	13,509	3,386
05/07/2023 17:45	10245,105	432,219	38,713	13,206	3,909
05/07/2023 18:00	7047,285	289,081	37,588	12,904	6,519
05/07/2023 18:15	7289,684	315,446	36,833	13,212	7,827
05/07/2023 18:30	5470,505	237,014	36,227	13,884	8,149
05/07/2023 18:45	3933,431	178,447	35,715	14,491	7,892
05/07/2023 19:00	2696,847	130,084	35,018	15,676	8,521
05/07/2023 19:15	1747,264	89,496	34,189	16,761	8,982
05/07/2023 19:30	1121,76	58,506	33,453	17,364	8,947
05/07/2023 19:45	639,898	32,111	32,846	17,788	9,299
05/07/2023 20:00	83,976	7,571	32,182	18,489	8,511
05/07/2023 20:15	-41,981	1,095	31,593	19,344	7,593

Annexe n°07 : Données énergétiques 01/10/2023

Timestamp	Puissance [kW]	Irradiation [W/m²]	T [°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
01/10/2023 07:00	-26,996	4,451	13,302	58,694	2,852
01/10/2023 07:15	523,737	15,584	13,465	59,55	3,194
01/10/2023 07:30	1528,002	24,212	14,261	58,291	3,19
01/10/2023 07:45	2942,425	77,302	15,375	55,437	2,424
01/10/2023 08:00	4592,326	214,523	16,701	52,013	2,589
01/10/2023 08:15	6343,425	272,475	17,62	49,77	2,389
01/10/2023 08:30	8114,329	328,253	18,55	47,729	2,339
01/10/2023 08:45	9795,964	382,808	19,298	46,194	2,794
01/10/2023 09:00	11455,704	441,737	19,712	44,791	4,412
01/10/2023 09:15	13003,131	503,27	20,439	42,166	4,064
01/10/2023 09:30	14426,476	565,63	21,346	39,004	3,469
01/10/2023 09:45	15702,283	625,63	22,389	36,467	3,176
01/10/2023 10:00	16866,696	679,633	23,427	34,073	3,019
01/10/2023 10:15	17876,487	726,157	24,229	32,323	3,124
01/10/2023 10:30	18796,842	770,435	25,112	30,559	2,378
01/10/2023 10:45	19549,331	812,005	26,04	28,726	2,426
01/10/2023 11:00	20305,461	852,728	26,693	26,929	2,673
01/10/2023 11:15	20879,37	885,491	27,242	25,733	2,867
01/10/2023 11:30	21284,878	912,637	27,766	24,497	2,802
01/10/2023 11:45	21630,27	934,71	27,66	23,276	3,058
01/10/2023 12:00	21847,477	946,66	28,177	22,407	2,767
01/10/2023 12:15	22147,664	960,67	28,09	21,736	3,372
01/10/2023 12:30	22256,398	971,453	28,478	21,075	2,576
01/10/2023 12:45	22286,973	977,206	29,214	20,234	2,382
01/10/2023 13:00	22261,477	981,646	29,188	19,87	2,024
01/10/2023 13:15	22273,162	982,253	29,821	19,226	2,795
01/10/2023 13:30	22031,463	974,136	30,048	18,456	2,282
01/10/2023 13:45	21599,031	955,163	30,587	18,07	2,413
01/10/2023 14:00	21201,283	934,421	30,508	18,038	2,104
01/10/2023 14:15	20716,768	905,825	30,743	17,768	2,776
01/10/2023 14:30	20410,872	876,532	30,701	16,909	3,235
01/10/2023 14:45	19809,046	840,599	30,781	15,834	3,088
01/10/2023 15:00	19058,377	798,536	31,143	15,407	2,982
01/10/2023 15:15	18287,439	759,889	30,701	14,999	3,022
01/10/2023 15:30	17210,424	712,428	30,927	14,506	2,02
01/10/2023 15:45	16156,129	662,551	32,086	14,316	2,096
01/10/2023 16:00	15002,746	612,569	31,59	14,685	2,902
01/10/2023 16:15	13639,75	556,726	31,843	15,137	0,851
01/10/2023 16:30	12286,912	499,534	32,414	14,359	1,781
01/10/2023 16:45	10877,064	440,523	31,78	14,685	1,982
01/10/2023 17:00	9322,58	380,423	31,412	14,842	2,078
01/10/2023 17:15	7686,187	318,163	32,435	14,358	1,325
01/10/2023 17:30	6012,726	256,29	31,95	14,897	2,19
01/10/2023 17:45	4346,45	194,407	31,409	15,076	2,836
01/10/2023 18:00	2764,973	135,627	30,628	15,008	3,234
01/10/2023 18:15	1436,501	79,758	30,282	15,169	2,169
01/10/2023 18:30	513,222	32,288	29,538	15,546	1,929
01/10/2023 18:45	-7,74	3,247	28,189	16,564	1,353

Annexe n°08 : Données énergétiques 03/01/2024

Timestamp	Puissance [kW]	Irradiation [W/m²]	T [°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
03/01/2024 07:45	0,011	2,628	-0,808	-1,996	1,627
03/01/2024 08:00	0,123	4,129	-0,974	-2,166	1,897
03/01/2024 08:15	25,16	9,774	-1,125	-2,127	1,61
03/01/2024 08:30	474,323	27,709	-0,834	-0,157	1,358
03/01/2024 08:45	1096,94	61,019	-0,188	4,849	1,568
03/01/2024 09:00	1703,61	105,237	0,931	8,08	1,631
03/01/2024 09:15	3059,62	159,765	1,813	11,091	2,467
03/01/2024 09:30	4797,08	218,185	2,38	12,731	2,77
03/01/2024 09:45	5700,13	284,194	3,345	14,536	3,52
03/01/2024 10:00	6559,95	341,581	4,074	14,9	4,384
03/01/2024 10:15	7308,79	393,813	4,815	16,626	4,702
03/01/2024 10:30	7468,14	408,784	5,403	17,262	4,419
03/01/2024 10:45	8496,06	463,718	6,269	20,304	4,153
03/01/2024 11:00	9148,74	480,912	6,933	20,551	5,157
03/01/2024 11:15	9623,86	519,544	7,909	21,402	5,419
03/01/2024 11:30	10002,7	548,853	8,852	23,384	5,263
03/01/2024 11:45	10340,5	572,439	9,817	24,027	5,765
03/01/2024 12:00	10598,4	591,125	11,086	25,401	5,561
03/01/2024 12:15	10761,4	608,253	12,187	27,21	5,215
03/01/2024 12:30	10849,9	619,693	13,431	29,369	5,199
03/01/2024 12:45	10891,7	625,34	14,547	31,374	4,747
03/01/2024 13:00	10874,7	641,14	15,675	32,438	4,898
03/01/2024 13:15	10869,1	645,446	16,406	32,462	5,356
03/01/2024 13:30	10775,2	645,545	16,794	32,233	5,262
03/01/2024 13:45	10609,2	626,953	17,59	33,535	4,523
03/01/2024 14:00	10343,5	605,218	18,304	36,221	3,7
03/01/2024 14:15	10041,6	597,661	18,797	37,019	3,22
03/01/2024 14:30	9692,53	579,859	19,284	38,791	2,434
03/01/2024 14:45	9298,84	531,282	20,311	41,948	1,577
03/01/2024 15:00	8850,81	522,432	20,77	42,944	1,512
03/01/2024 15:15	8368,22	509,504	20,888	41,448	1,448
03/01/2024 15:30	7845,82	479,542	21,692	43,036	0,742
03/01/2024 15:45	7268,85	444,067	22,028	41,923	1,335
03/01/2024 16:00	6614,05	394,195	22,403	41,16	0,629
03/01/2024 16:15	5943,1	357,643	20,956	33,92	3,486
03/01/2024 16:30	5195,83	297,639	19,839	29,891	3,563
03/01/2024 16:45	4336,66	234,07	19,708	29,033	3,293
03/01/2024 17:00	3263,26	178,325	19,134	26,135	3,355
03/01/2024 17:15	1599,7	128,128	19,034	25,591	2,572
03/01/2024 17:30	988,921	81,17	19,535	25,296	1,353
03/01/2024 17:45	446,119	45,883	18,917	21,316	1,468
03/01/2024 18:00	44,601	26,524	16,201	14,655	2,785
03/01/2024 18:15	0,001	12,28	14,305	12,019	2,813
03/01/2024 18:30	0	6,917	13,171	10,702	2,466

Annexe n°09 : Données énergétiques03/04/2024

Timestamp	Puissance [kW	Irradiation [W/m²]	T [°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
03/04/2024 07:00	2,42	6,05	9,274	59,898	1,8
03/04/2024 07:15	564,265	19,691	9,258	60,168	1,848
03/04/2024 07:30	1720,678	38,077	9,604	60,006	2,171
03/04/2024 07:45	3433,644	158,161	10,588	57,131	2,585
03/04/2024 08:00	5051,71	228,316	11,569	54,548	0,983
03/04/2024 08:15	6884,006	309,871	12,773	50,847	1,573
03/04/2024 08:30	8655,421	360,599	13,667	48,163	1,354
03/04/2024 08:45	10411,427	424,087	14,154	46,588	1,419
03/04/2024 09:00	12087,599	480,592	14,55	45,383	2,231
03/04/2024 09:15	13676,783	537,994	14,727	44,771	2,57
03/04/2024 09:30	15272,421	602,004	15,401	43,405	2,466
03/04/2024 09:45	16576,605	659,39	16,5	40,664	2,212
03/04/2024 10:00	17976,682	716,583	16,69	39,197	3,868
03/04/2024 10:15	19224,799	767,075	16,653	38,355	3,745
03/04/2024 10:30	20335,362	819,228	17,384	36,038	3,777
03/04/2024 10:45	21285,315	865,478	17,765	34,727	3,987
03/04/2024 11:00	22103,93	907,437	18,379	33,873	3,644
03/04/2024 11:15	22847,624	935,504	18,712	33,373	3,969
03/04/2024 11:30	23394,988	957,744	19,059	32,902	3,665
03/04/2024 11:45	23838,37	973,353	19,362	32,718	3,852
03/04/2024 12:00	24215,962	986,271	19,978	31,302	4,009
03/04/2024 12:15	24474,902	1000,91	20,215	30,676	3,715
03/04/2024 12:30	24738,554	1013,49	20,788	29,651	4,376
03/04/2024 12:45	25013,68	1024,27	21,087	29,641	4,276
03/04/2024 13:00	24772,98	1035,24	21,28	29,659	3,108
03/04/2024 13:15	24865,983	1045,95	21,753	29,452	5,079
03/04/2024 13:30	24729,094	1052,12	22,043	29,342	4,083
03/04/2024 13:45	24260,304	1049,76	21,842	30,012	3,787
03/04/2024 14:00	24052,87	1045,67	22,642	28,734	4,492
03/04/2024 14:15	23546,337	1023,8	23,053	28,295	2,757
03/04/2024 14:30	23142,344	996,525	23,322	27,817	3,949
03/04/2024 14:45	22548,443	962,245	23,414	27,698	3,593
03/04/2024 15:00	22108,913	926,55	23,77	26,937	5,62
03/04/2024 15:15	20934,112	877,506	23,39	28,043	3,634
03/04/2024 15:30	20170,861	831,164	23,795	26,443	4,949
03/04/2024 15:45	19411,576	782,544	23,874	25,735	6,547
03/04/2024 16:00	18251,822	726,455	23,727	25,929	4,749
03/04/2024 16:15	16974,975	671,353	23,826	26,107	4,548
03/04/2024 16:30	15673,378	613,539	23,825	26,325	5,532
03/04/2024 16:45	14325,426	554,996	23,618	26,445	5,351
03/04/2024 17:00	12816,918	492,426	22,952	27,771	6,487
03/04/2024 17:15	11181,226	430,016	23,097	27,22	5,631
03/04/2024 17:30	9562,22	370,686	23,078	26,575	5,533
03/04/2024 17:45	7831,287	291,747	22,503	26,647	5,951
03/04/2024 18:00	6078,851	250,55	22,287	27,051	5,02
03/04/2024 18:15	4317,892	187,462	21,786	29,546	6,169
03/04/2024 18:30	2723,078	129,015	21,259	30,745	6,543
03/04/2024 18:45	1403,477	78,079	20,653	31,937	6,253
03/04/2024 19:00	539,77	33,232	20,169	32,606	5,775
03/04/2024 19:15	84,916	9,634	19,535	33,312	6,003

Annexe n°10 : Données énergétiques01/07/2024

Timestamp	Puissance [kW	Irradiation [W/m²]	T[°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
01/07/2024 05:45	0,001	1,719	18,187	17,144	2,427
01/07/2024 06:00	0,236	5,298	18,104	17,41	5,146
01/07/2024 06:15	167,349	22,085	18,199	17,534	2,078
01/07/2024 06:30	401,831	45,991	18,237	17,772	2,396
01/07/2024 06:45	658,563	77,402	18,44	18,562	3,74
01/07/2024 07:00	993,707	120,31	18,691	19,49	3,878
01/07/2024 07:15	1433,23	174,685	19,078	20,671	3,679
01/07/2024 07:30	1967,95	230,337	19,724	21,845	3,062
01/07/2024 07:45	2580,68	281,873	20,156	21,744	4,022
01/07/2024 08:00	3232,41	332,52	20,547	22,108	4,675
01/07/2024 08:15	3947,04	383,887	21,167	23,218	4,697
01/07/2024 08:30	4631,99	427,791	22,205	24,972	4,545
01/07/2024 08:45	5293,73	461,534	22,82	26,439	3,849
01/07/2024 09:00	5986,55	502,046	23,681	28,031	4,134
01/07/2024 09:15	6653,75	565,197	24,186	29,156	4,355
01/07/2024 09:30	7279,31	594,279	24,814	30,373	4,84
01/07/2024 09:45	7911,89	620,26	25,369	31,586	4,524
01/07/2024 10:00	8514,9	674,445	26,008	32,583	5,201
01/07/2024 10:15	9072,45	731,472	26,392	33,367	5,867
01/07/2024 10:30	9572,69	778,516	26,513	34,028	5,381
01/07/2024 10:45	10020,8	796,473	27	35,355	4,979
01/07/2024 11:00	10373,3	782,387	27,481	36,358	5,439
01/07/2024 11:15	10674,3	786,161	27,898	37,825	4,476
01/07/2024 11:30	10967,9	836,751	28,729	39,545	4,492
01/07/2024 11:45	11297,1	921,987	29,128	39,919	4,904
01/07/2024 12:00	11606,2	960,658	29,159	39,237	5,886
01/07/2024 12:15	11843,5	987,141	29,258	38,609	5,956
01/07/2024 12:30	12035,8	1008,22	29,577	37,577	6,559
01/07/2024 12:45	12080,8	1015,92	29,976	37,258	6,496
01/07/2024 13:00	12157,6	1012	30,387	39,974	6,782
01/07/2024 13:15	12194,1	1003,03	30,346	39,495	7,333
01/07/2024 13:30	12135,4	1012,16	30,151	38,979	7,259
01/07/2024 13:45	11998,1	998,089	30,348	39,885	6,946
01/07/2024 14:00	11777,7	987,807	31,019	40,517	6,778
01/07/2024 14:15	11562,2	995,232	31,05	40,378	6,815
01/07/2024 14:30	11373,3	985,707	30,579	39,165	7,683
01/07/2024 14:45	11068,4	961,006	30,378	38,529	7,672
01/07/2024 15:00	10756,9	919,207	30,615	38,811	7,654
01/07/2024 15:15	10403	882,829	30,481	38,193	7,197
01/07/2024 15:30	9966,92	844,893	30,836	38,494	7,88
01/07/2024 15:45	9531,23	802,546	30,651	37,762	7,831
01/07/2024 16:00	8959,61	768,42	30,58	36,55	8,626
01/07/2024 16:15	8457,38	738,699	30,147	35,783	8,195
01/07/2024 16:30	7855,58	689,588	29,724	35,079	7,565
01/07/2024 16:45	7284,23	649,6	29,717	34,563	8,068
01/07/2024 17:00	6665,16	629,273	29,655	34,006	7,976
01/07/2024 17:15	6001,11	599,518	29,884	33,716	7,646
01/07/2024 17:30	5247,13	544,483	29,07	31,845	9,449
01/07/2024 17:45	4553,19	483,682	28,262	30,488	9,137
01/07/2024 18:00	3915,12	429,36	28,268	30,193	9,355
01/07/2024 18:15	3268,41	389,494	28,131	29,535	9,002
01/07/2024 18:30	2580,9	333,002	27,493	28,55	9,076
01/07/2024 18:45	1909,8	271,289	27,328	28,46	9,462
01/07/2024 19:00	1322,55	210,116	27,103	28,301	9,307

Annexe n°11 : Données énergétiques08/10/2024

Timestamp	Puissance [kW	Irradiation [W/m²]	T [°C]	Tm[°C]	Vitesse du vent [m/s]
08/10/2024 07:00	0,002	1,98	16,123	15,61	2,3
08/10/2024 07:15	8,321	7,984	15,982	15,479	1,5
08/10/2024 07:30	255,405	22,405	15,968	15,799	1,368
08/10/2024 07:45	633,43	48,385	16,309	16,657	1,4
08/10/2024 08:00	898,994	68,046	16,526	17,38	2,422
08/10/2024 08:15	1121,78	85,013	16,779	17,955	2,63
08/10/2024 08:30	1581,43	118,676	16,969	18,462	4,098
08/10/2024 08:45	2844,05	190,558	17,244	19,772	3,768
08/10/2024 09:00	4334,78	276,424	17,988	23,04	2,766
08/10/2024 09:15	5386,3	341,117	18,596	26,229	2,971
08/10/2024 09:30	6625,17	432,323	19,004	28,029	3,369
08/10/2024 09:45	7135,41	485,546	19,449	28,91	3,976
08/10/2024 10:00	7065,75	490,748	19,837	29,213	4,184
08/10/2024 10:15	7255,2	512,937	20,238	28,966	4,603
08/10/2024 10:30	8066,49	565,036	20,656	30,329	4,582
08/10/2024 10:45	9214,13	647,554	21,198	32,837	4,688
08/10/2024 11:00	8944,86	643,689	21,596	33,209	4,981
08/10/2024 11:15	8798,41	637,266	21,947	32,388	5,711
08/10/2024 11:30	8908,11	621,91	22,201	31,004	5,597
08/10/2024 11:45	8925,34	618,735	22,373	30,767	5,515
08/10/2024 12:00	11105,3	765,513	22,773	32,88	5,868
08/10/2024 12:15	11282,3	797,613	23,035	33,985	5,755
08/10/2024 12:30	11505,2	809,942	23,47	33,204	7,088
08/10/2024 12:45	11662,4	811,985	23,824	35,147	6,241
08/10/2024 13:00	11370,8	803,694	23,984	34,251	6,384
08/10/2024 13:15	11026,8	777,984	24,317	36,274	5,702
08/10/2024 13:30	10925,8	776,03	24,634	37,015	5,646
08/10/2024 13:45	10887,2	766,814	25,241	36,635	5,661
08/10/2024 14:00	10700,8	758,397	25,351	36,769	6,203
08/10/2024 14:15	10043,8	714,831	25,549	36,528	6,376
08/10/2024 14:30	9980,84	697,349	25,754	37,53	5,872
08/10/2024 14:45	9802,05	702,083	26,165	36,297	6,494
08/10/2024 15:00	9150,01	653,434	26,669	35,704	6,566
08/10/2024 15:15	8284,9	590,761	26,78	35,754	6,367
08/10/2024 15:30	6827,01	494,301	26,703	35,265	5,587
08/10/2024 15:45	5913,33	428,485	26,691	32,771	5,784
08/10/2024 16:00	5392,35	394,337	26,882	32,012	5,869
08/10/2024 16:15	5394,62	397,432	26,952	32,52	5,363
08/10/2024 16:30	4250,85	329,632	27,175	31,396	5,965
08/10/2024 16:45	3619,72	283,751	27,171	30,602	6,123
08/10/2024 17:00	2580,68	209,777	26,998	29,171	6,403
08/10/2024 17:15	2481,47	203,55	26,297	28,16	5,574
08/10/2024 17:30	1720,4	154,547	24,405	26,168	5,981
08/10/2024 17:45	1025,96	96,052	23,449	24,208	5,828
08/10/2024 18:00	587,795	59,915	22,703	22,937	7,006
08/10/2024 18:15	302,86	34,645	22,175	22,114	7,079
08/10/2024 18:30	45,87	15,154	21,742	21,425	6,299
08/10/2024 18:45	0	4,639	21,297	20,864	6,629

Annexe n°12 : Questionnaire

Informations Générales

1. **Nom de la centrale solaire : _____**
2. **Localisation : _____**
3. **Année de mise en service : _____**
4. **Capacité installée (MW) : _____**
5. **Nombre de panneaux solaires installés : _____**
6. **Technologie des panneaux (Monocristallin, Polycristallin, CIGS, CdTe, etc.) : _____**

Conditions Climatiques et Impact sur l'Efficacité

7. **Avez-vous constaté une variation de la production d'énergie selon les saisons ?**
   - **☐ Oui**
   - **☐ Non**
   - **Si oui, quelle est la période la plus productive ?**
   - **La quantité d'énergie de chaque saison ?**
8. **Quels sont les principaux facteurs climatiques influençant la performance (ou efficacité) /non performance des panneaux ?**

   -performance **- non performance**

   - **☐ Température** **☐ Température environnante**
   - **☐ Précipitations** **☐ Précipitations**
   - **☐ Vent** **☐ Vent**
   - **☐ <u>Durée</u> Ensoleillement (nombre d'heure /J)**
   - **☐ <u>Durée</u> Ensoleillement**
   - **☐ Tempêtes Poussière/Sable** **☐ Tempêtes Poussière/Sable**
   - **☐Humidité du l'air** **☐Humidité du l'air**
   - **☐ Autres : _____** **☐ Autres : _____**

9. **QUEL EST L'EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LA PERFORMANCE DES PS ?**
    - **Température élevée réduit l'efficacité**
    - **Température basse augmente l'efficacité**
    - **Température n'a pas d'impact majeur**
    - **Autres :**
10. **EN TEMPS NUAGEUX /PLUVIEUX AVEZ-VOUS OBSERVE UNE REDUCTION/OU DIMINUTION DE LA PRODUCTION D'ENERGIE DES PS ?**
    - **Oui**
    - **Non**
    - **Rarement**
    - **Autres :**
11. **LE FACTEUR CLIMATIQUE : HUMIDITE, A-T-IL UN IMPACT SUR L'EFFICACITE DES PS ?**
    - **Diminue avec l'humidité élevée**
    - **Parfois : selon certaines conditions**
        - **Lesquelles :**
    - **Non, aucun effet**
12. **MEME QUESTION POUR LES VENTS**
    - **OUI : le vent affecte négativement /COMMENT**
    - **NON : le vent peut améliorer la performance des ps /la production de l'énergie solaire**
    - **Aucun effet dans les 2 cas**
    - **Autres :**
13. **APRES DES CONDITIONS CLIMATIQUES EXTREMES (températures élevées /vague de chaleur/ vent de sable /tempêtes. Très fortes précipitations…) : AVEZ-VOUS REMARQUE OU OBSERVER LA DEGRADATION (externe) DANS LE BON FONCTIONNEMENT DES PS (aussi du côté productivité)**
    - **OUI : lequel**
    - **Autre réponse**
    - **NON**

14. **Avez-vous remarqué une dégradation des performances des panneaux au fil des ans ?**
    - ☐ **Oui**
    - ☐ **Non**
    - **Le début de son fonctionnement ?**
    - **À partir de quelle année y'a eu cette dégradation ou amélioration des PS ?**
    - **Si oui, de combien environ (%) ?**

15-Mesurez-vous régulièrement l'impact du changement climatique sur la production d'énergie ?

- ☐ **Oui**
- ☐ **Non**
- **Si oui, quelles sont les méthodes utilisées ? _____**

16- Pensez-vous que les changements climatiques affectent déjà cette région ?

- ☐ **Oui**
- ☐ **Non**
- **Oui/ ou NON /POURQUOI _____**
- **JE NE SAIS PAS**

Maintenance et Optimisation de l'Efficacité

17-À quelle fréquence nettoyez-vous les panneaux solaires ?

- ☐ **Quotidiennement**
- ☐ **Hebdomadairement**
- ☐ **Mensuellement**
- ☐ **Autres : _____**

18-Quels sont les principaux problèmes de maintenance rencontrés ?

- ☐ **Poussière/Sable**
- ☐ **Dégradation des matériaux**
- ☐ **Défauts électriques**
- ☐ **Perte d'efficacité due à la chaleur**
- **MANQUE DE MAIN D'ŒUVRE : si oui quel est le nombre de travailleurs dans la station ?**
- ☐ **Autres : _____**

19-Utilisez-vous des solutions d'optimisation de la production énergétique ?

- ☐ **Suivi en temps réel (monitoring)**
- ☐ **Refroidissement des panneaux**
- ☐ **Nettoyage automatisé**
- ☐ **Ajustement de l'orientation des panneaux**
- ☐ **Autres : _____**

Évaluation et Recommandations

20-Pensez-vous que le changement climatique aura un impact significatif sur la production solaire dans les prochaines années ?

- ☐ **Oui**
- ☐ **Non**
- **Si oui, quel type d'impact prévoyez-vous ?**

21-Quelles sont, selon vous, les améliorations à apporter pour optimiser l'efficacité énergétique des panneaux solaires ?

22-Avez-vous des suggestions ou recommandations pour améliorer l'adaptation de la centrale solaire aux changements climatiques ?

23- A VOTRE AVIS, LA CONCEPTION D'UNE STATION DE PS DOIT ETRE ADAPTEE AUX CONDITIONS CLIMATIQUES D'UNE REGION CONSIDEREE (EN VOIE DE REALISATION OU EN PROJET) ?

24- QUELLE ZONE/REGION / A SAIDA POUVEZ VOUS PROPOSER POUR L'INSTALLATION D'UNE AUTRE STATION DE PS ?

25- DE FAÇON GENERALE LA CREATION/OU INSTALLATION D'UNE STATION DES PS : PEUT- ELLE CREER SUFFISAMMENT DE POSTES D'EMPLOIS ?