

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'Electronique

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : **Micro Electronique.**

*Présenté par*  
**Guechtouli Imane**  
**Mouloudi Lies**

Thème

# Étude de la consommation énergétique et de l'économie liée a l'électrification dans un barrage d'eau.

*Mémoire soutenu publiquement le 24/09/ 2024 devant le jury composé de :*

**Mme NEMMAR Farida**  
MCB, UMMTO, Président

**Mme DEGLA Aicha**  
MCA, CDER, Encadreur

**Mme HATEM Djedjiga**  
Professeur, UMMTO, Co-Encadreur

**Mme SALEM Dalila**  
MCB, UMMTO, Examineur



## Remerciements

Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant de nous avoir guidé et donné la volonté, la force et le courage pour réaliser et mettre au point ce mémoire de fin de formation.

Nous tenons aussi à remercier et à exprimer toute notre reconnaissance envers tous nos enseignants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leur soutien et leurs critiques constructives ont contribué à alimenter nos réflexions, en particulier nos deux promotrices **M<sup>me</sup> Hatem Djedjiga** et **M<sup>me</sup> Degla aicha** pour leurs patience, leurs disponibilité et surtout pour ses judicieux conseils et prodigues orientations tout au long de la réalisation de ce mémoire de fin de formation, ainsi que pour tout le temps qu'elle nous ont consacré

Nous remercions aussi tout les membres de jurys qui feront l'honneur de bien vouloir examiner ce travail.





# *Dédicace*

## **Je dédie ce mémoire à :**

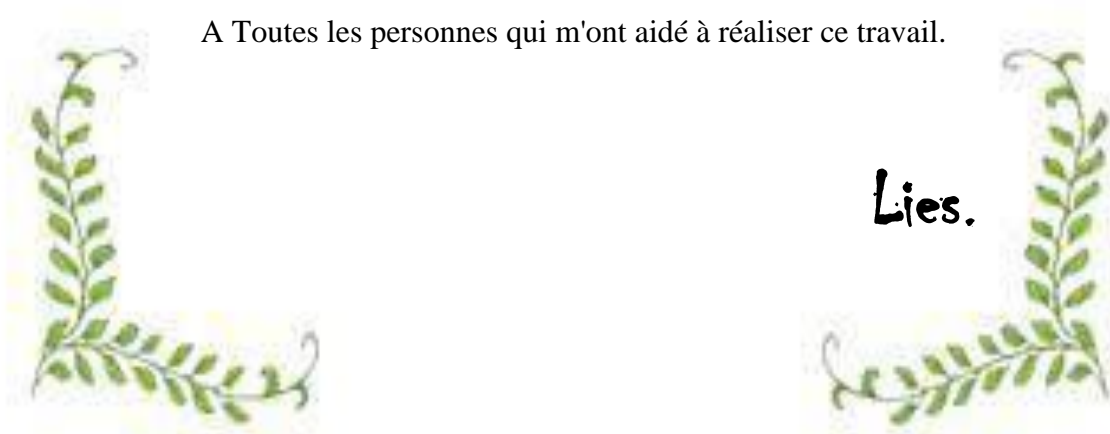
A ma mère, pour son amour, sa générosité, sa patience, et pour avoir été de bon conseil pendant toutes ses années, A mes chères tantes et oncles que dieu les gardent pour moi, a ma chère femme **Sarah**, a mes frères **Ghiles** et **Salah** mes piliers,  
A tout amis de près ou de loin.

A tous mes enseignants de l'Ummto en particulier

**M<sup>me</sup> Hatem Djedjiga**

A Toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

**Lies.**





# *Dédicace*

## **Je dédie ce mémoire à :**

A mon père , pour son amour, sa générosité, sa patience, et pour avoir été de bon conseil pendant toutes ses années, A ma chère mère , A **Anis** , a mon frère **Abdou** et ma sœur

**Yasmine.**

A tous mes enseignants de l'Ummto en particulier

**M<sup>me</sup> Hatem Djedjiga**

A Toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

**Imane.**

# Sommaire

---

Introduction général .....	01
1. Présentation du centre.....	02
1.1 Centre De Développement Des Energies Renouvelables.....	02
1.2 Unités et divisions.....	03
2. Présentation du travail.....	03
2.1 Contexte du travail.....	03
2.2 Ordre du travail.....	04
2.3 Motivations.....	04
CHAPITRE I: État de l'art sur l'énergie photovoltaïque et la situation hydrique en Algérie	
I.1. Introduction.....	05
I.2. Introduction à l'énergie photovoltaïque.....	06
I.2.1 Cellule photovoltaïque.....	06
I.2.2 Constitution d'une cellule photovoltaïque.....	07
I.2.3 Principe de la conversion photovoltaïque.....	08
I.2.4 Technologies des cellules solaires.....	10
I.3. L'énergie solaire.....	13
I.3.1 Rayonnement solaire.....	13
I.3.2 Avantages et limites de l'énergie solaire .....	15
I.3.2.1 Avantages environnementaux et économiques de l'énergie Photovoltaïque.....	15
I.3.2.2 Contraintes techniques et économiques liées à son utilisation.....	15
I.3.3 Ressources solaires en Algérie.....	16
I.3.3.1 Étude de l'ensoleillement en Algérie et de son potentiel pour la production d'énergie solaire.....	16
I.3.3.2 Analyse de donnée météorologiques et des facteurs influençant la production d'électricité solaire .....	17
I.4. La situation hydrique en Algérie .....	18
I.4.1 Les conditions climatiques en Algérie .....	18
I.4.2 Analyse de la disponibilité de l'eau en Algérie .....	18
I.4.3 Impact du changement climatique sur les ressources hydriques en Algérie.....	19
I.4.4 Gestion de l'eau en Algérie.....	19
I.5. Présentation de L'ANBT.....	19
I.6. Barrages en Algérie.....	20

# Sommaire

---

I.7.	Conclusion.....	21
CHAPITRE II: Etude préliminaire du Site choisie		
II.1.	Introduction.....	22
II.2.	Description du site et collecte de données.....	23
II.2.1	Historique du barrage.....	23
II.2.2	Positionnement et situation géographique .....	24
II.2.3	Topographie.....	24
II.2.4	Principales caractéristique du Barrage .....	25
II.2.5	Taux de remplissage .....	28
II.2.6	Taux de distribution.....	29
II.2.7	Evaporation (humidité) .....	29
II.3.	Consommation énergétique du barrage.....	30
II.3.1	Consommation énergétique de l'année 2021 .....	32
II.3.2	Analyse de données.....	33
II.4	Problématique.....	34
II.5	Conclusion.....	34
CHAPITRE III : Etude de cas : Pompe alimentée par une PV autonome		
III.1.	Introduction.....	35
III.2.	Estimation de l'Irradiation Solaire à Douera à l'Aide de PVsyst .....	36
III.2.1	Données Mensuelles d'Irradiation Solaire pour le Site de barrage de Douer.....	36
III.3	Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour un site autonome.....	36
III.3.1	Consommation Energétique journalière.....	37
III.3.2	Dimensionnement du générateur photovoltaïque.....	37
III.3.2.1	Estimation de la puissance maximale du champ photovoltaïque (puissance crête)..	38
III.3.2.2	Choisir la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque.....	38
III.3.2.3	Le nombre de modules photovoltaïques.....	38
III.3.3	Dimensionnement des batteries.....	39
III.3.3.1	Capacité de la batterie.....	39
III.3.4	Dimensionnement du régulateur.....	40

# Sommaire

---

III.3.5 Dimensionnement du L'onduleur.....	40
III.3.6 choix des câbles de raccordement.....	41
III.4 Présentation du logiciel PVSYST.....	41
III.5 Les étapes de dimensionnement avec logiciel PVSYST.....	42
III.5.1 Désignation du projet.....	42
III.5.2 Les paramètre du site.....	42
III.5.3 Orientation des panneaux.....	44
III.5.4 Détermination des besoins électriques.....	44
III.5.5 Dimensionnement du champ PV.....	45
III.5.6 Le choix du régulateur.....	46
III.5.7 Dimensionnement du parc de batteries.....	46
III.6. Partie simulation.....	47
III.7. Le coût d'installation.....	47
Conclusion.....	48
Conclusion général.....	49

# Liste de tableaux

---

## Tableaux CHAPITRE I

Tableau I.1 : Type de climats en Algérie.....	18
---	----

## Tableaux CHAPITRE II

Tableau II.1 : caractéristiques de l digue principale, (ANBT).....	26
Tableau II.2 : Caractéristique digue A, (ANBT).....	26
Tableau II.3 : Caractéristique digue B, (ANBT).....	27
Tableau II.4 : Taux de remplissage.....	28
Tableau II.5 : taux de distribution.....	29
Tableau II.6 : Consommation énergétique ouvrages.....	30
Tableau II.7 : Consommation énergétique administration.....	31
Tableau II.8 : Consommation énergétique Magasin.....	31
Tableau II.9 : Consommation énergétique galerie de visites et tours de prises.....	31
Tableau II.10 : Consommation énergétique pompes.....	31
Tableau II.11 : Montant de consommation.....	32

## Tableaux CHAPITRE III

Tableau III.1 : irradiation.....	36
Tableau III.2 : le choix de la tension du fonctionnement.....	38
Tableau III.3 : Le coût d'installation du système photovoltaïque.....	47

# Liste des figures

---

## FIGURES CHAPITRE I

Figure I.1: Structure d'une cellule photovoltaïque.....	07
Figure I.2 : Structure basique d'une cellule solaire.....	08
Figure I.3 : Texture d'un panneau solaire monocristallin.....	11
Figure I.4: Panneau en silicium poly-cristallin (multi-cristallin).....	11
Figure I.5: Panneau en silicium amorphe.....	12
Figure I.6: Rayonnement solaire.....	14
Figure I.7: carte d'irradiation globale directe Annuelle moyenne d'Algérie.....	16
Figure I.8: orientation des panneaux.....	17
Figure I.9: inclinaison des panneaux.....	17

## FIGURES CHAPITRE II

Figure II.1 : Schéma des systèmes MAZAFRAN – DOUERA.....	23
Figure II.2 : localisation du barrage de Douéra (Google earth,2024).....	24
Figure II.3 : Barrage de Douéra et Dignes A et B.....	27
Figure II.4 : Zone de danger Barrage de Douéra.....	34

## FIGURES CHAPITRE III

Figure III.1: Pompe submersible GRUNDFOS.....	37
Figure III.2 : Nomination du projet dans PVSYST.....	41
Figure III.3 : Désignation du projet dans PVsyst.....	42
Figure III.4 : Coordonnées géographiques du site de barrage de Douéra.....	42
Figure III.5: Données Météorologiques mensuelles de barrage de douera.....	43
Figure III.6 : Diagramme de la trajectoire du soleil.....	43
Figure III.7 : Orientation des panneaux.....	44
Figure III.8 : Calcul des besoins électriques.....	44
Figure III.9 : Dimensionnement du champ PV.....	45
Figure III.10: Les caractéristiques du panneau.....	45
Figure III.11 : Dimensionnement du Régulateur.....	46
Figure III.12 : Dimensionnement du parc de batterie.....	46

## Nomenclature

$N_p$  : nombre de cellule en parallèle.

$N_s$  : nombre de cellule en série.

$P_{in}$  : puissance incidente.

$P_{max}$  : puissance maximale

PV : photovoltaïque

$R_s$  : résistance série.

$R_{sh}$  : résistance shent.

$T_c$  : la température absolue.

$U$  : la tension.

$V_{co}$  : la tension en circuit ouvert.

$V_{coN_p}$  : la tension du circuit ouvert des cellules en parallèle.

$V_{coN_s}$  : la tension du circuit ouvert des cellules en série.

$V_{max}$  : tension maximale.

$V_{pv}$  : tension du générateur photovoltaïque.

$\eta$  : le rendement.

### Introduction Générale

L'Algérie, avec ses vastes étendues désertiques et un ensoleillement parmi les plus élevés au monde, possède un potentiel énergétique solaire exceptionnel. Cependant, le pays reste encore largement dépendant des énergies fossiles pour répondre à ses besoins énergétiques, ce qui pose des défis environnementaux et économiques majeurs. Dans ce contexte, l'énergie photovoltaïque se présente comme une solution stratégique pour diversifier le mix énergétique et réduire l'empreinte carbone, tout en tirant parti des ressources naturelles abondantes du pays.

L'énergie photovoltaïque, qui transforme directement la lumière du soleil en électricité grâce à des cellules solaires, offre de nombreux avantages, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la diminution de la dépendance aux combustibles fossiles, et la promotion d'une énergie durable et renouvelable. Cependant, son déploiement en Algérie nécessite une compréhension approfondie des technologies, des conditions climatiques, ainsi que des contraintes techniques et économiques associées.

Ce mémoire se penche sur l'intégration de l'énergie photovoltaïque dans les infrastructures hydrauliques, en particulier les barrages, qui jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau en Algérie. Avec le stress hydrique croissant et les impacts du changement climatique sur les ressources en eau, il devient impératif de repenser la gestion énergétique de ces infrastructures pour améliorer leur efficacité et réduire leur consommation d'énergie traditionnelle.

Dans un premier temps, ce travail propose un état de l'art sur l'énergie photovoltaïque en présentant son fonctionnement, les différents types de cellules solaires, et les avantages de son utilisation. Une attention particulière est portée aux spécificités de l'énergie solaire en Algérie, à travers l'analyse du rayonnement solaire, de l'ensoleillement, et des défis liés à son exploitation. Parallèlement, la situation hydrique en Algérie est également étudiée, mettant en lumière les difficultés de gestion de l'eau dans un pays aride, les impacts du changement climatique, et l'importance des barrages pour la distribution et la conservation de l'eau.

Le second chapitre du mémoire est consacré à l'étude préliminaire d'un site choisi : le barrage de Douera. Ce chapitre présente une analyse détaillée du site, incluant ses caractéristiques géographiques, climatiques, et énergétiques. En se basant sur les données de consommation énergétique et les contraintes spécifiques du barrage, l'étude identifie les opportunités et les défis pour l'intégration d'un système photovoltaïque autonome.

Le dernier chapitre se concentre sur une étude de cas pratique, où un système de pompage alimenté par des panneaux photovoltaïques est dimensionné et simulé pour le barrage de Douera. Cette partie inclut l'estimation de l'irradiation solaire sur le site à l'aide du logiciel PVsyst, le calcul des besoins énergétiques, et le dimensionnement des composants du système, tels que les panneaux solaires, les batteries, les régulateurs, et les onduleurs. Une analyse économique est également réalisée pour évaluer le coût d'installation et le retour sur investissement du système proposé.

## 1- Présentation du centre :

### 1.1 L'EPST CDER – Centre De Développement Des Energies Renouvelables :

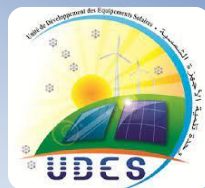
Le Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER) est un centre de recherche qui a été créé le 22 mars 1988 dans le cadre de la restructuration du Haut Commissariat à la Recherche Localisé sur Alger (Bouzareah). Il opère en tant qu'Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST). Sa mission principale consiste à concevoir et à mettre en œuvre des programmes de recherche et de développement dans les domaines scientifiques et technologiques liés aux systèmes énergétiques exploitant les ressources renouvelables telles que l'énergie solaire, éolienne, géothermique et de la biomasse. [1]



### 1.2 Unités et divisions :

- *Le CDER comporte 3 unités de recherches :*

#### Unité de Développement des Equipements Solaires (UDES),



#### Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables (URAER),



#### Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien (URERMS).



▪ **Divisions :**

- **Bioénergie et Environnement :** dans le domaine de la valorisation énergétique de la biomasse et des déchets organiques.
- **La Division Energie Eolienne (DEE) :** chargée de la mise en œuvre des projets de recherches et développement relatifs à l'exploitation et l'utilisation de l'énergie éolienne.
- **Hydrogène Renouvelable :** Cette division vise à devenir, à long terme, l'un des principaux acteurs nationaux dans la promotion et la maîtrise de la technologie et de l'économie de l'hydrogène. Son objectif est de mener des études et des activités de recherche et développement dans ce domaine.
- **Thermique et Thermodynamique Solaire et Géothermie :** La division est responsable de conduire des recherches sur les systèmes solaires thermiques et thermodynamiques.
- **Energie Solaire Photovoltaïque :** La Division Énergie Solaire Photovoltaïque, une entité de recherche au sein du Centre de Développement des Énergies Renouvelables, a été fondée en 1982. Cette division se concentre principalement sur le développement de systèmes de modules interconnectés en série/parallèle, de dispositifs électroniques de régulation et de commande (régulateurs de charge), de systèmes de conversion DC/AC (onduleurs) et de systèmes de stockage électrochimiques (batteries).

## **2- Présentation du travail :**

### **2.1 Contexte du travail :**

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études, nous avons réalisé un stage au sein du Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER), sous la supervision de Dr DEGLA Aicha, Maître de Recherche A à la Division Énergie Solaire Photovoltaïque.

Ce projet vise à examiner en détail la consommation énergétique associée à l'électrification des pompes dans un barrage de pompage destiné à l'eau potable et à l'irrigation. L'objectif principal est d'effectuer une analyse approfondie des aspects économiques et énergétiques, mettant en évidence les coûts de l'utilisation de l'électricité conventionnelle pour alimenter ces pompes.

Cette étude comprendra également l'évaluation des charges à alimenter et des consommations réelles sur différentes périodes, notamment quotidiennes, mensuelles et annuelles.

Elle prendra en compte divers paramètres tels que les distances par rapport au réseau électrique conventionnel, et les factures d'électricité.

## **2.2 Ordre du travail :**

- Analyse de la Consommation Énergétique : Effectuer une étude approfondie sur la consommation énergétique du barrage et son pompage, en mettant un accent particulier sur les fluctuations saisonnières et les besoins opérationnels spécifiques.
- Étude des Coûts : Examiner les coûts directs et indirects associés à l'utilisation de l'électricité conventionnelle, incluant les dépenses d'exploitation, les frais d'entretien, et les coûts liés aux éventuelles pannes.
- Optimisation de l'Énergie : Proposer des stratégies visant à optimiser la consommation énergétique, dans le but de réduire les coûts tout en maintenant une efficacité opérationnelle optimale.

## **2.3 Motivations :**

Nous avons eu l'opportunité de réaliser un stage au Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER), ce qui a été une expérience enrichissante. Durant ce stage, nous avons pu explorer de près les différentes facettes des énergies renouvelables et contribuer à des projets concrets au sein du centre.

Travailler avec les experts du CDER nous a permis d'approfondir nos connaissances et de développer nos compétences dans le domaine des énergies renouvelables. De plus, avoir accès aux ressources et informations du centre a été très bénéfique pour notre apprentissage.

Nous avons également été motivés par la possibilité de contribuer à des projets qui ont un impact positif sur notre société, en trouvant des solutions pour promouvoir l'utilisation des énergies propres.

En résumé, notre expérience de stage au CDER a été très instructive et nous a permis de mieux comprendre les enjeux liés aux énergies renouvelables et leur importance pour un avenir plus durable.

### **I.1. Introduction :**

Le soleil est une source d'énergie pratiquement inépuisable. Chaque année, il envoie sur Terre environ 15 000 fois la consommation énergétique de l'humanité. Cela représente une puissance instantanée de 1 kilowatt par mètre carré, répartie sur tout le spectre, des ultraviolets à l'infrarouge. Les déserts de notre planète reçoivent en seulement 6 heures plus d'énergie solaire que ce que l'humanité consomme en une année.

Notre pays L'Algérie, situé au carrefour de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen, est confronté à des défis énergétiques et hydriques majeurs. D'une part, le pays dispose d'un potentiel solaire exceptionnel, en faisant l'un des territoires les plus propices au développement de l'énergie photovoltaïque.

D'autre part, l'Algérie doit faire face à une situation hydrique complexe, résultant de son climat aride et semi-aride, ainsi que des pressions exercées sur ses ressources en eau par la croissance démographique, l'urbanisation et l'activité économique.

Dans ce chapitre, nous explorerons l'état de l'art sur l'énergie photovoltaïque en Algérie, en mettant en lumière son potentiel, ses avancées technologiques et les défis à relever pour son déploiement efficace. Nous examinerons également la situation hydrique du pays, en analysant ses ressources en eau, les pressions auxquelles elles sont confrontées et les initiatives entreprises pour assurer une gestion durable de cette ressource vitale. À travers cette exploration, nous chercherons à comprendre les opportunités offertes par l'énergie solaire photovoltaïque dans le contexte algérien, ainsi que les défis associés à la gestion de l'eau, et à identifier les synergies potentielles entre ces deux domaines pour promouvoir un développement durable et résilient en Algérie.

### **I.2. Introduction à l'énergie photovoltaïque :**

#### **Définition :**

Le terme « photovoltaïque » désigne le phénomène physique (l'effet photovoltaïque découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839) ou la technologie associée. L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire au moyen d'une cellule photovoltaïque. Schématiquement, un photon de lumière incidente permet sous certaines circonstances de mettre en mouvement un électron, produisant ainsi un courant électrique. [ 2 ]

#### **Découverte de l'effet photovoltaïque :**

L'effet photoélectrique fut découvert en 1839 lors d'une expérience menée par Edmond Becquerel au Muséum National d'Histoire Naturelle [ 3 ]. Le scientifique plongea des électrodes couvertes de chlorure d'argent ou de cuivre oxydé dans un électrolyte relié à un galvanomètre (appareil pouvant mesurer de très faibles courants électriques). Sous l'effet de la lumière, le galvanomètre indiqua la circulation d'un courant. Becquerel eut ensuite l'idée d'étudier la variabilité du courant sous l'effet de la longueur d'onde utilisée, préfigurant ainsi l'étude de l'effet photoélectrique et des propriétés des semi-conducteurs. Aujourd'hui, cette expérience peut être reproduite en oxydant une petite pièce de cuivre (les pièces de quelques centimes d'euros) plongée dans une solution saline ; on observe alors un courant de l'ordre de quelques  $\mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ , créé par la lumière, proportionnel à son intensité et circulant entre le contact pris sur la pièce oxydée et un autre contact plongé dans l'électrolyte. Ces cellules solaires élémentaires ont des rendements 100 000 fois plus faibles que ceux des cellules solaires actuelles, mais elles constituent une démonstration simple de l'effet photovoltaïque, tel que Becquerel a pu l'observer. [ 3 ]

#### **I.2.1 Cellule photovoltaïque :**

Une cellule photovoltaïque représente un capteur composé d'un matériau semi-conducteur qui convertit l'énergie lumineuse absorbée en courant électrique. Son fonctionnement repose sur les propriétés d'absorption du rayonnement lumineux par ces matériaux semi-conducteurs. Le choix des matériaux utilisés pour fabriquer les cellules photovoltaïques dépend des caractéristiques physiques des électrons susceptibles d'être libérés de leurs atomes lorsqu'ils sont excités par les photons du spectre solaire. Une fois libérés, ces électrons se déplacent à travers le matériau, créant ainsi un courant électrique continu qui génère une force électromotrice aux bornes de la cellule. Ce phénomène est connu sous le nom d'effet photovoltaïque. La figure (1.1) illustre la structure d'une cellule photovoltaïque en silicium. [4]

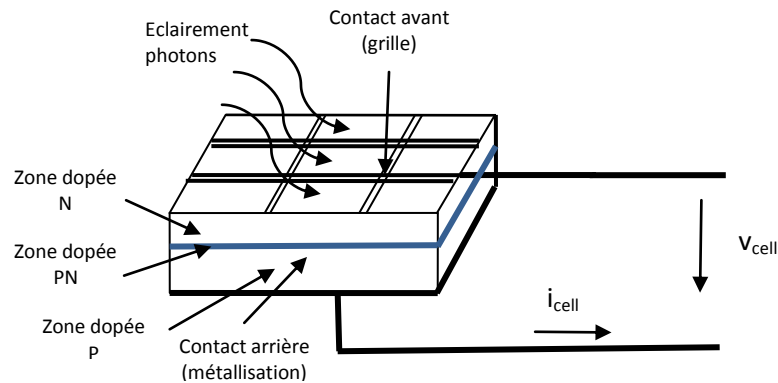


Figure I.1: Structure d'une cellule photovoltaïque.

### I.2.2 Constitution d'une cellule photovoltaïque :

La cellule photovoltaïque, également appelée photopile, représente la plus petite unité d'une installation photovoltaïque. Elle est construite à partir de matériaux semi-conducteurs qui convertissent directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Les composants d'une cellule photovoltaïque comprennent :

- Une fine couche semi-conductrice, généralement du silicium, qui possède une bande interdite. Cette bande agit comme une barrière d'énergie que les électrons ne peuvent franchir sans une stimulation extérieure. Les propriétés électroniques de cette couche peuvent être ajustées.
- Une couche antireflet qui favorise la pénétration maximale des rayons solaires dans la cellule.
- Une grille conductrice placée sur le dessus, agissant comme une cathode, et un métal conducteur placé en dessous, agissant comme une anode.
- Les versions les plus récentes incluent également une nouvelle combinaison de multicouches réfléchissantes juste en dessous du semi-conducteur. Cela permet à la lumière de rebondir plus longtemps dans la cellule, améliorant ainsi son rendement. [ 5 ]

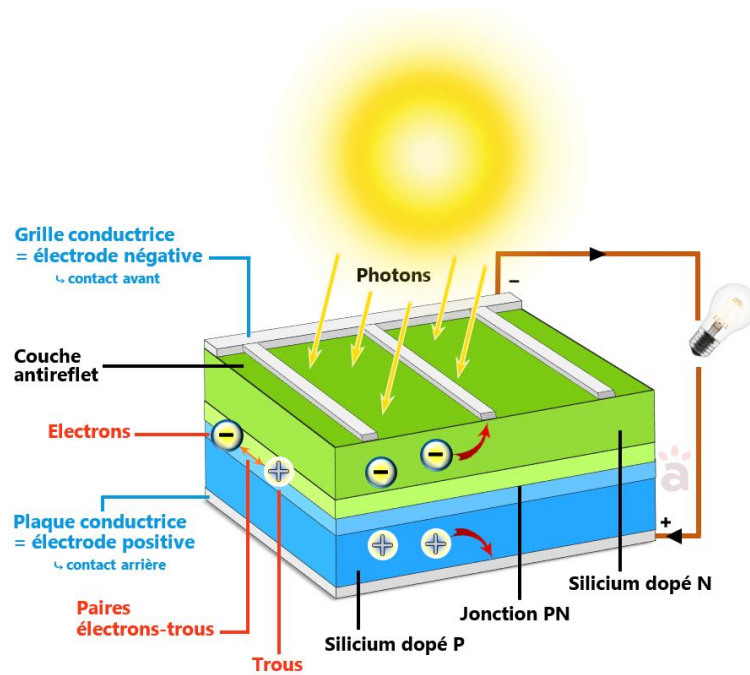


Figure I.2 : Structure basique d'une cellule solaire. [ 5 ]

Une cellule photovoltaïque repose sur l'effet photovoltaïque, qui crée une force électromotrice en réaction à la lumière. La tension produite varie entre 0,3 V et 0,7 V en fonction du matériau, de la disposition, de la température et de l'usure de la cellule. [ 5 ]

### I.2.3 Principe de la conversion photovoltaïque :

Trois phénomènes physiques, étroitement liés et se produisant simultanément, sont impliqués dans le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :

- **L'absorption de la lumière par le matériau.**
- **Le transfert d'énergie des photons aux charges électriques.**
- **La collecte des charges électriques.**

Il est ainsi évident qu'un matériau doit présenter des propriétés optiques et électriques particulières pour faciliter la conversion photovoltaïque.

#### ➤ **L'absorption de la lumière :**

L'absorption de la lumière repose sur le fait que la lumière est composée de photons, décrits comme des "grains de lumière", avec chacun une énergie déterminée par sa longueur d'onde, c'est-à-dire sa couleur. Certains matériaux permettent aux photons de pénétrer et même de

traverser leur structure. Par exemple, les objets transparents aux yeux humains laissent passer la lumière visible. Plus généralement, un rayon lumineux qui arrive sur un solide peut subir trois événements optiques :

- la réflexion : la lumière est envoyée par la surface de l'objet.
- la transmission : la lumière traverse l'objet.
- l'absorption : la lumière pénètre dans l'objet et n'en ressort pas, l'énergie est restituée sous une autre forme.

Dans un matériau photovoltaïque, une fraction du flux lumineux absorbé est convertie en énergie électrique. Ainsi, le matériau doit initialement avoir la capacité d'absorber la lumière visible, car c'est ce que l'on cherche à convertir, qu'il provienne du soleil ou d'autres sources artificielles. Il est également essentiel de réduire au minimum les pertes optiques pures dues à la réflexion ou à la transmission. [6]

### ➤ le transfert d'énergie des photons aux charges électriques :

Les porteurs de charge responsables de la production de courant électrique sous l'illumination sont des électrons, des particules élémentaires chargées négativement, qui se déplacent de manière continue à travers le matériau semi-conducteur. Chaque solide est constitué d'atomes composés d'un noyau contenant des protons et des neutrons, ainsi que d'un ensemble d'électrons orbitant autour [6]. Lorsque les photons sont absorbés, ils transfèrent simplement leur énergie aux électrons périphériques, ceux situés le plus loin du noyau, les libérant ainsi de son attraction. Ces électrons libérés sont capables de générer un courant électrique s'ils sont ensuite "attirés" vers l'extérieur. En régime permanent, la libération d'électrons laisse des "trous", ce qui se traduit par une charge positive. Lorsqu'un électron est conduit vers l'extérieur, un électron d'un atome voisin comble ce trou, créant ainsi un nouveau trou qui sera à son tour comblé par un électron voisin, et ainsi de suite. Cette succession crée une circulation de porteurs de charge élémentaires, avec des électrons se déplaçant dans un sens et des trous dans l'autre, ce qui engendre un courant électrique.

### ➤ la collecte des charges :

Pour que les charges libérées par l'illumination puissent produire de l'énergie, il est nécessaire qu'elles circulent. Il est donc crucial de les "attirer" hors du matériau semi-conducteur et de les intégrer dans un circuit électrique. Sinon, ces charges tendraient à se recombiner : les électrons chargés négativement neutraliseraient les "trous" chargés positivement. En d'autres termes, les électrons libérés retrouveraient leur état initial près de leur atome, générant ainsi de l'énergie thermique (chaleur) mais aucune énergie électrique. Cette extraction des charges est réalisée au sein d'une jonction créée délibérément dans le semi-conducteur. L'objectif est de générer un champ électrique à l'extérieur du matériau, qui dirige les charges négatives d'un côté et les charges positives de l'autre. [7]

### I.2.4 Technologies des cellules solaires :

Il existe deux grandes catégories de matériaux photovoltaïques :

- Les matériaux solides cristallisés.
- Les couches minces.

Les couches minces, bien que solides, sont notablement plus minces en épaisseur (généralement de l'ordre du micron ou moins) et sont déposées sur un support, tandis que les cellules photovoltaïques cristallines sont massives et ont une épaisseur de l'ordre de 0,15 à 0,2 mm. Le matériau le plus couramment utilisé dans les cellules photovoltaïques est le silicium, un semi-conducteur de type IV. Il est tétravalent, ce qui signifie qu'un atome de silicium peut former des liaisons avec quatre autres atomes de silicium. Le silicium utilisé dans les applications solaires peut être soit cristallin, soit amorphe.

#### ✓ Cellules au silicium cristallin :

Les cellules solaires au silicium cristallin sont les plus courantes. Elles se présentent sous forme de plaquettes rondes, carrées ou pseudo-carrées. Le terme "cristallin" est utilisé car le silicium qui les compose forme un cristal, avec un arrangement atomique parfait selon une structure tétraédrique ordonnée. Si la cellule solaire est fabriquée à partir d'un seul cristal, elle est qualifiée de silicium monocristallin, et elle présente une apparence uniforme et gris bleuté, parfois noire. En revanche, si la cellule solaire est composée de silicium poly cristallin (plus communément appelé multi cristallin), elle est constituée de plusieurs cristaux assemblés, donnant l'impression d'une mosaïque compacte de fragments cristallins bleutés de quelques millimètres à quelques centimètres, appelés grains. [8]

#### ❖ Silicium monocristallin :

On peut obtenir des monocristaux de diamètre jusqu'à 30 cm et de longueur dépassant 1 cm grâce à la méthode Czochralski (Cz). Cependant, il est important de noter qu'à partir d'1 kg de silice, le rendement en silicium monocristallin ne dépasse pas les 100 g, malgré une dépense énergétique considérable, de l'ordre du MWh. De plus, la moitié de ce cristal est généralement perdue lors de la découpe en tranches de 300  $\mu\text{m}$  d'épaisseur. Le silicium monocristallin est de type p, dopé avec du bore à une concentration comprise entre  $10^{16}$  et  $10^{17}$  atomes par  $\text{cm}^3$ , afin d'obtenir une résistivité de l'ordre de 0,1 à 1  $\Omega\cdot\text{cm}$ . Ce choix est le résultat d'un compromis entre une résistivité minimale et un dopage modéré pour éviter la dégradation de la longueur de diffusion des porteurs photo générés. Par la suite il est nécessaire de créer une barrière de potentiel pour faciliter la collecte des charges, c'est-à-dire la structure émettrice des cellules photovoltaïques, bien que ce détail ne soit pas abordé dans cette présentation. [9]



Figure I.3 : Texture d'un panneau solaire monocristallin. [ 9 ]

### ❖ Silicium Multi-cristallin :

Cependant, dans le cas d'un poly-cristal, les monocristaux sont séparés par des zones perturbées appelées joints de grains. De plus, chaque cristal de plus petite taille possède une orientation différente de ses voisins. Afin de minimiser les effets négatifs des joints de grains, il est préférable de privilégier les techniques de croissance qui favorisent la formation d'une structure colonnaire avec de gros cristaux, d'où le nom de silicium multicristallin (mc-Si). Une méthode couramment utilisée pour cela est la solidification directionnelle, où des blocs de silicium de plus de 250 kg peuvent être obtenus en refroidissant de manière contrôlée le silicium fondu dans un module adapté, souvent en quartz. Cette méthode est plus rapide et moins énergivore que la croissance d'un lingot Cz ou FZ, prenant généralement entre 24 et 48 heures, comparativement à quelques semaines pour ces dernières. [9]

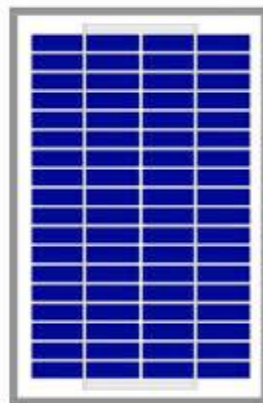


Figure I.4: Panneau en silicium poly-cristallin (multi-cristallin). [ 9 ]

### ✓ Cellules en couches minces :

#### ❖ Simple jonction ou silicium amorphe :

Le silicium est également utilisé sous forme de couche mince dite "amorphe" en raison de sa structure désordonnée, similaire à celle d'un matériau vitreux. Dans cette configuration, l'organisation des atomes devient irrégulière, et l'ordre cristallin n'est maintenu que sur de courtes distances, généralement de 2 à 3 liaisons atomiques. Cette déformation conduit à la formation de déformations et de petites cavités dans le matériau. Lorsque les atomes ne sont

liés qu'à trois autres atomes au lieu de quatre, cela crée des liaisons non satisfaites ou pendantes. Le silicium amorphe pur présente ainsi une mauvaise conductivité, étant riche en défauts et ne pouvant pas être dopé. Cependant, lors de la fabrication du silicium amorphe à partir de gaz de silane ( $\text{SiH}_4$ ), qui est la méthode courante, une proportion importante d'hydrogène (environ 5 à 10%) est introduite. Cet hydrogène se lie aux liaisons pendantes des atomes de silicium, réduisant ainsi la densité de défauts et permettant la collecte des charges ainsi que le dopage du matériau. L'alliage résultant, composé de silicium et d'hydrogène, est désigné par les scientifiques sous le nom de a-Si:H (silicium amorphe hydrogéné). Comparé au silicium cristallin, cet alliage présente un gap énergétique plus élevé et absorbe donc la lumière de manière plus efficace. Une couche de seulement 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur suffit pour capturer le rayonnement solaire reçu sur terre. En pratique, l'épaisseur des jonctions peut même descendre jusqu'à 0,2  $\mu\text{m}$ . [8]



Figure I.5: Panneau en silicium amorphe. [ 8 ]

### ❖ Multi-jonctions :

Un autre avantage de la technologie à base de silicium en couche mince réside dans sa capacité à réaliser des structures multi-jonctions dotées de bandes interdites différentes. Chaque jonction peut ainsi être spécialisée dans la conversion d'une bande spécifique du spectre lumineux. Cette stratégie est rendue possible par la possibilité d'empiler les couches simplement en ajustant le mélange gazeux pendant le dépôt de la photopile dans une enceinte à plasma. Le gap optique du silicium amorphe est de 1,77 eV, ce qui signifie qu'il ne capture pas la partie rouge du spectre visible (longueurs d'onde supérieures à 0,7  $\mu\text{m}$ ). En revanche, le germanium, qui est également tétravalent et possède donc quatre liaisons, a un gap optique beaucoup plus faible. En combinant le silicium et le germanium dans un alliage, la partie rouge du spectre peut être absorbée efficacement. Ainsi, il est avantageux de placer une jonction au silicium-germanium derrière la jonction au silicium. Les cellules à double jonction, parfois appelées "tandem", voire même à triple jonction, affichent donc un rendement supérieur à celui des simples jonctions en silicium amorphe. Sous un rayonnement solaire de 1 000  $\text{W}/\text{m}^2$ , les rendements de production stabilisés atteignent généralement 7 à 9 % pour ces configurations multi-jonctions, contre environ 6 % pour une simple jonction en silicium amorphe. [8]

### I.3. L'énergie solaire :

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend directement du soleil, faisant de ce dernier sa matière première. Classée parmi les énergies renouvelables, elle est considérée comme inépuisable. En raison de son mode de production, elle est qualifiée d'énergie verte, car elle émet très peu de CO<sub>2</sub>. Cette forme d'énergie permet la production d'électricité grâce à l'utilisation de panneaux solaires ou de centrales thermiques. Ces installations capturent les rayons du soleil et les convertissent en électricité ou en chaleur. [10]

Il existe trois principales méthodes d'exploitation de l'énergie solaire :

- **Solaire photovoltaïque :**

Cette forme d'énergie est produite par les rayons solaires. Plus précisément, elle consiste à convertir l'énergie des photons lumineux en électricité à l'aide de panneaux solaires.

- **Solaire thermique :**

Les systèmes solaires thermiques utilisent des panneaux spéciaux qui contiennent des fluides caloporteurs. Sous l'effet du soleil, ces fluides absorbent la chaleur et la transfèrent ensuite vers un ballon d'eau chaude, permettant ainsi de chauffer l'eau.

- **Solaire thermodynamique :**

L'énergie solaire thermodynamique est générée par des centrales solaires à concentration. Ces installations comprennent des miroirs spéciaux qui concentrent la lumière solaire sur des fluides caloporteurs. Ces fluides chauffés sont ensuite utilisés pour alimenter un générateur d'électricité solaire.

#### I.3.1 Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire désigne l'énergie émise par le Soleil dans l'espace interplanétaire. Lorsque nous évoquons la quantité d'énergie solaire parvenant à la surface terrestre, nous utilisons les notions d'irradiance et d'irradiation. L'irradiation solaire représente l'énergie reçue par unité de surface au fil du temps (mesurée en J/m<sup>2</sup>), exprimant la puissance reçue sur une période donnée. De même, l'irradiance solaire est la puissance reçue à un instant précis, mesurée en watts par mètre carré (W/m<sup>2</sup>).

Les réactions de fusion nucléaire se déroulent dans le noyau solaire et sont la source principale d'énergie du Soleil. Ces réactions produisent un rayonnement électromagnétique à différentes fréquences ou longueurs d'onde, résultant en un rayonnement thermique. Ce rayonnement se propage dans l'espace à la vitesse de la lumière (299 792 km/s), induisant une perte de masse dans le processus.

## CHAPITRE I : État de l'art sur l'énergie photovoltaïque et la situation hydrique.

La constante solaire est une valeur particulière qui représente la quantité de rayonnement solaire reçue par unité de surface dans la partie externe de l'atmosphère terrestre, dans un plan perpendiculaire aux rayons solaires. En moyenne, cette valeur est de 1,366 watt par mètre carré ( $W/m^2$ ).

❖ Le rayonnement solaire émis par le Soleil se compose de plusieurs types de rayonnement, notamment :

- **Rayons infrarouges (IR)** : Ces rayons fournissent de la chaleur et représentent environ 49 % du rayonnement solaire.
- **Rayons visibles (VI)** : Ils représentent environ 43 % du rayonnement solaire et fournissent de la lumière visible.
- **Rayons ultraviolets (UV)** : Ils représentent environ 7 % du rayonnement solaire.
- **Autres types de rayons** : Ces rayons, qui constituent environ 1 % du total, comprennent divers types de rayonnement.

Ces différentes composantes du rayonnement solaire jouent des rôles importants dans divers processus naturels et dans notre vie quotidienne.

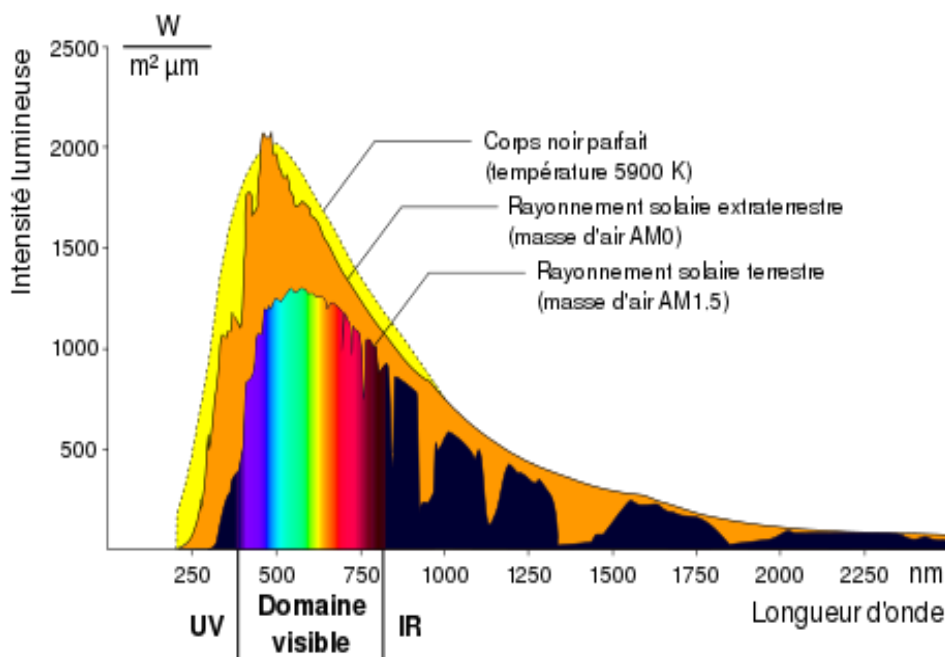


Figure I.6: Rayonnement solaire.

### **I.3.2 Avantages et limites de l'énergie solaire :**

#### **I.3.2.1 Avantages environnementaux et économiques de l'énergie photovoltaïque :**

Depuis de nombreuses décennies, nos écosystèmes planétaires subissent les conséquences des émissions de gaz à effet de serre, issues d'une industrialisation intensive et de modes de vie largement axés sur les énergies fossiles. Pour contrer ce phénomène, l'énergie solaire photovoltaïque, associée aux technologies numériques, se présente comme une solution renouvelable et inépuisable. Cette forme d'énergie propre, facile à mettre en place et appréciée par le grand public, joue un rôle prépondérant dans la production d'électricité verte. Cependant **.On peut distinguer plusieurs avantages environnementaux comme :**

- étant une énergie de paix et de progrès, accessible à tous et ne dépendant d'aucun marché de combustibles fossiles. Et surtout, elle n'émet pas de gaz à effet de serre tout au long de son cycle de production d'électricité.
- Elle n'affecte pas le climat et contribue à protéger les écosystèmes dans une perspective à long terme. [15]
- De la fabrication des panneaux solaires à leur installation et leur fonctionnement, l'énergie solaire respecte l'environnement et contribue à la lutte contre le réchauffement climatique.
- Contribue à la préservation de la qualité de l'air que nous respirons et nous préserve de toutes sortes de pollutions. [12]

#### **Ainsi que plusieurs avantages économiques tels que :**

- Diminue les coûts et réduit les dépenses énergétiques.
- Augmente la rentabilité de la production d'électricité de manière croissante.
- Améliore la valeur et la commercialisation des bâtiments dotés de systèmes solaires.
- Stimule le progrès technologique et l'innovation dans le secteur solaire. [12]
- Une prévision sûre à long terme de l'investissement et du rendement, et permet de fournir de l'électricité à des endroits isolés loin du réseau de distribution. [13]

#### **I.3.2.2 Contraintes techniques et économiques liées à son utilisation :**

Bien qu'elle présente de nombreux avantages, l'énergie solaire, comme toute forme d'énergie, implique également des compromis. Elle comporte donc quelques inconvénients. Voici les principaux :

- L'énergie solaire dépend exclusivement de la présence du soleil : sans lui, ni électricité ni chaleur ne peuvent être produites. Par conséquent, il est souvent nécessaire de recourir à une autre source d'énergie ou de chaleur.

- L'installation demeure coûteuse pour les particuliers.
- Les installations PV ont un cycle de vie limité.
- Actuellement, toutes les installations usagées ne sont pas recyclées, tandis que la production de nouvelles installations requiert également de l'énergie, qui n'est pas toujours propre. [15]

### I.3.3 Ressources solaires en Algérie :

#### I.3.3.1 Étude de l'ensoleillement en Algérie et de son potentiel pour la production d'énergie solaire :

Malgré nos vastes réserves d'hydrocarbures, notre pays l'Algérie aspire à jouer un rôle majeur dans la transition énergétique en Afrique. Son ensoleillement généreux la pousse à investir dans des installations photovoltaïques. En Algérie, nous recevons l'équivalent de 300 milliards de tonnes équivalent pétrole (Tep) par an en énergie solaire sous forme d'insolation. La quantité d'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 mètre carré est d'environ 5 kilowattheures (KWh) sur la quasi-totalité du territoire national. La durée d'insolation dépasse les 2000 heures chaque année et peut atteindre jusqu'à 3900 heures sur les hauts plateaux et dans le Sahara, ce qui représente une moyenne élevée par rapport à d'autres pays du monde. Pour exploiter efficacement cette énergie à travers des systèmes photovoltaïques ou thermiques, il est essentiel de comprendre la distribution de la quantité de rayonnement solaire reçue dans les différentes régions de l'Algérie. Ci-jointe une carte d'irradiation globale directe Annuelle moyenne d'Algérie [16]. **Figure (2.3.1)**

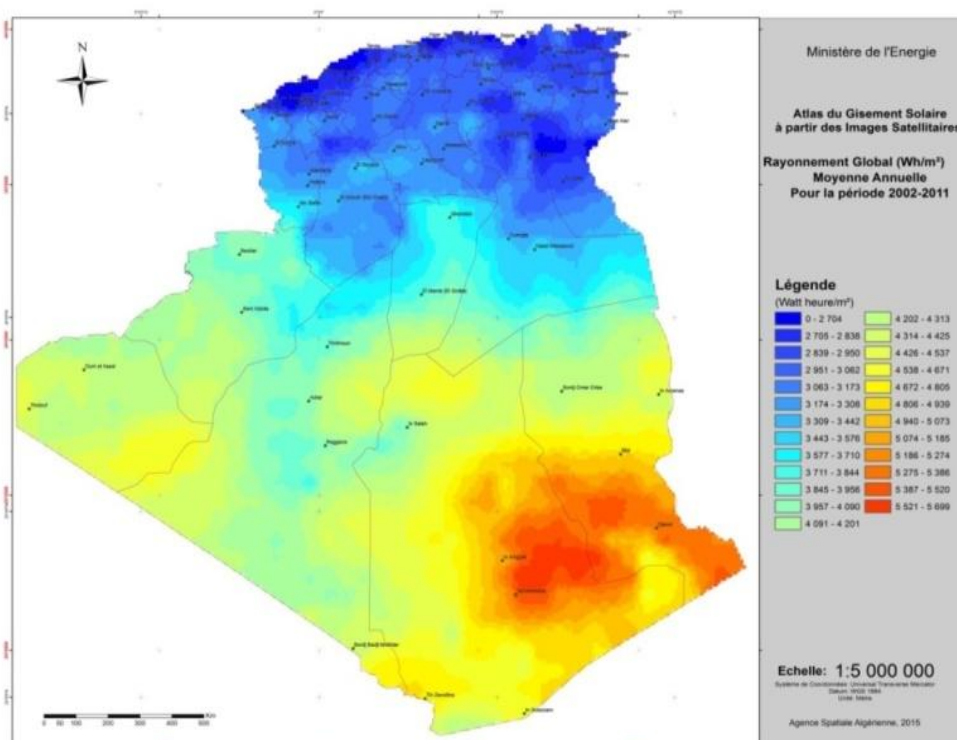


Figure I.7: carte d'irradiation globale directe Annuelle moyenne d'Algérie. [ 16]

### I.3.3.2 Analyse des données météorologiques et des facteurs influençant la production d'électricité solaire :

**La puissance installée :** Il existe une variété de puissances disponibles pour les panneaux solaires photovoltaïques. En effet, plus le modèle est puissant, plus il est capable de répondre aux besoins en électricité d'un foyer. Il est donc essentiel de choisir avec soin la puissance idéale en fonction des besoins spécifiques.

**L'orientation des panneaux au soleil :** L'orientation des panneaux solaires joue un rôle crucial dans leur production d'énergie. Lorsqu'ils sont correctement orientés, les panneaux sont en mesure de capter de manière optimale la chaleur fournie par le soleil [17].

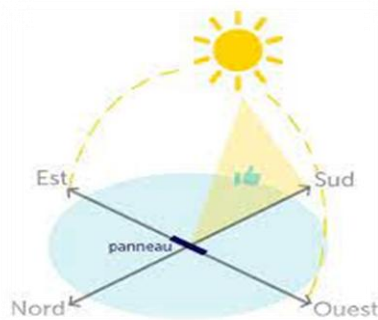


Figure I.8: orientation des panneaux. [ 17 ]

**L'inclinaison :** L'inclinaison des panneaux solaires est également cruciale. Ils doivent être inclinés de manière à être exposés au soleil lorsqu'il est le plus puissant [17].

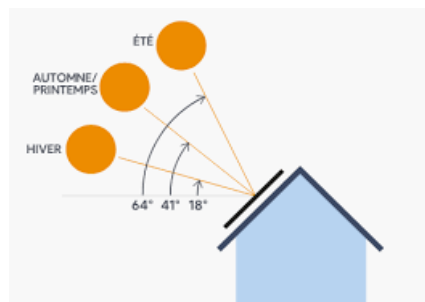


Figure I.9: inclinaison des panneaux. [ 17 ]

**La météo et la qualité de l'irradiation solaire :** Les panneaux solaires ont leur meilleur rendement durant les beaux temps. De cette manière, la météo joue un rôle essentiel

**Source d'ombrage proche ou lointaine:** Les panneaux solaires proposent un rendement optimal dans les lieux dégagés qui ne sont pas touchés par des ombres d'arbres ou tels autre obstacle. [18]

### I.4. La situation hydrique en Algérie :

#### I.4.1 Les conditions climatiques en Algérie :

L'Algérie, le plus grand pays d'Afrique et de la Méditerranée, couvre une superficie de 2 383 741 km<sup>2</sup>. Cependant, une grande partie de ce territoire, soit environ 87 %, est constituée par le Sahara et le désert, totalisant environ 2 millions de km<sup>2</sup> [19]. Les conditions climatiques varient considérablement, allant du climat méditerranéen au climat saharien. Les données météorologiques montrent un gradient important de précipitations, du Nord au Sud, ainsi qu'un autre gradient moins marqué, de l'Est à l'Ouest. La géographie de l'Algérie se

Caractérise par des régions distinctes en termes de relief, de climat, d'agriculture, ainsi que de ressources en eau et en minéraux. Les montagnes de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien, situées à différentes distances de la côte, séparent le Nord humide du Sud aride. Entre les régions orientale et occidentale du Tell, on observe des différences similaires en termes de précipitations et de climat.

	<b>Part de la superficie nationale</b>	<b>Type de climat</b>
Région tellienne (nord)	4%	Méditerranéen (littoral)
Région des hauts plateaux	9%	Semi aride
Région saharienne (sud)	87%	Aide

Tableau I.1 : Type de climats en Algérie.

#### I.4.2 Analyse de la disponibilité d'eau en Algérie :

Les ressources en eau de l'Algérie sont limitées, vulnérables et réparties de manière inégale. Avec une capacité estimée à 19 milliards de mètres cubes, une population d'environ 40 millions d'habitants, et une allocation par habitant de 500 mètres cubes par an, l'Algérie se classe parmi les pays où la disponibilité en eau est en dessous du seuil critique établi par la Banque Mondiale à 1000 mètres cubes par habitant et par an. La majeure partie du territoire algérien, soit 87 %, est composée de désert où les précipitations sont presque inexistantes, mais qui renferme d'importantes réserves souterraines en eau fossile. La partie nord, caractérisée par un climat méditerranéen, dispose de ressources en eau renouvelables, à la fois en eaux de surface et en nappes phréatiques. Environ 90 % des eaux de surface se trouvent dans la région du Tell, qui couvre environ 4 % du territoire [20]. Les potentialités en eau sont estimées à 18 milliards de mètres cubes par an, réparties comme suit :

-12,5 milliards de mètres cubes par an dans les régions du Nord, comprenant 10 milliards de mètres cubes en écoulements superficiels et 2,5 milliards de mètres cubes en ressources souterraines renouvelables.

-5,5 milliards de mètres cubes par an dans les régions sahariennes, dont 0,5 milliard de mètres cubes en écoulements superficiels et 5 milliards de mètres cubes en ressources souterraines fossiles.

### **I.4.3 Impact du changement climatique sur les ressources hydriques en Algérie :**

Depuis les années 90, la notion des changements climatiques met en débat les ressources en eau et les risques qui leurs sont liées en les situant au cœur même du problème. Selon les experts, à l'horizon 2030 l'Algérie connaîtra une réduction des précipitations de l'ordre de 5 à 13% et une augmentation des températures de 0,6 à 1,1°C. A cet horizon non lointain, l'Algérie, pays aride, subirait des sécheresses et des inondations récurrentes et les besoins en eau doubleront de volume sous la pression de la croissance démographique et l'urbanisation continue. Le pays connaît déjà une accentuation des sécheresses et donc l'aggravation des phénomènes de désertification, salinisation des sols, pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources en eau. De même les inondations qui continuent à sévir au nord comme au sud, seraient plus importantes en terme de fréquence surtout durant le printemps et l'automne, (Anonyme, 2009). [20]

### **I.4 Gestion de l'eau en Algérie : étude des pratiques et recommandations pour l'avenir" :**

La nécessité d'un développement dans le secteur des eaux dans une approche intégrée, la connaissance des ressources en eau est la condition nécessaire pour une bonne gestion. Dans ce sens, les instruments de gestion sont un outil indispensable pour l'organisation des institutions juridiques, économiques et administratives de ladite gestion. D'une certaine manière, la gestion de l'eau est l'ensemble des actions opérées dans le système ressource-utilisation, qui définissent ainsi un système de gestion. Elle relève d'un point de vue décisionnel du mode de coordination de ces actions (Erhard Cassegrain & Margat, 1979, p54). [21] La gestion de l'eau devrait être un moyen économique de développement. Elle suppose des actions coordonnées convenablement à la politique d'aménagement du territoire. L'eau doit être gérée dans un ensemble général, en tenant compte des considérations intersectorielles. Il doit apparaître maintenant que la gestion durable de l'eau est l'intersection de deux notions, le développement durable et la gestion intégrée.

### **I.5. Présentation de L'ANBT :**

L'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT) en Algérie est une institution qui joue un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau du pays. Elle est chargée de la construction, de l'exploitation et de la maintenance des barrages, ainsi que des systèmes de transfert d'eau. L'ANBT veille à ce que l'eau soit utilisée de manière efficace et équitable pour l'irrigation agricole, la production d'énergie hydroélectrique et l'approvisionnement en eau potable. Elle travaille également sur la surveillance des barrages pour prévenir les risques d'inondation et garantir la sécurité des populations vivant à proximité. L'ANBT joue donc un rôle essentiel dans la gestion durable des ressources en eau en Algérie [22].



### I.6. Barrages en Algérie :

La construction de barrages le long des cours d'eau, dans le but de réguler le débit ou de stocker de l'eau, est une pratique ancienne qui remonte à l'aube de l'humanité. Depuis toujours, les humains ont cherché à collecter l'eau à des fins diverses, que ce soit pour un usage domestique, agricole, énergétique ou industriel. Selon les écrits, les premiers barrages de rétention d'eau ont été érigés dans des régions à climat aride et semi-aride, principalement au Moyen-Orient (Irak, Égypte, Yémen, etc.). L'Algérie, située dans le nord de l'Afrique, est le pays le plus vaste du continent et de la région méditerranéenne, avec une superficie de 2,38 millions de kilomètres carrés. Plus de 87,5 % de son territoire se trouve dans des régions désertiques) [23] . Elle représente ainsi un exemple typique d'une région aride à semi-aride. Pendant des millénaires, les habitants de ce pays ont tenté de mobiliser les eaux de surface et souterraines de diverses manières pour répondre à leurs besoins en eau. Le système ancestral des foggaras, composé principalement de galeries souterraines, de petits barrages de dérivation appelés Ceds, de puits artésiens ou non, et de Ghouts, des cuvettes creusées pour exploiter les nappes phréatiques, sont les principaux moyens de mobilisation des eaux depuis des millénaires.

En Algérie, l'histoire de la mobilisation des eaux peut être divisée en trois périodes : avant la colonisation (avant 1830), pendant la colonisation (1830-1962), et après l'indépendance du pays vis-à-vis de la colonisation française (1962-2019). Avant la période coloniale (avant 1830), la construction des barrages se concentrait principalement sur le stockage temporaire, comme le barrage Turc dans la région du Sig à l'ouest de l'Algérie et le barrage Bou-Melek dans la région de Skikda à l'est. Des pratiques d'épandage des crues étaient également courantes dans les régions steppiques et le sud de l'Atlas Saharien, où les eaux d'un oued étaient dérivées à l'aide de barrages en terre, de branchages ou de pierres, puis réparties aussi loin que possible à travers des séguias. À partir de la quatrième décennie du XIXe siècle, la construction de barrages de petite et moyenne capacité a commencé à se développer. À l'indépendance en 1962, l'Algérie comptait une quinzaine de barrages d'une capacité totale approchant le milliard de mètres cubes. L'Algérie dispose actuellement de 75 barrages en cours d'exploitation, cinq (5) qui entreront en service prochainement, en sus de cinq (5) autres barrages en cours de réalisation sachant que la majorité de ces barrages se situe au nord de l'Algérie, Un programme a été mis en place dans le but d'atteindre un volume de 12 milliards de mètres cubes d'eau stockée à moyen terme, en s'adaptant aux changements climatiques grâce à l'utilisation de ressources en eau durables non conventionnelles. Cela inclut l'utilisation des eaux provenant des stations de dessalement d'eau de mer et des stations d'épuration des eaux usées. ). [24]

### **I.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a exploré en profondeur l'état de l'art sur l'énergie photovoltaïque et la situation hydrique en Algérie. Il est clair que l'Algérie possède un potentiel solaire important, renforcé par les avancées technologiques dans le domaine des cellules solaires. Les avantages environnementaux et économiques de l'énergie solaire sont multiples, mais des défis restent à relever, notamment en termes d'infrastructures et de réglementations.

Concernant la situation hydrique, elle demeure préoccupante en Algérie en raison des conditions climatiques difficiles et d'une disponibilité limitée des ressources en eau. L'impact du changement climatique aggrave ces défis, rendant indispensable une gestion proactive et durable des ressources hydriques. Il est donc crucial pour l'Algérie de mettre en œuvre des politiques et des stratégies intégrées pour exploiter pleinement son potentiel solaire et améliorer la gestion de ses ressources en eau afin de répondre aux besoins actuels et futurs de sa population.

### II.1 Introduction :

Pour le deuxième chapitre de notre étude, nous nous sommes penchés sur un site bien précis qui est en effet le **Barrage de Douéra**. Ce choix n'est pas arbitraire, mais résulte d'une analyse approfondie des différents critères pertinents. En examinant les caractéristiques géographiques, hydrologiques, économiques et sociales de la région, ainsi que les besoins en matière d'approvisionnement en eau et d'énergie, nous avons conclu que le barrage de Douéra offrait un cas d'étude particulièrement instructif et significatif.

Nous allons donc exposer les raisons spécifiques pour lesquelles nous avons sélectionné le barrage de Douéra comme exemple central de notre analyse, et comment il illustre les défis et les opportunités auxquels sont confrontées les infrastructures hydrauliques dans le contexte contemporain.

Le barrage de Douéra est un ouvrage hydraulique situé près de la ville de Douéra, dans la wilaya d'Alger en Algérie. Sa construction a été décidée dans le cadre du projet de développement hydro-agricole de la Mitidja centre, une région agricole importante du pays. Le projet de construction du barrage de Douéra a été lancé pour répondre à plusieurs objectifs majeurs. Tout d'abord, il visait à réguler le cours de l'oued Isser, un cours d'eau important de la région, afin de contrôler les crues et de mieux gérer les ressources en eau. Ensuite, le barrage avait pour but de constituer une réserve d'eau permettant d'irriguer les terres agricoles environnantes de manière plus régulière et efficace.

La construction du barrage de Douéra a été achevée en octobre 2016, et il a été inauguré officiellement à cette date. Depuis sa mise en service, le barrage contribue significativement à la sécurisation de l'approvisionnement en eau pour l'irrigation des cultures dans la région de Mitidja. Il joue également un rôle important dans la recharge des nappes phréatiques, contribuant ainsi à la préservation des ressources en eau souterraine.

Le barrage de Douéra représente donc une étape importante dans le développement agricole et la gestion des ressources en eau en Algérie, en particulier dans la région de Mitidja, où l'agriculture joue un rôle économique prépondérant. Son histoire est étroitement liée aux défis de gestion de l'eau et aux efforts visant à moderniser et à optimiser l'agriculture dans le pays.

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisi

### II.2 Description du site et collecte de données :

Pour débuter notre travail, nous entamons la collecte de données et d'informations relatives au barrage de Douéra :

#### II.2.1 Historique du barrage :

Le projet de construction du barrage visait la régulation du débit irrégulier et les apports excédentaires des bassins des oueds Mazafran et El Harrach, qui nécessitaient un réservoir de stockage pour être utilisés de manière efficace. L'aménagement comprenait plusieurs systèmes d'ouvrages hydrauliques :

- Le barrage de dérivation du Mazafran sur l'Oued Mazafran, avec une station de pompage et un système de transfert vers le barrage de Douéra. Ce système n'était pas inclus dans le projet et n'a pas été réalisé.
- Le barrage de dérivation Rocher des Pigeons sur l'Oued El Harrach, également avec une station de pompage et un système de transfert vers le barrage de Douéra. Ce système n'était pas inclus dans le projet mais a été réalisé.
- Le barrage et réservoir de Douéra, avec ses ouvrages annexes, construits sur l'Oued Ben Amar. C'est le principal projet qui a déjà été réalisé.

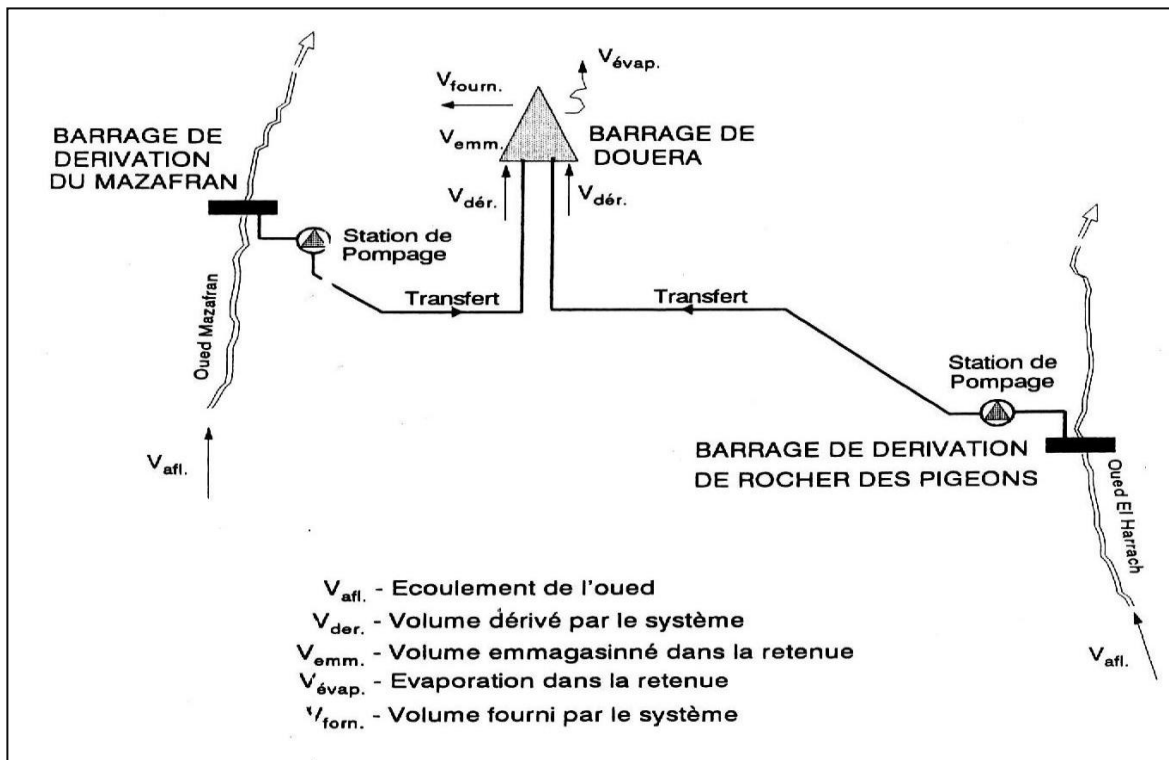


Figure (II.1) : Schéma des systèmes MAZAFRAN – DOUERA ET ROCHER DES PIGEONS – DOUERA

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisi

### II.2.2 Positionnement et situation géographique :

Le barrage de Douéra est situé à proximité de la commune de Douéra, dans la daïra de Draria, au sein de la wilaya d'Alger, dans le nord de l'Algérie. Positionné le long de l'oued Ben Amar, à environ 2 km au sud-ouest de la ville de Douéra et à 27 km au sud-ouest d'Alger, le site du barrage joue un rôle crucial dans la région.

Il sert de réservoir pour les eaux provenant des oueds Mazafran (39 hm<sup>3</sup>) et El Harrach (71 hm<sup>3</sup>), offrant une capacité totale de 87 hm<sup>3</sup>, dont 75 hm<sup>3</sup> sont régulièrement utilisés pour répondre aux besoins d'irrigation des périmètres de la Mitidja et du Sahel, couvrant une surface agricole de 17 200 hectares, ainsi que pour la recharge de la nappe phréatique par infiltration. Répondant à des décisions récentes, une partie des eaux stockées est désormais destinée à l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Alger ouest et de Blida, soulignant ainsi l'importance multifonctionnelle de ce barrage dans la région.

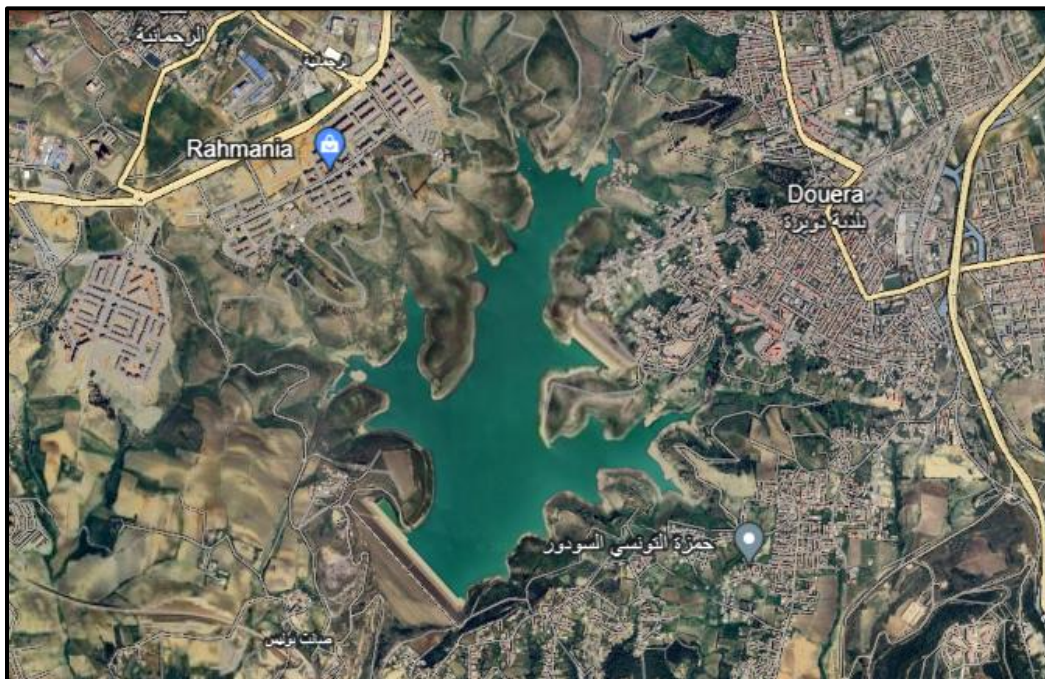


Figure (II.2) : localisation du barrage de Douéra (Google earth,2024)

### II.2.3 Topographie :

Le site du barrage de Douéra se trouve dans les collines du Sahel, un plateau accidenté avec une hauteur moyenne d'environ 200 mètres. Une vallée encaissée dans le flanc méridional du Sahel est creusée par l'Oued Ben-Amaret et ses affluents, s'écoulant vers la plaine de Mitidja. Cette vallée présente une coupe transversale en forme de V asymétrique avec une rive gauche escarpée, dont la pente est légèrement convexe, allant de 20° à 22°. La rive droite commence avec une pente similaire jusqu'à environ 20 mètres au-dessus du fond de la vallée, puis décroît à environ 10° à 11° jusqu'à une crête presque plate, dont la hauteur moyenne est de 160 mètres. Cette crête mène à des pentes de retenue inclinées à 8-10° ou 15-20°. En aval, la pente du lit de l'oued s'accroît et la vallée se resserre, tandis qu'en amont, elle se divise en plusieurs affluents formant un réservoir plus large mais un cours d'eau continu. Plusieurs points bas autour du bassin versant limitent la hauteur du barrage à 80 mètres, avec une élévation de 150-155 mètres à ces points.

## **CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisie**

---

Le site du barrage n'est pas entièrement horizontal. Il est situé dans une région géographique caractérisée par des collines et des vallées, ce qui signifie qu'il y a des variations de terrain. Cependant, la construction du barrage a nécessité des travaux pour préparer une plateforme nivelée où la structure principale du barrage est érigée. Donc, bien que le terrain environnant ne soit pas parfaitement plat, la zone où le barrage lui-même est construit a été préparée pour être aussi horizontale que possible afin de garantir la stabilité de la structure.

### **II.2.4 Principales caractéristique du Barrage :**

#### **➤ Construction :**

La construction du barrage a été réalisée sous la supervision d'un bureau d'études et d'un constructeur spécifiés. Pour l'étude d'exécution et la surveillance des travaux, un groupement constitué d'INCO-MAG/ENB a été mandaté. Parallèlement, le bureau d'études BONNARD et GARDEL, basé en Suisse, a assuré l'assistance technique pour le projet.

Quant à la construction proprement dite, l'entreprise NUROL, basée en Turquie, a été chargée de réaliser le barrage de Douéra selon les spécifications du marché. Les travaux ont débuté le 15 janvier 2005 et ont abouti à la mise en eau du barrage en décembre 2009. La réception définitive des ouvrages a été effectuée le 5 octobre 2016, marquant ainsi l'achèvement complet du projet.

#### **➤ Type du barrage:**

Le barrage de Douéra est construit avec une digue à noyau argileux étanche, renforcée avec des matériaux gréseux, qui assure une base solide sur lequel repose les filtres et les zones de transitions. Cette base est recouverte par des Rip-Rap compactés, qui sont de grosses pierres agencées de manière à protéger le barrage de l'érosion causée par l'eau et à maintenir sa stabilité.

- Longueur totale sur la crête : 850m
- Côte de la crête : 142,00m NGA
- Hauteur maximale sur fondation : 80m
- Largeur de la base : 426m
- Largeur au sommet : 12m

Une galerie rectiligne et circulaire d'une longueur de 435 mètres et d'un diamètre de 3,5 mètres a été mise en place. Cette galerie est dimensionnée pour un débit de 14 mètres cubes par seconde et remplit trois fonctions principales :

- Servir de dérivation provisoire pendant les travaux de remblaiement ;
- Permettre la vidange du fond lors de l'exploitation, avec une conduite DN 1600 mm pour l'irrigation ;
- Servir d'ouvrage terminal pour le transfert des eaux de l'Oued Mazafran afin d'alimenter le réservoir, selon la variante APD (Avant-projet Détaillé) du COBA.

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisie

### ➤ Digue principale :

<b>Niveau des plus hautes eaux (PHE)</b>	139m NGA
<b>Niveau minimal d'exploitation</b>	100m NGA
<b>Niveau minimal de retenue</b>	98m NGA
<b>Volume de la retenue</b>	75hm <sup>3</sup>
<b>Réserve utile</b>	71hm <sup>3</sup>
<b>Volume mort</b>	4 hm <sup>3</sup>
<b>Surface de la retenue</b>	3.4hm <sup>3</sup>

Tableau II.1 : caractéristiques de l digue principale, (ANBT).

### ➤ Deux digues de protection (A et B) :

Les deux digues de protections sont projetées suite au réaménagement du barrage pour les raisons suivantes :

- Protections des zones urbanisées :digue A épargne 240 lots à usages d'habitation .
- Protections des zones urbanisées :digue B épargne 140 lots à usages d'habitation.
- Protection du lac contre le déversement sauvage des eaux usées.

#### ✓ Digue A :

Noyau argileux étanche et recharge en matériaux gréseux et enrochements. La digue A dispose d'une station de pompage équipée de 4 pompes avec :

- Débit de refoulement :  $4 \times 1800 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Une HMT : 26m.
- Une puissance :  $4 \times 200 \text{ KW}$ .
- Groupe électrogène : 1650 KVA.

<b>Hauteur</b>	17m
<b>Langueur en crête</b>	230m
<b>Largeur</b>	10m
<b>Excavation</b>	150.000m <sup>3</sup>
<b>Remblais</b>	250.000m <sup>3</sup>
<b>La côte</b>	142m NGA

Tableau II.2 : Caractéristique digue A, (ANBT).

#### ✓ Digue B :

Noyau argileux étanche et recharge en matériaux gréseux et enrochements. La digue B dispose d'une station de pompage équipée de 4 pompes avec :

- Débit de refoulement :  $4 \times 600 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Une HMT : 42m.
- Une puissance :  $4 \times 110 \text{ KW}$ .
- Groupe électrogène : 900 KVA.

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisi

<b>Hauteur</b>	41m
<b>Langueur en crête</b>	425m
<b>Largeur</b>	10m
<b>Excavation</b>	150.000m <sup>3</sup>
<b>Remblais</b>	250.000m <sup>3</sup>
<b>La côte</b>	142m NGA

Tableau II.3 : Caractéristique digue B, (ANBT).

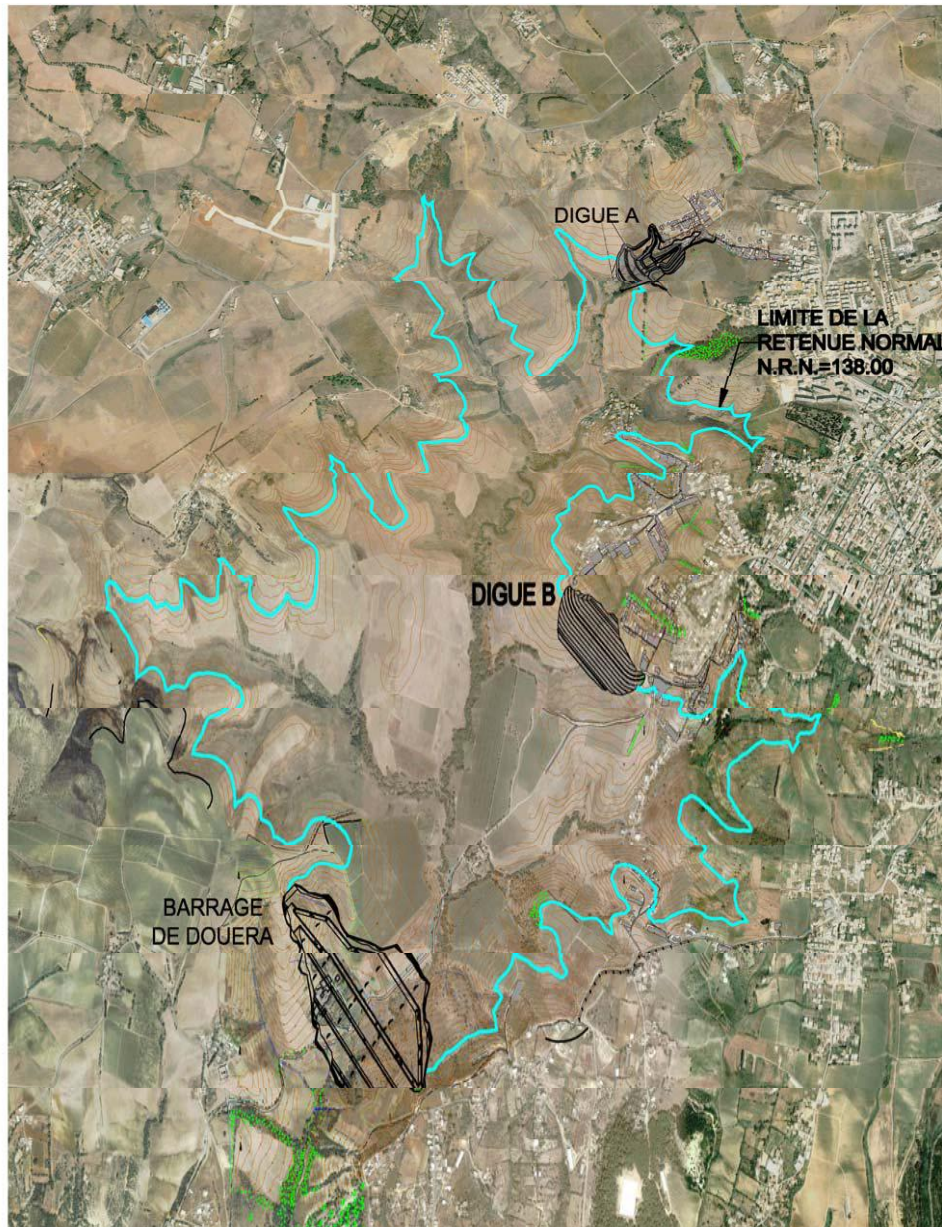


Figure II.3 : Barrage de Douéra et Dignes A et B

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisie

### ➤ Ouvrages de vidange :

#### ✓ Tour de prise :

Le tour de prise du barrage de Douéra est immergée et raccordée à la galerie de dérivation, 4 grilles d'entrée d'une surface totale de 60m<sup>2</sup>, débit maximal transféré est 14m<sup>3</sup>/s avec une vitesse de 7m/s.

#### ✓ Galerie de dérivation provisoire :

La dérivation provisoire du barrage de Douéra est composée d'une galerie rectiligne et circulaire d'une longueur de 435 m et d'un diamètre de 3,5 m dimensionnée pour un débit de 14m<sup>3</sup>/s.

La galerie est équipée d'une conduite de vidange de 1600 mm de diamètre, s'étendant sur une longueur de 450 mètres. Le processus de vidange sera automatisé : pour les faibles débits, le niveau devra être inférieur à la cote 4,5 m, tandis que pour les débits plus élevés, la vidange s'ouvrira progressivement jusqu'à atteindre son ouverture maximale lorsque le niveau atteint la cote 5,5 m.

Cette galerie a été conçue pour remplir trois fonctions principales :

- Servir de passage temporaire pendant les travaux de construction des remblais.
- Permettre la vidange en exploitation, avec une conduite de diamètre 1600 mm, pour l'irrigation.
- Agir comme point final du transfert des cours d'eau de Mazafran pour alimenter le réservoir.

### II.2.5 Taux de remplissage :

Barrage	Wilaya	Capacité dernière levé Hm3	Volume 10/01/2024 Hm3	Volume exploitable Hm3	Affluent (m3) de 10/01/2024 apport			
Douera	Alger	75.00	6.49	2.49	35000			
Deffluent (m3) du 10/01/2024								
AEP+AEI	IRR	Pertes					Pluie mm	Taux de remplissage %
		LVF	EVAP	Fuite	DEV	Total		
0	0	0	0	0	-	0	-	8.66

Tableau II.4 : Taux de remplissage.

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisi

Le taux de remplissage d'un barrage d'eau est un indicateur essentiel de son fonctionnement et de son efficacité dans la gestion des ressources hydriques. Ce taux fait référence à la proportion de la capacité totale du barrage qui est occupée par l'eau à un moment donné. Un taux de remplissage élevé indique que le barrage retient une grande quantité d'eau, ce qui peut être crucial pour répondre aux besoins en eau cependant comme on a pu le constater le barrage de Douera est sur un niveau assez bas d'un taux de 8.66% du a de déverses raison dans la majorité climatiques.

En outre on a pu constater l'absence de pertes ou d'évasements dans le barrage. Cela témoigne du travail effectué lors de sa construction et de son entretien, ainsi que de la vigilance continue des équipes chargées de sa surveillance.

### II.2.6 Taux de distribution :

AEP (21 /12/2023)			
Barrage	Consommation hebdomadaire	Consommation moyenne journalière ( Hm3)	Quota journalier (Hm3)
Douera	0.08	0.011	0.020

Tableau II.5 : taux de distribution.

### Calcul du taux de distribution :

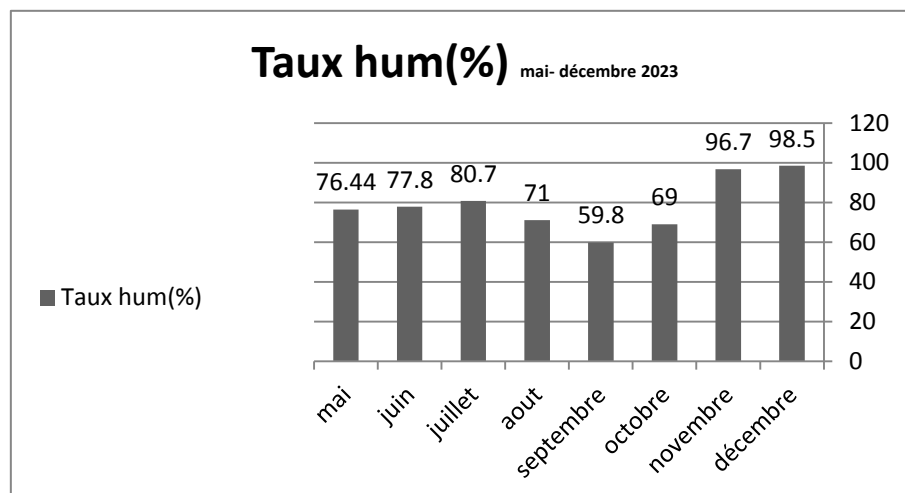
- **Hebdomadaire :** 2.49 Hm3 (2,490,000 m3) → 8.66%  
0.08 Hm3 (80,000 m3) → t  
T= 0.27%
- **Journalier :** 2.49 Hm3 (2,490,000 m3) → 8.66%  
0.011 Hm3 ( 11,000 m3) → t  
T= 0.038 %

On constate que malgré le taux assez bas du barrage mais la consommation hebdomadaire et journalière sont satisfaites.

### II.2.7 Evaporation (humidité) :

L'humidité d'un barrage se réfère généralement à la présence d'eau dans les structures du barrage, comme les digues ou les murs. Cela peut être mesuré par différents moyens, notamment à l'aide de capteurs d'humidité ou d'inspections visuelles pour détecter les fuites ou les infiltrations d'eau. Une humidité excessive peut être préoccupante car elle peut indiquer des problèmes de construction ou des dommages structurels qui pourraient compromettre la stabilité du barrage.

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisie



Histogramme II.1 : Humidité.

Le graphique montre que les taux d'humidité de mai à décembre 2023 sont relativement stables durant l'été (76,44% à 80,7%). Il y a une baisse notable en septembre (59,8%), suivie d'une légère augmentation en octobre (69%). Les taux d'humidité augmentent ensuite significativement en novembre (96,7%) et décembre (98,5%), indiquant une période hivernale plus humide.

### II.3 Consommation énergétique du barrage :

Canevas bilan énergétique (Barrage Douera du 05-02-2024):

Ouvrage	Types de lampes installées	Nombre de luminaires	Puissances de lampes installées	Puissance totale
Digue	Sodium	73	250 watt	18 250watt
	Néon	38	24 watt	912 watt
	Halogène	7	75 watt	525 watt
Accès Principales	Sodium	419	250 watt	104 750 watt
Accès Secondaires	Sodium	44	250 watt	11 000 watt

Tableau II.6 : Consommation énergétique ouvrages.

## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisie

Administration	Types de lampes installées	Nombre de lampes installées	Puissances de lampes installées	Puissance totale
Bureaux	Néon	128	12 watt	1536 watt
Saniatire	Halogène	8	75 watt	600 watt
Salle d'archive	Néon	8	12 watt	96 watt

Tableau II.7 : Consommation énergétique administration.

Magasin	Types de lampes installées	Nombre de lampes installées	Puissances de lampes installées	Puissance totale
	Néon	5	24 watt	120 watt

Tableau II.8 : Consommation énergétique Magasin.

Galerie de visites et tours de prises	Types de lampes installées	Nombre de lampes installées	Puissances de lampes installées	Puissance totale
Tour de prise	Néon	24	24 watt	576 watt
Galerie de visite cote	LED	30	12 watt	360 watt
	Halogène	45	75 watt	3375 watt

Tableau II.9 : Consommation énergétique galerie de visites et tours de prises.

Pompes	Types de pompes installées	Nombre de pompes Installées	Puissances de pompes installées	Puissance totale
Station de pompage digue A	Submersible	4	200 000 watt	800 000 watt
Station de pompage digue B	Submersible	4	110 000 watt	440 000 watt

Tableau II.10 : Consommation énergétique pompes.

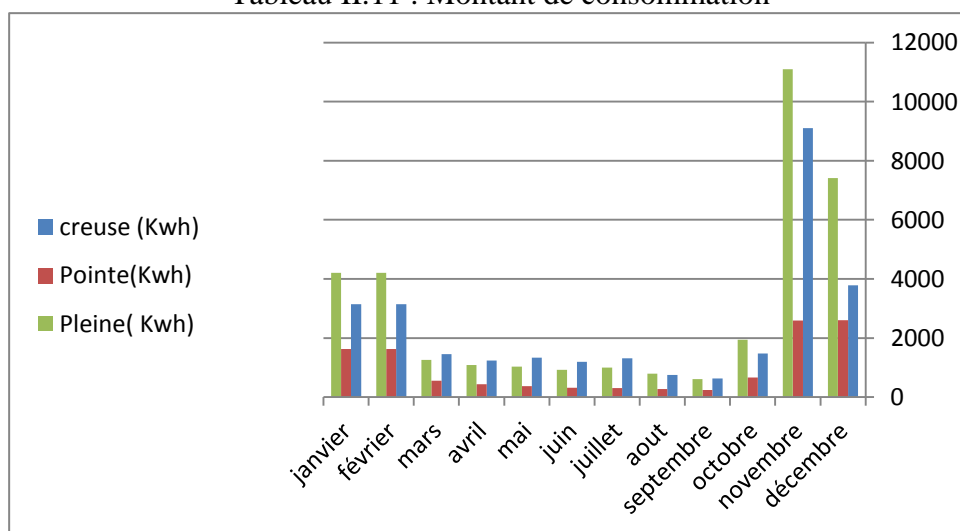
## CHAPITRE II : Etude préliminaire du Site choisi

Le bilan énergétique du barrage de Douera du 05-02-2024 montre une consommation totale de 1 382 100 watts (1 382,1 kW). Les ouvrages principaux, comme la digue, utilisent des lampes à sodium, néon et halogène, totalisant respectivement 18 250 watts, 912 watts et 525 watts. Les accès principaux et secondaires, éclairés par des lampes à sodium, consomment 104 750 watts et 11 000 watts. L'administration, comprenant les bureaux, sanitaires et salle d'archive, utilise des lampes néon et halogène avec une consommation totale de 2 232 watts. Le magasin utilise des lampes néon avec une consommation de 120 watts. Les galeries de visites et tours de prises sont équipées de lampes néon, LED et halogène, totalisant 576 watts, 360 watts et 3 375 watts. Enfin, les stations de pompage des digues A et B, équipées de pompes submersibles, consomment respectivement 800 000 watts et 440 000 watts.

### II.3.1 Consommation énergétique de l'année 2021:

Désignation de l'ouvrage	Type d'électricité	Période (Kwh)			Montant
		Creuse (nuit)	Pointe	Pleine	
Janvier	Poste 820 HTA (MT)	3,143.00	1,623.00	4,208.00	170,960.95
Février		3,143.00	1,623.00	4,208.00	154,608.43
Mars		1,455.00	556.00	1,263.00	136,722.77
Avril		1,237.00	432.00	1,085.00	134,215.32
Mai		1,336.00	374.00	1,027.00	133,784.83
Juin		1,199.00	313.00	929.00	132,773.68
Juillet		1,319.00	310.00	999.00	132,499.20
Aout		753.00	277.00	797.00	129,899.24
Septembre		636.00	240.00	610.00	129,633.56
Octobre		1,481.00	667.00	1,938.00	95,539.77
Novembre		9,104.00	2,592.00	11,099.00	123,934.92
Décembre		3,779.00	2,602.00	7,412.00	134,602.97
<b>Total</b>					<b>1,609,175.82</b>

Tableau II.11 : Montant de consommation



Histogramme II.2 : Consommation énergétique.

### II.3.2 Analyse de données :

Comme nous pouvons le constater l'histogramme montre la consommation d'électricité (en kWh) au cours d'une année, répartie en trois périodes différentes : "creuse" (heures creuses), "Pointe" (heures de pointe) et "Pleine" (pleine période).

Voici quelques observations :

- **Mois de consommation élevée :**
  - Décembre : La consommation la plus élevée est observée en décembre, particulièrement dans la catégorie "Pleine" (pleine période), qui dépasse 10 000 kWh. Cela indique une augmentation significative de l'utilisation de l'électricité, probablement due aux besoins du Barrage.
  - Novembre et octobre : Il y a aussi une augmentation notable de la consommation durant ces mois, avec les catégories "creuse" (heures creuses) et "Pleine" (pleine période) affichant des valeurs plus élevées par rapport aux autres mois.
- **Périodes de faible consommation :**
  - Printemps et été (avril à septembre) : Pendant ces mois, la consommation est relativement faible dans les trois catégories, avec une légère augmentation des consommations "creuse" et "Pointe" (heures de pointe) durant les mois d'été (juillet et août). Cela peut être dû à la réduction des besoins en chauffage et à une augmentation des heures de lumière naturelle réduisant le besoin d'éclairage.
- **Répartition de la consommation :**
  - Tout au long de l'année, la consommation "creuse" (heures creuses) est constamment plus élevée que la consommation "Pointe" (heures de pointe), sauf en décembre où la "Pleine" (pleine période) domine de manière significative.
  - Cela suggère une possible stratégie d'économie de coûts en consommant plus d'électricité pendant les heures creuses lorsque les tarifs sont plus bas.
- **Schémas saisonniers :**
  - Le graphique indique un schéma saisonnier clair, avec une consommation plus élevée pendant les mois froids (octobre à décembre) et une consommation plus faible pendant les mois chauds (avril à septembre).
- **Pics de consommation :**
  - Il y a des petits pics en février et mars, indiquant une utilisation légèrement plus élevée durant ces mois par rapport à la période de milieu d'année.

Globalement, le graphique met en évidence des variations significatives de la consommation d'électricité au cours de l'année, avec une augmentation distincte pendant les mois froids, probablement due au pompage du Barrage. La répartition entre les périodes creuses, de pointe et pleines suggère également des efforts pour optimiser l'utilisation de l'électricité et possiblement gérer les coûts.

### II.4 Problématique:

Dans de nombreuses zones, les constructions et habitations à proximité des barrages, sont exposé a des risques accrus d'inondation comme le cas de la zone prés de la digue B du barrage de Douera . Augmentant la vulnérabilité des habitants face aux crues et aux déversements. Le problème central de cette étude est de comprendre comment les constructions et habitations près des barrages amplifient les risques d'inondation et d'explorer l'efficacité des solutions de pompage d'eau pour minimiser ces risques tout en assurant la sécurité des populations concernées.

Comment peut-on optimiser la consommation énergétique du barrage de Douéra tout en assurant le bon fonctionnement de l'installation de la pompe qui sera mise en place a ce niveau du barrage, et quelles mesures peuvent être mises en place pour réduire les coûts énergétiques liés aux besoins de la pompes sans compromettre la sécurité et l'efficacité des opérations?



Figure II.4 : Zone de danger Barrage de Douéra .

### II.5 Conclusion :

Notre chapitre II offre une analyse détaillée du barrage de Douéra, soulignant son importance dans le contexte hydrologique et agricole de la région de Mitidja, en Algérie. Le barrage, achevé en 2016, joue un rôle crucial dans la régulation des ressources en eau, la prévention des inondations et l'irrigation des terres agricoles. Les données de consommation énergétique et les taux d'humidité illustrent l'efficacité et les défis opérationnels de cette infrastructure. Malgré un taux de remplissage relativement bas, le barrage continue de répondre aux besoins en eau grâce à une gestion et une surveillance rigoureuses. Ces résultats démontrent l'importance stratégique du barrage pour le développement agricole et la gestion durable des ressources en eau dans la région.

### **III.1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous abordons le dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome, une étape cruciale pour assurer son efficacité et sa fiabilité. Nous avons utilisé à la fois des calculs théoriques et l'outil logiciel PVsyst pour déterminer la taille optimale du système en fonction de la consommation énergétique prévue. Le dimensionnement comprend non seulement la sélection des panneaux solaires et des batteries appropriés, mais aussi l'optimisation de leur configuration pour maximiser la production d'énergie et assurer une autonomie suffisante lors des périodes de faible ensoleillement.

En outre, une étude économique détaillée a été réalisée pour évaluer le coût de cette installation photovoltaïque par rapport aux économies potentielles sur la facture d'électricité conventionnelle. Cette analyse comparative fournit un aperçu précieux des avantages financiers à long terme de l'investissement dans une solution d'énergie solaire autonome, mettant en lumière les aspects économiques et écologiques positifs de cette transition vers une énergie plus durable et indépendante.

Ce chapitre explore donc non seulement les aspects techniques du dimensionnement des systèmes PV, mais également leur impact économique, soulignant l'importance croissante des solutions d'énergie renouvelable dans notre environnement énergétique moderne.

### III.2 Estimation de l'Irradiation Solaire à Douera à l'Aide de PVsyst :

Dans le cadre de cette étude, les données d'irradiation solaire pour le site du barrage de Douera ont été obtenues en utilisant le logiciel PVsyst. PVsyst est un outil de simulation reconnu pour la modélisation et l'analyse des systèmes photovoltaïques. Il permet d'importer des données météorologiques précises et de réaliser des simulations détaillées afin de déterminer l'irradiation solaire disponible. Pour ce projet, les coordonnées géographiques du site ont été entrées dans PVsyst, et les données météorologiques correspondantes ont été importées. Les simulations effectuées avec PVsyst ont fourni des estimations fiables de l'irradiation solaire mensuelle et annuelle, essentielles pour le dimensionnement et l'évaluation de la performance du système photovoltaïque proposé.

#### III.2.1 Données Mensuelles d'Irradiation Solaire pour le Site de barrage de Douera [30] :

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Juil	Aout	Sep	oct	Nov	Déc
<b>Irradiation</b>	79.7	97.2	145.1	174	201.8	217	225.1	202	160	118.4	80.7	69.1

Tableau III.1 : irradiation.

### III.3 Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour un site autonome:

Pour un système photovoltaïque alimentant en électricité un site autonome, l'objectif principal est d'assurer une production électrique continue tout au long de l'année, afin de satisfaire la demande énergétique quotidienne préétablie. La disponibilité de l'énergie solaire dépend de plusieurs facteurs :

La localisation géographique (latitude).

- les conditions climatiques.
- l'orientation des panneaux photovoltaïques.
- leur inclinaison par rapport à l'horizontale.
- ainsi que la période de l'année.

### III.3.1 Consommation Energétique journalière :

Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi d'utiliser la pompe GRUNDFOS SLV.80.80.110.EX.2.51DCZ, Une Pompe monocellulaire centrifuge non auto-amorçante conçue pour le traitement des eaux usées, des eaux de process et des effluents non filtrés. La pompe est conçue pour fonctionner en continu ou par intermittence dans le cadre d'une installation immergée. Connue pour son efficacité et sa robustesse. Cette pompe sera alimentée par un système photovoltaïque, une solution énergétique durable et respectueuse de l'environnement. (Voir annexe A)



Figure III.1: Pompe submersible GRUNDFOS.

#### Calcul:

Ech = Puissance de la pompe \* Temps de fonctionnement ( 4 h par jours)

Ech = 11(kw) \* 4 = 44 KWh.

### III.3.2 Dimensionnement du générateur photovoltaïque :

Les panneaux solaires flottants sont une technologie novatrice qui utilise l'énergie solaire pour générer de l'électricité. Dans le cas de notre installation à Douera, ces panneaux flottent sur l'eau et captent la lumière du soleil pour la convertir en énergie électrique. Cette électricité est ensuite utilisée pour alimenter la pompe, permettant ainsi de fournir de l'eau ou de réaliser d'autres tâches nécessaires. C'est une méthode durable et respectueuse de l'environnement, car elle utilise une source d'énergie renouvelable, réduisant ainsi notre dépendance aux combustibles fossiles et contribuant à la préservation de notre planète.

### III.3.2.1 Estimation de la puissance maximale du champ photovoltaïque (puissance crête) :

$$P_{\text{crête}} = \frac{E_{\text{ch}} \left( \text{en } \frac{\text{KWh}}{\text{J}} \right)}{K \cdot I_{\text{rjmin}} \left( \text{en } \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{J}} \right)}$$

$P_c$  : Puissance crête du champ photovoltaïque

$E_{\text{ch}}$ : L'énergie électrique journalière consommée, exprimée en kWh/jour.

$I_{\text{rjmin}}$  : L'irradiation solaire journalière reçue par une surface unitaire (1m<sup>2</sup>) du champ photovoltaïque.

$K$  : Facteur de conversion. La valeur souvent utilisée dans les calculs du système avec batterie est  $k=0,80$ .

#### Application :

$$P_c = \frac{44}{0.8 \cdot 4.85} = 11.34 \text{ Kw}$$

### III.3.2.2 Choisir la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque [29]:

Puissance du champ Photovoltaïque	[0 - 0,5] KWc	[0,5 – 2] KWc	[2 – 10] KWc	> 10KWc
Tension recommandée	12 V DC	24 V DC	48 V DC	> 48 V DC

Tableau III.2 : le choix de la tension du fonctionnement.

Dans notre cas :  $P_{\text{ch}}=11.34 \text{ Kw}$  donc la tension recommandée égale a 72 V.

### III.3.2.3 Le nombre de modules photovoltaïques :

Pour notre étude, nous avons utilisé des modules photovoltaïques Siraj 5BB MONO-PERC d'une puissance de 385 Wc, disponibles sur le marché algérien. Ce module possède les caractéristiques suivantes : ( Voir annexe B) [28]

$V_{\text{mp}} = 40.70 \text{ V}$  ;  $V_{\text{oc}} = 47.90 \text{ V}$  ;  $I_{\text{mp}} = 9.4 \text{ A}$  ;  $I_{\text{sc}} = 9.86 \text{ A}$  .

Le calcul du nombre total de modules à installer se fait en utilisant la formule suivante [29] :

$$N_m = \frac{P_{\text{ch}}}{P_c}$$

$$N_m = \frac{11.34 \cdot 1000}{385} = 29.4 \quad \rightarrow N_m \cong 30 \text{ modules.}$$

➤ Le nombre de modules connectés en série sera égal à :

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_n}$$

Nombre de modules :  $N_s = \frac{72}{40.7} = 1.7$   $N_s \cong 2$  modules en série .

➤ Le nombre de modules connectés en parallèles sera égale à :

$$N_p = \frac{Nm}{N_s}$$

Nombre de modules :  $N_p = \frac{30}{2} = 15$  modules parallèles.

Pour obtenir une tension de 72 V, il faudra connecter 2 modules en série et 15 branches de modules en parallèle, ce qui représente un total de 30 modules nécessaires.

### III.3.3 Dimensionnement des batteries :

#### III.3.3.1 Capacité de la batterie :

Les batteries sont utilisées lors des jours de faible ensoleillement pour garantir une alimentation continue. La capacité d'une batterie dépend de l'énergie consommée en watt-heure (EC), du nombre de jours d'autonomie (Nj), ainsi que de la tension de fonctionnement de l'installation (U). ( Voir annexe C)

La capacité de la batterie de stockage en (Ah) est donnée par la formule suivante :

$$C_{bat} = \frac{EC * N_j}{DOD * U_s} \quad [28]$$

- **C** : Capacité de la batterie en (Wh).
- **DOD** : De la profondeur de décharge .
- **Nj** : Autonomie en jours.
- **EC** : L'énergie consommée (Wh).
- **Vbat** : Du choix de la tension de la batterie utilisée est selon la puissance crête.

#### Application :

$$C = \frac{44 * 1000 * 3}{0.8 * 72} = 2291.6 \text{ Ah} .$$

la valeur minimal de la capacité nécessaire est de ( Cbat= 4583.3 Ah), si notre choix se porte sur batterie solaire 12 V AGM-GEL Chargée scellées (12 V 200Ah).

➤ **Nombre de batteries en série :**

$$N_{bs} = \frac{U}{U_b} = \frac{72}{12} = 6 \text{ batteries}$$

➤ **Nombre de branches :**

$$N_{bb} = \frac{Cu}{Cb} = \frac{2291.6}{200} = 11.4 = 12 \text{ branches.}$$

Donc 72 batterie en total.

### III.3.4 Dimensionnement du régulateur:

Le régulateur sera dimensionné d'après les paramètres suivants : tension, courant d'entrée et courant de sortie :

- Tension nominale : Elle doit être celle du champ photovoltaïque dans notre cas c'est 72 V
- Courant d'entrée : C'est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de débiter. Il doit être supporté sans problème par le régulateur. Pour estimer ce courant. Le plus sûr est de prendre 1.5 fois le courant maximal.
- Courant de sortie (Is) : L'intensité du courant de sortie du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale que peuvent tirer les récepteurs simultanément.

$$I_{\text{max Rég}} = I_{\text{CC}} * N \text{ Branches en parallèle} * 1.3$$

$$I_{\text{max Rég}} = 9.68 * 15 * 1.3$$

$$I_{\text{max}} = 188.76 \text{ A}$$

$$V_{\text{max Rég}} = V_{\text{OC}} * N \text{ Panneaux en série} * 1.25$$

$$V_{\text{max}} = 47.9 * 2 * 1.25$$

$$V_{\text{max}} = 119.75 \text{ V}$$

### III.3.5 Choix du L'onduleur :

Lorsque l'application comprend des appareils fonctionnant en courant alternatif (AC), il est nécessaire de convertir l'électricité continue produite par les panneaux photovoltaïques en électricité alternative utilisable par ces appareils. Le dimensionnement d'un onduleur repose sur la somme des puissances maximales de chaque équipement à connecter au courant alternatif et se fait en fonction de plusieurs critères.

Tension d'entrée : elle est égale à celle de la batterie ou du régulateur.

Tension de sortie: en Algérie nous utilisons du 220 VAC, 50Hz.

Puissance nominale : Puissance nominale de l'onduleur (VA), définie d'après les besoins exprimés .Elle tient compte du nombre d'équipements, et de leurs puissances.

### III.3.6 choix des câbles de raccordement :

Le choix des câbles reliant les différents composants d'un système photovoltaïque repose sur deux caractéristiques principales [29] :

✓ **Courant admissible des câbles :**

Le courant admissible d'un câble correspond à l'intensité maximale que le câble peut supporter sans que sa température ne dépasse les limites normatives.

✓ **Chute de tension :**

La chute de tension dans les câbles est inversement proportionnelle à la section du câble. Pour réduire ces pertes de tension, il est essentiel de choisir des câbles avec une section suffisamment grande.

❖ **Conditions de fonctionnement des câbles photovoltaïques :**

Pour assurer un rendement optimal de l'installation, le choix des câbles reliant les modules photovoltaïques, le régulateur et les batteries est crucial. Pour cela, il est important de respecter les conditions suivantes :

- Minimiser la longueur des câbles entre les différents composants de l'installation.
- Utiliser une section de câble assez grande pour réduire les chutes de tension.
- Sélectionner des câbles résistants aux variations climatiques, notamment aux hausses et baisses de température.

### III.4 Présentation du logiciel PVSYST :

PVSYST est un logiciel de simulation et d'analyse de systèmes photovoltaïques destiné aux architectes, ingénieurs, chercheurs et éducateurs. Il permet de modéliser, dimensionner et optimiser des installations solaires de différentes tailles et configurations. Le logiciel peut importer des données météorologiques de plus de dix sources différentes, ainsi que des données personnalisées, pour des analyses précises. PVSYST offre une aide contextuelle approfondie et une interface ergonomique pour guider les utilisateurs tout au long du développement de leur projet. Les résultats des simulations sont présentés dans des rapports complets, incluant des graphiques et des tableaux spécifiques, et peuvent être exportés vers d'autres logiciels. En plus de ses applications professionnelles, PVSYST est un excellent outil pédagogique pour enseigner les principes de l'énergie solaire et du dimensionnement des systèmes photovoltaïque



Figure III.2 : Nomination du projet dans PVSYST.

### III.5 Les étapes de dimensionnement avec logiciel PVSYST :

#### III.5.1 Désignation du projet :

Le projet implique principalement la définition du site géographique et l'importation du fichier météorologique horaire. En outre, il permet la création de plusieurs variantes du système à étudier.

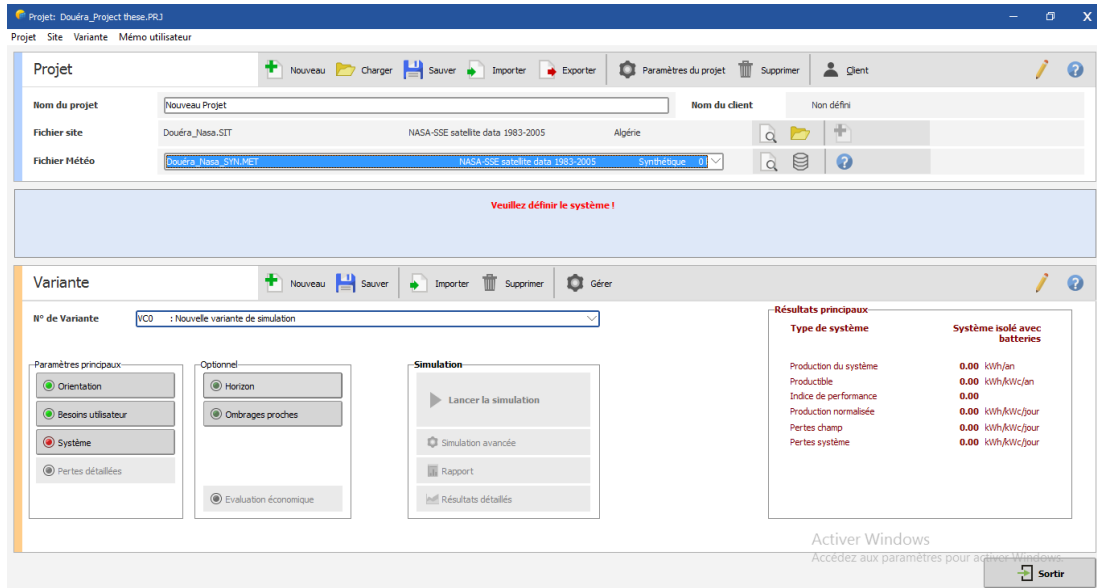


Figure III.3 : Désignation du projet dans PVSyst.

#### III.5.2 Les paramètres du site

Au lancement de la simulation du système étudié, la fenêtre illustrée à la Figure III.4 s'affiche. L'utilisateur y saisit les coordonnées géographiques du site concerné, permettant d'obtenir toutes les informations nécessaires sur le gisement solaire.

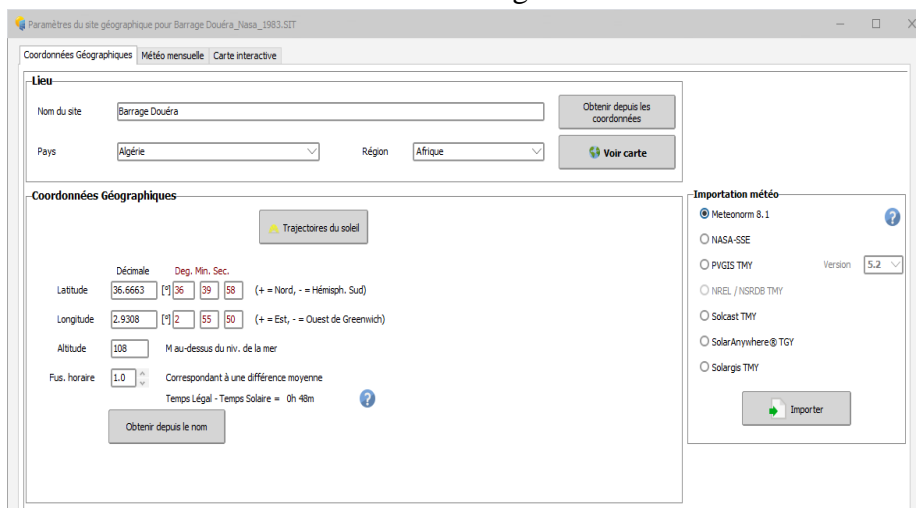


Figure III.4 : Coordonnées géographiques du site de barrage de Douéra.

La figure III.5 Ci-dessous nous donne les moyennes mensuelles des irradiations globales et diffuses ainsi que celles des températures.

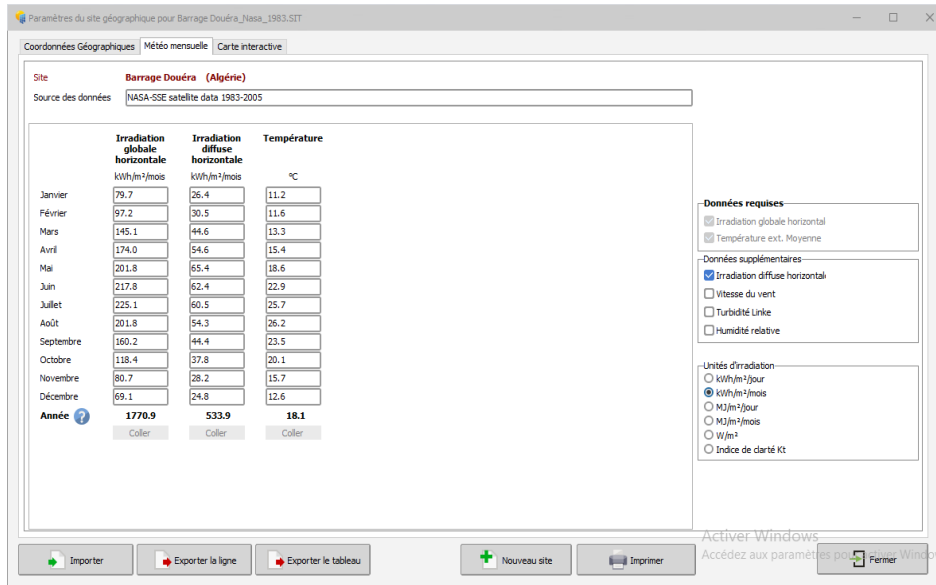


Figure III.5: Données Météorologiques mensuelles de barrage de douera.

La Figure III.6 illustre la trajectoire du soleil à chaque heure de la journée tout au long de l'année, en fonction de deux coordonnées : l'azimut (l'angle par rapport à la direction du sud, compté négativement vers l'est) et la hauteur du soleil (l'angle entre le soleil et le plan horizontal du site).

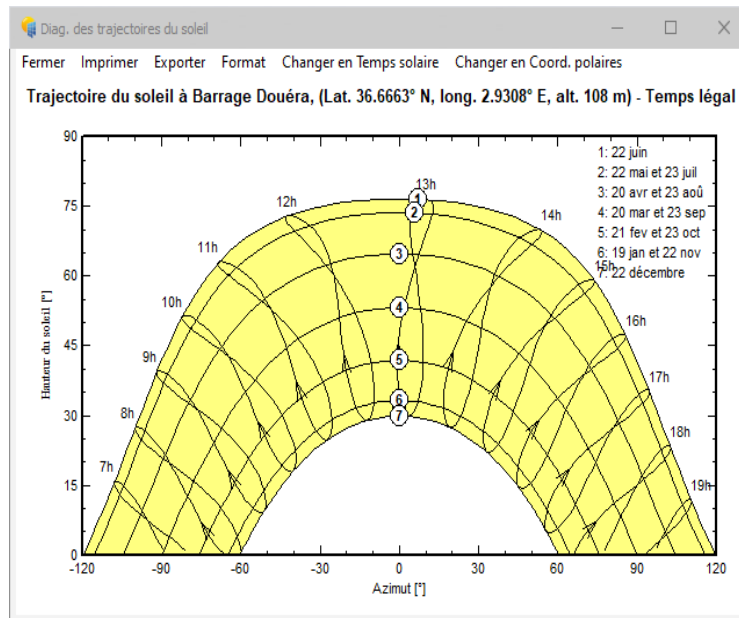


Figure III.6 : Diagramme de la trajectoire du soleil.

### III.5.3 Orientation des panneaux :

Pour estimer les angles optimaux d'inclinaison des modules photovoltaïques dans cette région pour lesquelles le gain énergétique est amélioré, nous avons opté pour une inclinaison de 54° Et l'azimut 0°. Optimisation par rapport à l'irradiation annuelle

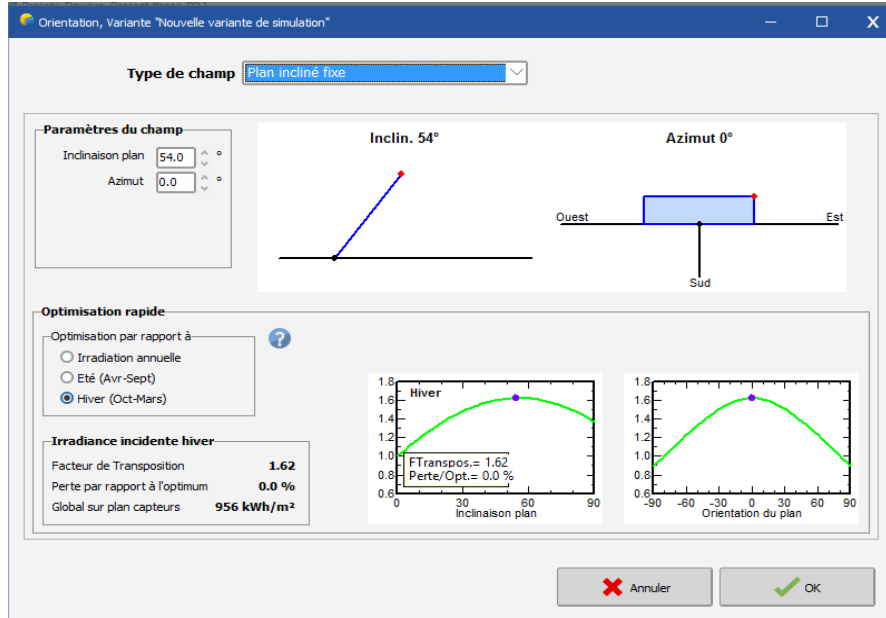


Figure III.7 : Orientation des panneaux.

### III.5.4 Détermination des besoins électriques :

En mode « autonome », PVSYST dispose d'une fenêtre où l'on peut sélectionner la consommation estimée. Les appareils d'une habitation varient selon leur type, leur consommation électrique et leur temps d'utilisation. PVSYST fournit une estimation de la consommation journalière et mensuelle moyenne. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé une pompe dont la consommation journalière est de 44 kWh, comme illustré à la figure III.8

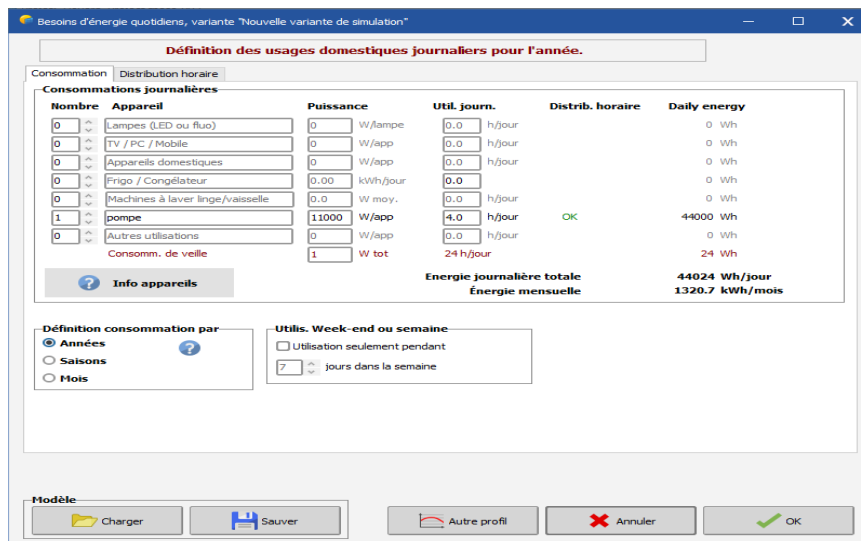


Figure III.8 : Calcul des besoins électriques

### III.5.5 Dimensionnement du champ PV

Plusieurs technologies existantes pour les modules PV, pour cela le dimensionnement du module est basé selon plusieurs critères comme les besoins électriques de l'installation et le choix d'une technologie qui réduit au maximum le nombre de batteries sans avoir un manque d'énergie. Ainsi, comme c'est indiqué sur la figure III.9 le type de module choisi dans le cas de cette présente étude est de type : 385W 40.7V monocristallin, SRAJ 5 BB MONO-PERC. Avec un champ PV de 30 panneaux (2 en série et 15 en parallèle).

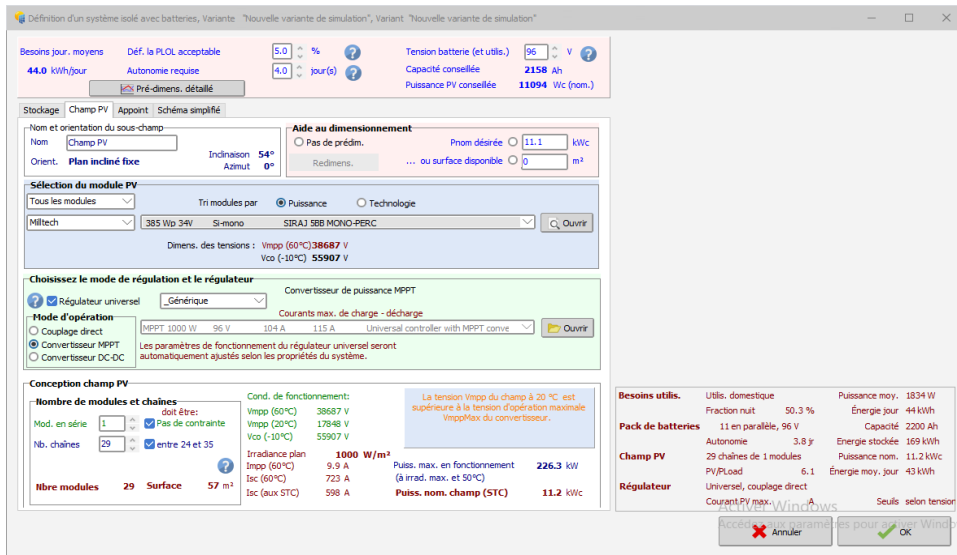


Figure III.9 : Dimensionnement du champ PV.

La figure suivante représente les caractéristiques du panneau choisi.

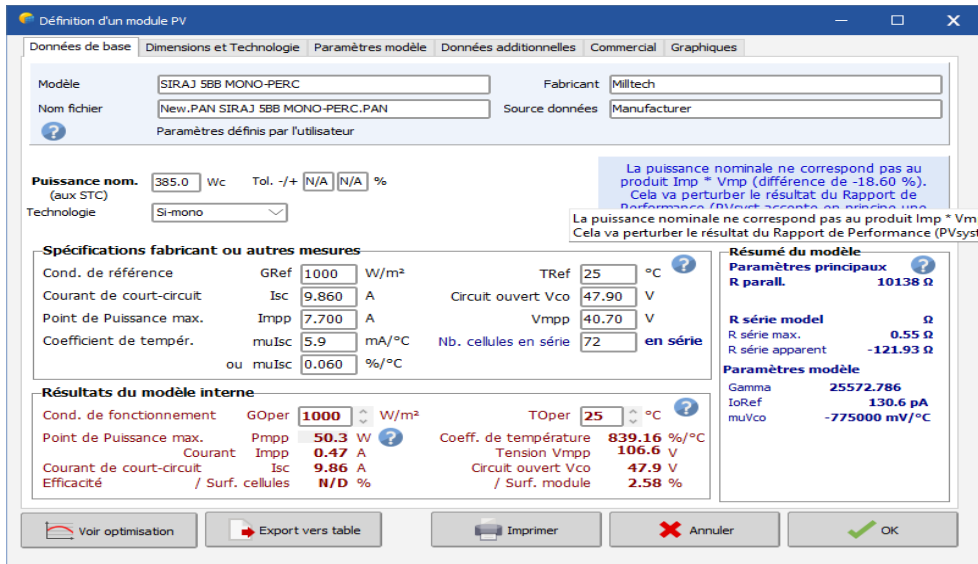


Figure III.10: Les caractéristiques du panneau.

### III.5.6 Le choix du régulateur :

Le régulateur le plus couramment utilisé dans la technologie photovoltaïque est le MPPT. La figure III.11 Présente les caractéristiques électriques de ce type de régulateur.

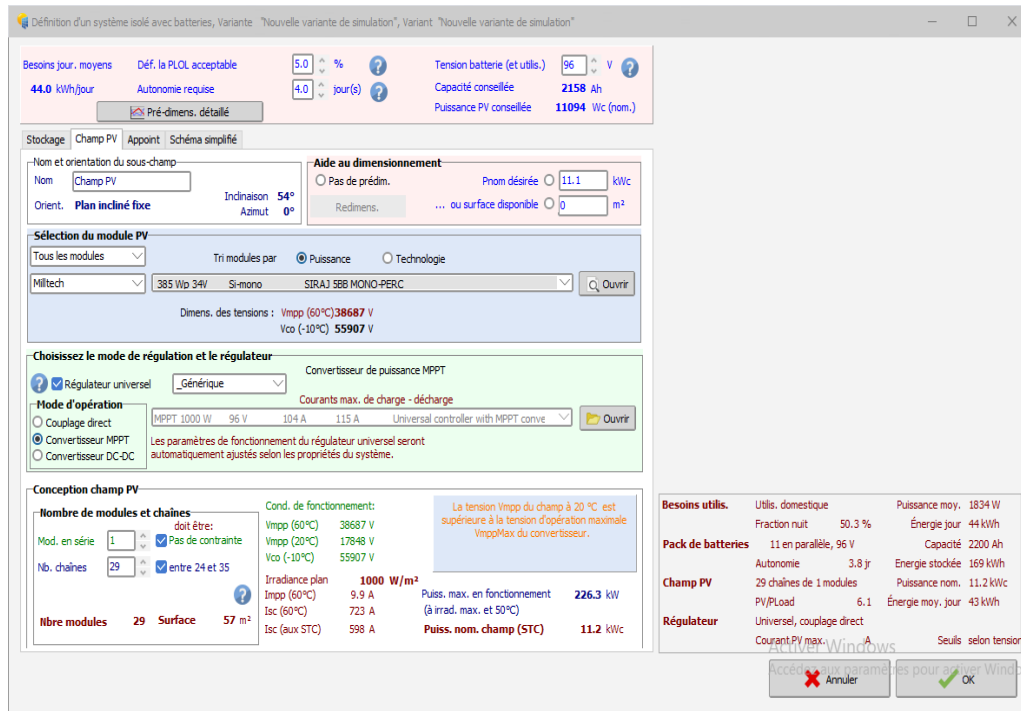


Figure III.11 : Dimensionnement du Régulateur.

### III.5.7 Dimensionnement du parc de batteries :

Le dimensionnement d'un parc de batteries est une étape essentielle pour garantir une gestion optimale de l'énergie dans un système photovoltaïque. Il s'agit de déterminer la capacité de stockage nécessaire pour répondre à la demande énergétique tout en tenant compte des variations de production solaire et des besoins spécifiques du projet.

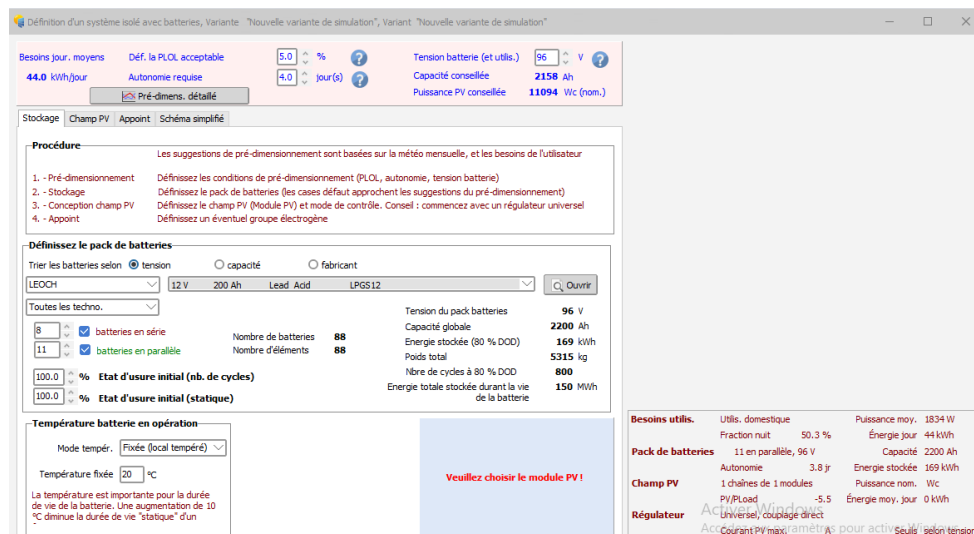


Figure III.12 : Dimensionnement du parc de batterie.

### III.6 Partie simulation:

Après avoir configuré tous les paramètres nécessaires dans PVsyst, la simulation permet de générer un rapport détaillé sur l'ensemble du système photovoltaïque. Ce rapport inclut une analyse complète de la production d'énergie, des pertes éventuelles, des performances du système et de l'impact économique et environnemental. Il présente des données clés telles que le rendement énergétique, le facteur de capacité, et les périodes de production maximale et minimale. Les graphiques et les tableaux fournis dans le rapport facilitent la visualisation des résultats et permettent d'identifier les points forts et les aspects à améliorer. En examinant ce rapport, les décideurs peuvent prendre des décisions éclairées pour optimiser le système photovoltaïque, améliorer son efficacité et sa rentabilité, et garantir une production d'énergie durable et fiable. Rapport en (Voir annexe D).

### III.7 Le coût d'installation :

Pour notre projet on s'est basé sur des produits disponibles sur le marché algérien le tableau III.3 est le devis estimatif des principaux composants de l'installation PV qu'on a dimensionnée.

Désignation	Nombre	Prix unitaire (DA)	Sous total (DA)
Pompe	01	250 000	1 250 000
Panneaux photovoltaïques	30	26460	793800
Onduleur	01	12000	12000
Régulateur	01	8000	8000
Batteries	72	14441	1039752
Câblage	150 mètre	300	45000
<b>Prix total (DA)</b>		<b>3.148.552.00</b>	

Tableau III.3 : Le coût d'installation du système photovoltaïque.

On peut constater depuis le tableau que la plus grande dépense concerne la pompe, qui représente une part importante du budget. Les panneaux, bien que coûteux, sont cruciales pour garantir le bon fonctionnement de la pompe. Les autres éléments, comme l'onduleur, batteries, régulateur et les câbles, sont moins chers, mais tout aussi nécessaires pour faire fonctionner le système. Au total, l'installation coûte **3 148 552 DA**.

## **Conclusion :**

En conclusion, le dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome est une étape essentielle qui combine des considérations techniques et économiques pour garantir une solution énergétique efficace, fiable et durable. Grâce à une approche rigoureuse incluant des calculs théoriques et l'utilisation d'outils comme PVsyst, nous avons pu déterminer la configuration optimale des panneaux solaires et des batteries, tout en assurant une production d'énergie adaptée aux besoins et une autonomie même lors des périodes de faible ensoleillement.

L'analyse économique a mis en évidence les avantages financiers à long terme de l'investissement dans un système photovoltaïque autonome, démontrant non seulement des économies substantielles par rapport à l'énergie conventionnelle, mais aussi une contribution significative à la réduction de l'empreinte carbone. Ce chapitre souligne ainsi l'importance croissante des énergies renouvelables dans la transition énergétique moderne, et montre que l'adoption de telles solutions constitue un choix judicieux pour allier performance, économie et durabilité.

---

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire met en lumière l'énorme potentiel de l'énergie photovoltaïque en Algérie, en particulier dans le contexte des infrastructures hydrauliques telles que les barrages. À travers l'étude de cas pratique réalisée pour le barrage de Douéra, il a été démontré que l'intégration d'un système photovoltaïque autonome peut répondre efficacement aux besoins énergétiques tout en réduisant la dépendance aux énergies fossiles.

Grace a ce système on a pu répondre au problème majeur qui consiste à pouvoir pomper les niveaux d'eaux considérés comme étant dangereux pour les habitations a proximité du barrage avec comme principal solution une alimentation a l'aide d'énergie PV ce qui a permet de relever le défis malgré les différentes impasses que peut engendrer une alimentation classique.


Les résultats de la simulation, qui indiquent une production utile d'énergie solaire, illustrent la viabilité de cette solution dans un pays bénéficiant d'un ensoleillement exceptionnel. De plus, l'analyse mise en place a pu confirmer l'approche de ces derniers résultats obtenus entre une étude théorique et partie pratique sur le logiciel PVsyst ce qui as permis de minimiser les différentes pertes liées au système tout en assurant une performances optimal soulignant l'importance d'une gestion optimisée des ressources solaires pour maximiser l'efficacité énergétique.

En repensant la gestion énergétique des barrages, non seulement il est possible d'améliorer leur efficacité opérationnelle, mais aussi de contribuer à la transition vers une énergie durable et renouvelable et rependre aux couts excessifs de ces infrastructures tout en restant dans un budget d'installation assez modeste comparé aux dépenses actuelle ce qui permet d'économiser énergie et les dépenses . Ainsi, ce travail ouvre la voie à des initiatives futures visant à diversifier le mix énergétique de l'Algérie, tout en répondant aux défis environnementaux et économiques actuels. L'énergie photovoltaïque se présente donc comme une solution stratégique pour un avenir énergétique plus durable et résilient.

# Annexe

## Annexe A:

### Pompe GRUNDFOS SLV.80.80.110.EX.2.51DCZ.

Quantité	Description
1	<p><b>SLV.80.80.110.EX.2.51D.C.Z</b></p>  <p>Note ! La photo produit peut différer du produit réel</p> <p>Référence: <a href="#">98626665</a></p> <p>Pompe monocellulaire centrifuge non auto-amorçante conçue pour le traitement des eaux usées, des eaux de process et des effluents non filtrés.</p> <p>La pompe est conçue pour fonctionner en continu ou par intermittence dans le cadre d'une installation immergée. La roue SuperVortex efficace permet le passage de fibres longues et de particules solides mesurant jusqu'à 80 mm et convient aux eaux usées chargées de 5 % de matières sèches. Un collier en acier unique fixé à l'installation permet le le démontage simple et rapide de la pompe du bloc moteur en vue de son inspection ou d'une opération de maintenance. Aucun outil spécifique n'est nécessaire.</p> <p>Commandes:</p> <p>Capteur d'humidité: Y</p> <p>Capteur de détection eau dans huile: N</p> <p>Liquide:</p> <p>Plage température liquide: 0 .. 40 °C</p> <p>Température liquide sélectionnée: 20 °C</p> <p>Densité: 998.2 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Technique:</p> <p>Débit nominal: 16.1 l/s</p> <p>Débit maxi: 25 l/s</p> <p>Hmt nom.: 28.81 m</p> <p>Type de roue: SUPER VORTEX</p> <p>Particule maxi: 80 mm</p> <p>Garniture primaire: SIC/SIC</p> <p>Certifications: CE EN12050-1, ATEX</p> <p>Tolérance courbe: ISO9906:2012 3B</p> <p>Chemise de refroidissement (Oui/Non): N</p> <p>Matériaux:</p> <p>Corps de pompe: Fonte EN 5.1301 EN-GJL-250</p> <p>Roue: Fonte EN 5.1301 EN-GJL-250</p> <p>Moteur: EN-GJL-250</p> <p>Installation:</p> <p>Plage température ambiante: -20 .. 40 °C</p> <p>Pression maximale de service: 6 bar</p> <p>Type raccordement d'entrée: DIN</p> <p>Type raccordement de sortie: DIN</p> <p>Taille raccordement d'entrée: DN 80</p> <p>Taille raccordement de sortie: DN 80</p> <p>Pression nominale pour le raccordement: PN 10</p> <p>Profondeur maximale d'installation: 7 m</p> <p>Profondeur maximale d'installation: 7 m</p> <p>Accouplement automatique: 96090993</p> <p>Gamme: D</p> <p>Donnée électrique:</p> <p>Puissance absorbée P1: 12.5 kW</p> <p>Puissance nominale - P2: 11 kW</p> <p>Fréquence d'alimentation: 50 Hz</p> <p>Tension nominale: 3 x 380-415 V</p> <p>Tolérance tension: +10/-10 %</p> <p>Nbre max. de démarrages par heure: 20</p> <p>Intensité nominale: 21.6 A</p> <p>Intensité démarrage: 160 A</p>

# Annexe

Quantité	Description
1	<p>Cos phi - Facteur de puissance: 0.84 Cos phi - Facteur de puissance à 3/4 de charge: 0.80 Cos phi - Facteur de puissance à 1/2 charge: 0.70 Vitesse nominale de l'entraînement: 2947 mn-1 Rendement moteur à pleine charge: 90.5 % Rendement moteur à 3/4 charge: 90.9 % Rendement moteur à 1/2 charge: 90.6 % Nombre de pôles: 2 Méthode de démarrage: SD Indice de protection (IEC 34-5): IP68 Classe d'isolation (CEI 85): H Anti-déflagrant: oui Protection moteur intégrée: THERMORUPTEUR Type de câble: LYNIFLEX Longueur du câble d'alimentation: 10 m Prise de courant: Aucune prise</p> <p>Autres: Poids net: 177 kg Poids brut: 197 kg Pays d'origine: HU Code douanier: 84137021</p>

# Annexe

## Annexe B:

Siraj 5BB MONO-PERC d'une puissance de 385 Wc.



### HIGH RETURN ON INVESTMENT

- Excellent for large scale installations.
- 1500V IEC certified.
- High power footprint reduces installation time and BOS costs.

### LOW COST MODULE

- High quality monocrystalline PERC 5BB cells.

### EXCELLENT WITHSTAND CHALLENGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

- 35mm hail stones at 97 km/h.
- 2400 Pa wind load and 5400 Pa snow load.

### EXCELLENT DURABILITY RELIABILITY PERFORMANCE

- Excellent PID resistant.
- All modules have to pass electroluminescence inspection.



72 CELL

MONOCRYSTALLINE  
MODULE

PERC

CELL  
TECHNOLOGY

385W

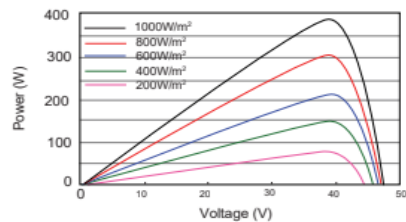
POWER RANGE

10 Years

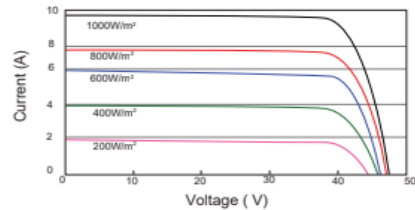
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

		385	380	375	
<b>STC</b> (Spectrum of AM 1.5 Irradiation 1000W/M <sup>2</sup> Cell temperature 25°C)	Maximum rated power (Pmax)(0~+3%)	W	385	380	375
	Maximum power voltage (Vmp)	V	40.70	40.63	40.42
	Open circuit voltage (Voc)	V	47.90	47.76	47.62
	Maximum power current (Imp)	A	9.4	9.29	9.22
	Short circuit current (Isc)	A	9.86	9.83	9.76
	Module efficiency	%	19.7	19.5	19.2
<b>NOTC</b> (Spectrum of AM 1.5 Irradiation 800W/M <sup>2</sup> Cell temperature 20°C and wind speed 1m/s)	Maximum rated power (Pmax)	W	286	282	279
	Maximum power voltage (Vmp)	V	38.7	38.2	37.7
	Open circuit voltage (Voc)	V	45.5	44.9	44.3
	Maximum power current (Imp)	A	7.7	7.6	7.5
	Short circuit current (Isc)	A	8.12	8.01	7.91

### POWER-VOLTAGE CURVE



### HIGH-VOLTAGE CURVE



STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

# Annexe

---

## Annexe C:

Batterie LEOCH (12V 200AH)



# Annexe

---

## **Annexe D:**

Rapport de simulation PVSYST.

# PVsyst - Simulation report

## Standalone system

---

Project: Nouveau Projet

Variant: Nouvelle variante de simulation

Standalone system with batteries

System power: 12.32 kWp

Barrage Douéra - Algérie



**PVsyst V7.4.7**

VCO, Simulation date:  
 24/06/24 14:55  
 with V7.4.7

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Barrage Douéra Algérie	<b>Situation</b> Latitude 36.67 °N Longitude 2.93 °E Altitude 108 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Weather data</b> Barrage Douéra NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthétique		

**System summary**

<b>Standalone system</b>  <b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 33.3 / 0 °	<b>Standalone system with batteries</b>  <b>User's needs</b> Daily household consumers Constant over the year Average 44 kWh/Day	<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 32 units Pnom total 12.32 kWp	<b>Battery pack</b> Technology Lead-acid, General Nb. of units 88 units Voltage 96 V Capacity 2200 Ah
---	---	---	---

**Results summary**

Useful energy from solar 8553.87 kWh/year	Specific production 694 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 33.66 %
Missing Energy 7514.89 kWh/year	Available solar energy 64404.95 kWh/year	Solar Fraction SF 53.31 %
Excess (unused) 50124.37 kWh/year		

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Predef. graphs	7



**PVsyst V7.4.7**

VCO, Simulation date:  
 24/06/24 14:55  
 with V7.4.7

**General parameters**

Standalone system	Standalone system with batteries	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Sheds configuration</b>	
<b>Orientation</b>	No 3D scene defined	
Fixed plane		
Tilt/Azimuth	33.3 / 0 °	
<b>Models used</b>	Perez	
Transposition	Perez, Meteororm	
Diffuse	separate	
Circumsolar		
<b>User's needs</b>		
Daily household consumers		
Constant over the year		
Average	44 kWh/Day	

**PV Array Characteristics**

PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	SIRAJ 5BB MONO-PERC	Model	LPGS12
(Custom parameters definition)		Technology	Lead-acid, General
Unit Nom. Power	385 Wp	Nb. of units	11 in parallel x 8 in series
Number of PV modules	32 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	12.32 kWp	Stored energy	169.0 kWh
Modules	16 string x 2 In series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	96 V
Pmpp	250 kWp	Nominal Capacity	2200 Ah (C10)
U mpp	55251 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	4.5 A	<b>Battery Management control</b>	
<b>Controller</b>		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	17.6 / 16.5 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
<b>Converter</b>		approx.	15.4 / 16.1 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	12 kWp		
Total	32 modules		
Module area	62.4 m <sup>2</sup>		

**Array losses**

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	423 mΩ	Voltage drop	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	0.3 % at STC			
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>				
Loss Fraction	3.0 %	Loss Fraction	0.5 % at MPP	Loss Fraction	0.2 %			
<b>IAM loss factor</b>	Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526							
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



**PVsyst V7.4.7**

VC0, Simulation date:  
24/06/24 14:55  
with V7.4.7

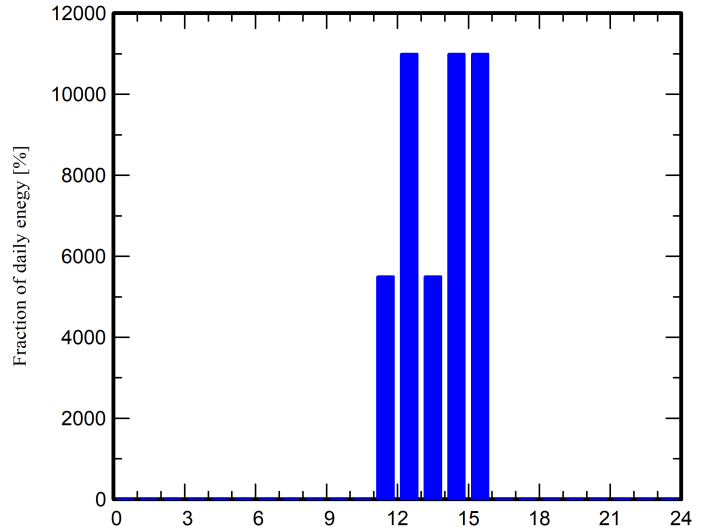
**Detailed User's needs**

Daily household consumers, Constant over the year, average = 44 kWh/day

**Annual values**

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Pompe GRANDFOS	1	11000 tot	4.0	44000
Consomm. de veille			24.0	24
Total daily energy				44024

**Hourly distribution**





**PVsyst V7.4.7**

VC0, Simulation date:  
 24/06/24 14:55  
 with V7.4.7

**Main results**

**System Production**

Useful energy from solar 8553.87 kWh/year  
 Available solar energy 64404.95 kWh/year  
 Excess (unused) 50124.37 kWh/year

Perf. Ratio PR 33.66 %  
 Solar Fraction SF 53.31 %

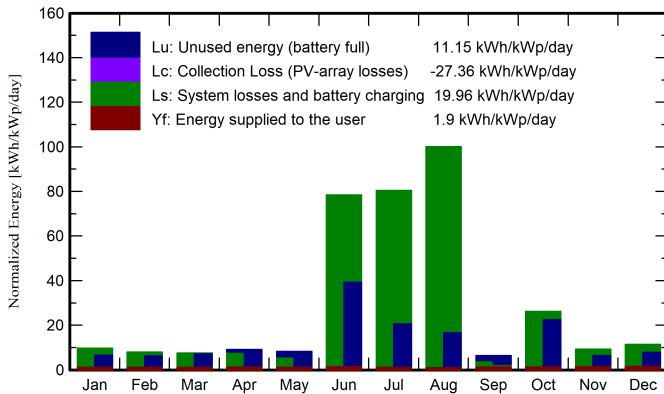
**Loss of Load**

Time Fraction 1.5 %  
 Missing Energy 7514.89 kWh/year

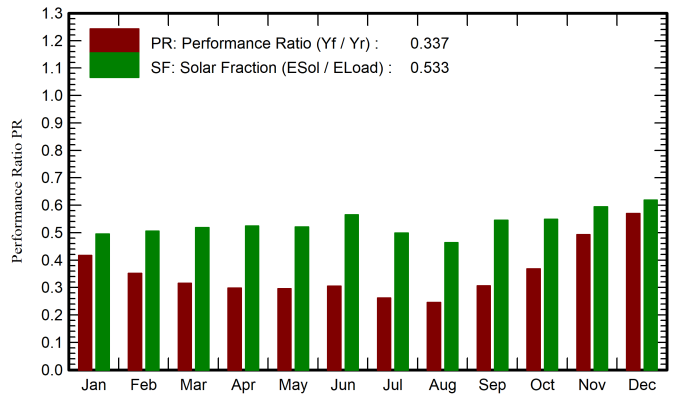
**Battery aging (State of Wear)**

Cycles SOW 76.1 %  
 Static SOW 80.0 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	79.7	129.0	2916	1840	690.5	674.3	1365	0.495
February	97.2	140.4	2571	1522	611.5	621.2	1233	0.505
March	145.1	177.9	3250	2024	658.3	706.4	1365	0.519
April	174.0	182.7	3878	2696	630.3	690.5	1321	0.524
May	201.8	188.4	3628	2464	655.6	709.1	1365	0.521
June	217.8	192.6	14977	13788	574.5	746.3	1321	0.565
July	225.1	204.4	8293	7182	685.2	679.5	1365	0.498
August	201.8	203.5	6722	5681	733.2	631.5	1365	0.463
September	160.2	186.6	2518	1417	600.9	719.9	1321	0.545
October	118.4	161.3	9038	7831	616.8	747.9	1365	0.549
November	80.7	126.9	2956	1562	536.5	784.2	1321	0.594
December	69.1	117.8	3659	2119	521.5	843.2	1365	0.619
<b>Year</b>	<b>1770.8</b>	<b>2011.5</b>	<b>64405</b>	<b>50124</b>	<b>7514.9</b>	<b>8553.9</b>	<b>16069</b>	<b>0.533</b>

**Legends**

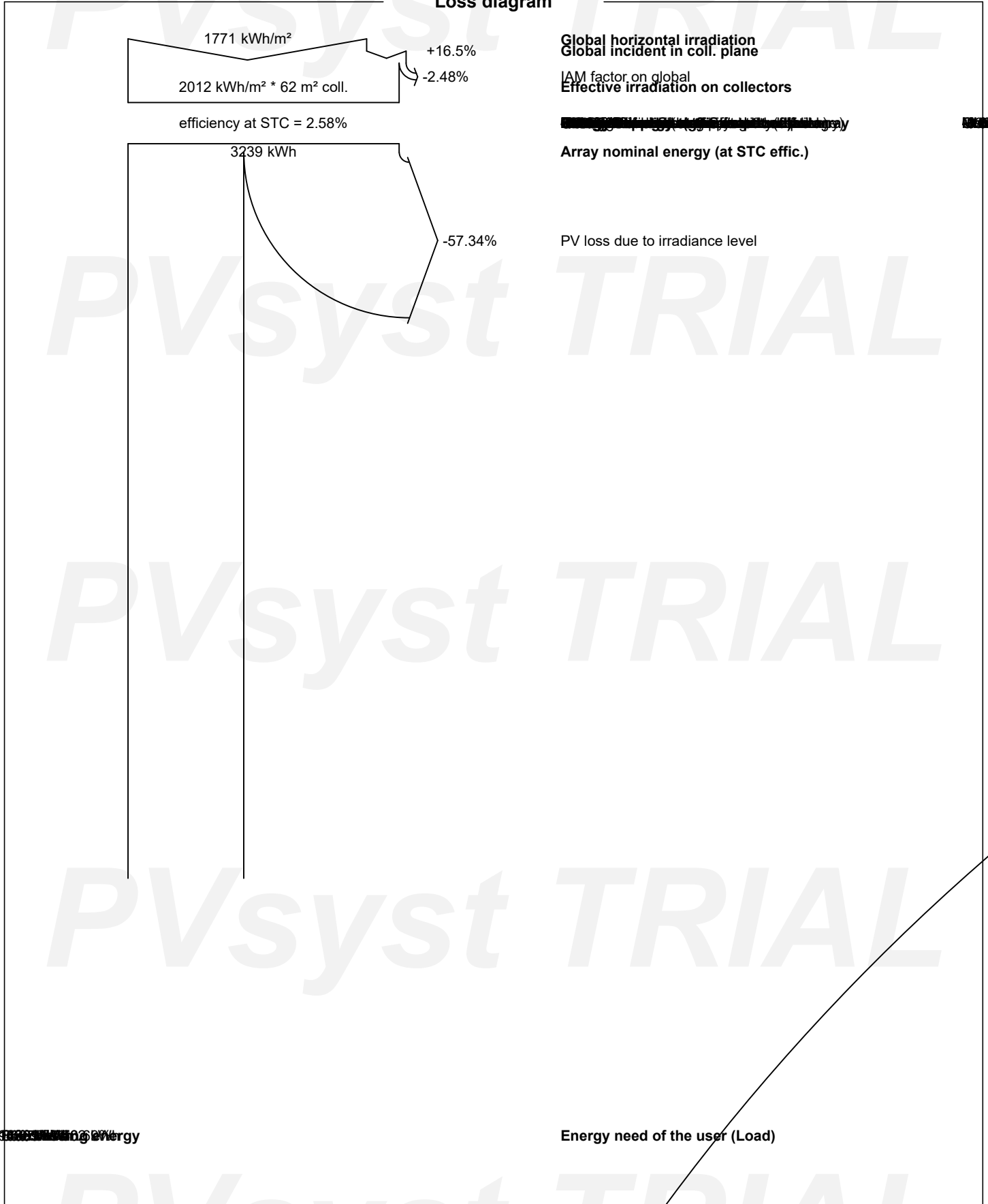
GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		



**PVsyst V7.4.7**

VC0, Simulation date:  
24/06/24 14:55  
with V7.4.7

**Loss diagram**



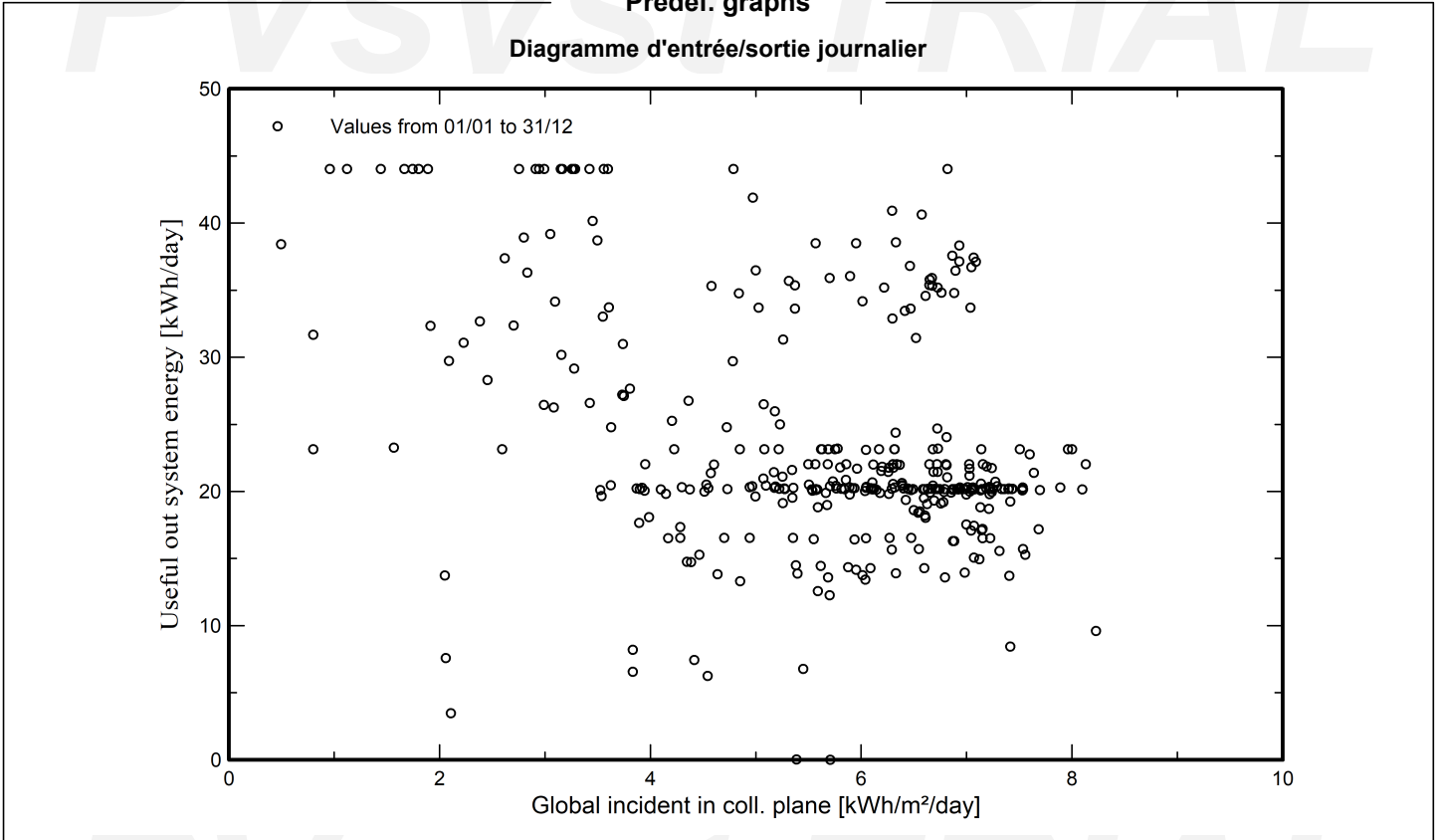


**PVsyst V7.4.7**

VC0, Simulation date:  
24/06/24 14:55  
with V7.4.7

**Predef. graphs**

**Diagramme d'entrée/sortie journalier**



**Bibliographie:**

- [1] <https://www.cder.dz>
- [2] Anne Labouret, Michel Villoz « Energie solaire photovoltaïque » Dunod 3<sup>ème</sup> édition 2006.
- [3] Nelson, J. (2003). *The physics of solar cells*. Imperial College Press.
- [4] <https://www.photovoltaïque.info> (consulté le 6 mai 2024)
- [5] Mertens, K. (2018). *\*Photovoltaics: Fundamentals, technology, and practice\**. Wiley.
- [6] NOUASRI Abdellah SALMI Lakhdar « Etude numérique de stabilité d'un barrage en terre » Mémoire pour l'obtention Du diplôme de Master Académique UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA année 2021/2022
- [7] Livre-blanc-energie-2019 ( Votre Guide du Photovoltaïque par LIBRE ENERGIE ).
- [8] livre Cellules solaires ( les bases de l'énergie photovoltaïque 5<sup>ème</sup> édition ) de Anne Labouret, Pascal Cumunel, Jean-Paul Braun, Benjamin Faraggi.
- [9] Notes de cours, Azoui, Master Energies Renouvelables 2019/2020.
- [10] Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *\*Solar energy: Principles of thermal collection and storage\**. Wiley.
- [12] Tarek nacer « ETUDE DE L'IMPACT DES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES RACCORDES AU RESEAU ELECTRIQUE BT SUR LE BILAN ELECTRIQUE DES FERMES AGRICOLES » Thèse du doctorat Université BLIDA 01 Année 2017
- [13] McCormick, D. C. (2010). "Solar energy: Renewable energy and the environment". CRC Press.
- [14] Wang, Y., et al. (2020). "Solar radiation: Physical modeling and analysis". Springer.
- [15] [https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-production-denergie/energie-solaire/#google\\_vignette](https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-production-denergie/energie-solaire/#google_vignette) (consulté le 15 mai 2024 )
- [16] McCormick, D. C. (2010). "Solar energy: Renewable energy and the environment". CRC Press.
- [ 17 ] <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie> (consulté le 18 mai 2024)
- [18] Alomar, AM, & Khatib, SR (2024). Impact de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux solaires sur la production d'énergie. *\*Hydrological Sciences Journal\**, 69, 115-125.
- [19] Benhamou, KB, & Djemaa, MZ (2023). Situation hydrologique et variabilité climatique en Algérie. *\*Journal of Hydrology\**, 45, 201-215.
- [20] [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ipemed\\_etat\\_des\\_lieux\\_du\\_secteur\\_de\\_l\\_eau\\_en\\_algerie\\_2013.pdf?fbclid=IwAR0Ih08zOtUgM9NLEbF632DZtp3TwIwwO2SmDFVZ7UkFCBV\\_gd-9esrf3s](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ipemed_etat_des_lieux_du_secteur_de_l_eau_en_algerie_2013.pdf?fbclid=IwAR0Ih08zOtUgM9NLEbF632DZtp3TwIwwO2SmDFVZ7UkFCBV_gd-9esrf3s) (consulté le 2 juin2024)
- [ 21 ] GIZ, BGR, & OSS. PROJET « CREM » : Coordination régionale pour une gestion durable des ressources en eau au Maghreb. Étude d'évaluation du secteur de l'eau en Algérie

## Bibliographie

---

- [22] <https://www.scribd.com/document/651853352/CHAPITRE-1> (consulté le 9 juin2024)
- [ 23 ] [https://www.aps.dz/economie/137455-ressources-en-eau-taux-de-remplissage-des-barragesa37?fbclid=IwAR3ck9FHhpu9i0GnSONxcxCmT31vwtU\\_QJaAWsnGQl4EuE97O8mZ105\\_AE](https://www.aps.dz/economie/137455-ressources-en-eau-taux-de-remplissage-des-barragesa37?fbclid=IwAR3ck9FHhpu9i0GnSONxcxCmT31vwtU_QJaAWsnGQl4EuE97O8mZ105_AE) ( consulté le 9 juin2024)
- [24] ghc-algerie.com tel : 0561685528 .( consulté le 23 juin2024 )
- [25] www.dimel.dz tel : 0560954662 .( consulté le 23 juin2024)
- [26] www.miltech.dz (consulté le 23 juin2024)
- [27] logiciel pvsyst.
- [28] cours de madame Hatem Djedjiga module : photovoltaïque (master 2 )2023/2024.
- [29] Melle AMARA Karima « Contribution à l'étude de conception d'une centrale photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution électrique moyenne tension ». Mémoire de magister en Electronique UMMTO, Année (2015).