



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Republique Algerienne Democratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

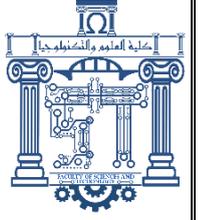
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة

Université Larbi Tébessi- Tébessa –

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département du génie électrique



MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Électrotechnique Industrielle

Par : Melouah Abou El Kacem Mohammed Sayah

Sujet :

Dimensionnement d'un système hybride par les méthodes de prévision et HOMER PRO

Présenté et soutenu publiquement, le 12 / 06 / 2022 , devant le jury composé de :

Yousfi Laatra	MCA	Président	Univ de Tébessa
Amieur Toufik	MCA	Rapporteur	Univ de Tébessa
Soufi Youcef	Professeur	Examineur	Univ de Tébessa
Ammari Chouaib	MAB	Co-Rapporteur	Univ d'Ouargla

Promotion : 2021/2022

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à ma généreuse et humble
famille :*

La famille Melouah.

*À mon cher père, que Dieu le protège, pour tous les
sacrifices, encouragements et conseils qu'il m'a offerts.*

*À mes frères, sœurs, cousins. À mes chers amis à mes
professeurs de l'université Tébessa.*

*À tous mes collègues de la 2^{ème} année master
électrotechnique industrielle 2021/2022 je leur souhaite
la réussite.*

Remerciements

*Avant tout, je tiens remerciements à Dieu tout puissant pour m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de terminer ce travail avec intégrité et stabilité. Je tiens à exprimer mes remerciements et ma gratitude à mon encadrant **Dr Amieur Toufik** et à co-encadreur **Dr Ammari Chouaib** pour toutes les informations fournies, je remercie également **Dr Abdel-Moumen Gougui** pour avoir compris le logiciel Homer et prodigué conseils et informations, et l'imam de la mosquée, Cheikh **Ben Hania M.Sadek**, pour avoir reçu et fourni de l'aide. Et je n'oublie pas d'exprimer ma profonde gratitude au président du jury, le **Dr Yousfi Laatra** et l'examineur, le **Pr Soufi Youcef** qui m'a fait l'honneur d'accepter de participer au jury.*

Je remercie aussi tous les employés du Département de Génie électrique, les professeurs et les administrateurs de l'Université de Tébessa et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des symboles

Grandeur	Significations
PV	Panneau photovoltaïque
Hh	Rayonnement d'inclinaison horizontale ($W/m^2.s$)
Hopt	Rayonnement d'inclinaison optimal ($W/m^2.s$)
H (90)	Rayonnement de 90 degrés ($W/m^2.s$)
P _{PV(t)}	La puissance générée par un module PV à l'instant t (W)
P _{max}	La puissance maximale dans les conditions de référence (1000 W/m ² et 25°C)
G	L'éclairement global incident (W/m^2)
G _{ref}	L'éclairement dans les conditions de référence (W/m^2)
α_T	Le coefficient de température de la puissance maximale et sa valeur égale -3.7×10^{-3} ($1/^\circ C$) pour les cellules mono et polycristallines
T _c	La température de la cellule PV exprimée ($^\circ C$)
T _{a-ref}	La température ambiante dans les conditions de référence (en $^\circ C$)
T _a	La température ambiante ($^\circ C$)
NOCT	(Normal Operating Cell Température) est la température de fonctionnement nominal des cellules PV (en $^\circ C$)
N _{pv}	Le nombre de panneaux photovoltaïques
P _{Tpv (t)}	La puissance totale générée par les PV (kWh)
P _{E (t)}	La puissance générée par un module éoliennes (kWh)
P _N	La puissance nominale (kW)
V _N	La vitesse nominale (m/s)
V _d	La vitesse de démarrage (m/s)
V _a	La vitesse d'arrêt (m/s)
α	Représente un coefficient dit de rugosité dépendant de la nature des obstacles situés au sol

Liste des symboles

Za	Les mesures des vitesses du vent sont réalisées à 10 m
Z	La variation de cette dernière en fonction de la hauteur
a, b	Des constantes
N _E	Le nombre de modules éoliennes
P _{TE} (t)	La puissance totale générée par les modules éoliennes (kWh)
η	Le rendement de groupe électrogène
P _{GD}	La puissance produite par le générateur électrique (kW)
C _V	La capacité calorifique représente la quantité d'énergie dégagée par unité de masse ou de volume du carburant (kWh/l)
Q _V	La consommation horaire du carburant
Q _{fuel}	La quantité du carburant consommée pendant une heure (L)
T _{DM}	Couple mécanique
T _{D1}	Constante de temps exprimant la limite en vitesse de réaction de la turbine
T _{D2}	Constante de temps exprime le délai de changement de couple
z(s)	L'équivalent de l'index d'alimentation
e ^{-sT_{D2}}	Le retard de transport
x ₁	Couple mécanique T _{DM} (en N.m)
x ₂ , x ₄	Intermédiaire de variable d'état
x ₃	La position de support de carburant (z)
x ₅	La vitesse de rotation (ω _m) (en rad/s)
ω _m	La vitesse de rotation de la turbine (en rad/s)
ω _m	La vitesse de référence (en rad/s)
T _e	Couple électromagnétique (en N.m)
K _p	Gains proportionnels
K _i	L'action de la partie "Intégral"

Liste des symboles

K_m	Gains de moteur
$\tau_1, \tau_2, \tau_3,$ τ_4	Constantes de temps
$E_B(t)$ et $E_B(t-1)$	Les quantités de charge de batteries à l'instant t et $t-1$ (en kWh)
$E_G(t)$	L'énergie générée par les générateurs PV/Eolien (en kWh)
η_{ond}	Le rendement de l'onduleur
$C(t)$	La charge demandée (en kWh)
η_B	Le rendement de batteries

Liste les tableaux

Chapitre I : Généralités sur les énergies renouvelables solaire et éolienne	
Tableau I.1 : Types des cellules photovoltaïques	5
Tableau I.2 : Statistiques des degrés d'insolation par zones.	11
Chapitre II : Modélisation du système hybride	
Tableau II.1 : Coordonnées géographiques de la Wilayat de Touggourt	13
Tableau II.2 : Température moyenne de la ville de Touggourt	15
Tableau II.3 : Rayonnement solaire pour Touggourt	15
Tableau II.4 : Capacités calorifiques	20
Chapitre III : Dimensionnement et simulation d'un système hybride	
Tableau III.1 : Quantités de consommation d'électricité pour la mosquée et les montants payés par la municipalité	29
Tableau III.2 : Appareils électriques utilisés dans la mosquée	30
Tableau III.3 : Rayonnement solaire sur le plan horizontal moyen journalier du site.	33
Tableau III.4 : Composants du système et paramètres économiques.	36
Tableau III.5 : Paramétré de prévision.	38
Tableau III.6 : Résultats économiques du système	42
Tableau III.7 : Résultats environnementaux du système hybride (PV/Réseau)	43
Tableau III.7 : Conséquences environnementales émises par le réseau électrique	43

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les énergies renouvelables solaire et éolienne	
Figure I.1 : Les deux types d'énergie solaire	4
Figure I.2 : Système photovoltaïque	5
Figure I.3 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	7
Figure I.4 : Système d'énergie éolienne	8
Figure I.5 : Configuration à axe horizontal	9
Figure I.6 : Éolienne de type Darrieus et Savonius	9
Figure I.7 : Principe de fonctionnement d'une énergie éolienne	10
Figure I.8 : Potentiel d'énergie solaire en Algérie	11
Figure I.9 : Carte des champs de vent en Algérie	12
Chapitre II : Modélisation du système hybride	
Figure II.1 : Site Internet d'Al-Zaouia El-Abidia	14
Figure II.2 : Photos de Mosquée Imam Malik - Municipalité d'Al-Zaouia El-Abidia	14
Figure II.3 : Système énergie hybride	16
Figure II.4 : Structure système hybride (PV/batteries/générateur diesel)	17
Figure II.5 : Structure du système hybride (PV - éolienne)	17
Figure II.6 : Représentation schématique d'HOMER	24
Figure II.7 : Représentation schématique d'iHOGA	25
Figure II.8 : Organigramme du processus de conception d'optimisation à l'aide d'un algorithme génératif	26
Figure II.9 : La structure du système d'inférence floue neuronale adaptative	27
Chapitre III : Dimensionnement et simulation d'un système hybride	
Figure III.1 : Site de la mosquée Imam Malek (de Google Maps)	32
Figure III.2 : Représente la température mensuelle du site	33
Figure III.3 : Données de charge annuelle	34
Figure III.4 : Charge électrique mensuelle et journalière moyenne.	34
Figure III.5 : Schéma de principe du système hybride étudié (PV/Réseau)	35
Figure III.6 : Résultats d'optimisation totaux pour le système hybride	39
Figure III.7 : Système optimal grâce à la classification Homer Pro	39

Liste des figures

Figure III.8 : Énergie produite à partir du système hybride	40
Figure III.9 : Présentation des moments critiques d'une journée typique de mois janvier pour les différents éléments du système (PV/Réseau).	41
Figure III.10 : Présentation des moments critiques d'une journée typique de mois juillet pour les différents éléments du système (PV/Réseau).	41
Figure III.11 : Prévision de consommation pour 2023-2025	44
Figure III.12 : Prévisions de consommation de la mosquée	44
Figure III.13 : Prévision de consommation pour 2023-2025	45

Résumé : Ce travail vise à exploiter les énergies renouvelables disponibles pour électrifier une mosquée, qui doit être connectée à une autre source pour éviter les coupures d'énergie électrique. La consommation d'énergie électrique pour ce site peut être calculée à travers des méthodes de prévision et le logiciel HOMER PRO, dans de sens l'efficacité de ces méthodes est vérifiée tant sur le plan technique qu'économique. Nous avons choisi la mosquée Imam Malik dans la commune de Zaouïa al-Abidia dans la Wilayat de Touggourt comme modèle pour cette étude, le système d'énergie choisi dans cette étude est composé principalement (PV/réseau).

Après avoir utilisé ces méthodes, les résultats techniques ont montré la production d'énergie électrique du système et la consommation croissante de la mosquée à l'avenir, et les résultats économiques ont montré le coût des composants du système et le coût total du système.

Mots clés : système hybride, Homer pro, photovoltaïque, Réseau, énergie solaire.

ملخص: يهدف هذا العمل إلى إستغلال الطاقات المتجددة المتاحة لكهربية مسجد، والتي يجب ربطها بمصدر آخر لتفادي إنقطاع التيار الكهربائي. يجب حساب استهلاك الطاقة الكهربائية لهذا الموقع من خلال طرق التنبؤ وبرنامج هومر برو، فعالية هذه الأساليب يجب أن يتم التحقق منها تقنيًا واقتصاديًا. إختارنا مسجد الإمام مالك ببلدية الزاوية العابدية بولاية تڤرت كنموذج لهذه الدراسة، يتكون نظام الطاقة المختار في هذه الدراسة بشكل أساسي من (ألواح كهروضوئية/شبكة).

بعد إستخدام هذه الأساليب أظهرت النتائج التقنية كمية إنتاج النظام للطاقة الكهربائية وتزايد إستهلاك المسجد في المستقبل، وأظهرت النتائج الإقتصادية تكلفة مكونات النظام والتكلفة الإجمالية للنظام.

الكلمات المفتاحية: نظام هجين، هومر برو، كهروضوئي، شبكة، الطاقة الشمسية.

Abstract : This work aims to exploit the renewable energies available to electrify a mosque, which must be connected to another source to avoid power cuts. The electrical energy consumption for this site can be calculated through forecasting methods and the HOMER PRO software, in this way the effectiveness of these methods is verified both technically and economically. We chose the Imam Malik mosque in the town of Zaouïa al-Abidia in the Wilayat of Touggourt as a model for this study, the energy system chosen in this study is mainly composed (PV/Grid).

After using these methods, the technical results showed the electric power generation of the system and the increasing consumption of the mosque in the future, and the economic results showed the cost of the components of the system and the total cost of the system.

Keywords : hybrid system, Homer pro, Photovoltaïque panels, Grid, Solar Energy.

TABLE DES MATIÈRES

Dédicace	I
Remerciements	II
Liste des symboles	III
Liste les tableaux	VI
Liste des figures	VII
Résumé	IX
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les énergies renouvelables solaire et éolienne.	
I.1 Introduction	3
I.2 L'énergie solaire	3
I.2.1 Définition	3
I.2.2 les deux types d'énergie solaire	3
I.2.3 Energie solaire photovoltaïque	4
I.2.4 Différents types des cellules photovoltaïques	5
I.2.5 Principe de fonctionnement	7
I.3 L'énergie éolienne	8
I.3.1 Définition	8
I.3.2 Les types d'éoliennes	8
a) Les éoliennes à axe horizontal	8
b) Les éoliennes à axe vertical	9
b).1 Darrieus	10
b).2 Savonius	10
I.3.3 Principe De Fonctionnement	10

TABLE DES MATIÈRES

I.4 Les énergies renouvelables en Algérie	10
I.4.1 Energie Solaire en Algérie	11
I.4.2 énergie éolienne en Algérie	12
I.5 Conclusion	12
Chapitre II : Modélisation du système hybride	
II.1 Introduction	13
II.2 Présentation du profile de charge	13
II.2.1 Situation géographique	13
II.2.2 Donnés météorologique de site	14
II.3 système hybride	16
II.4 Conception de système hybride	16
II.5 Modélisation de système hybride	18
II.5.1 Modèle du module PV	18
II.5.2 Modèle de l'aérogénérateur	18
II.5.3 Modélisation de groupe électrogène	19
III.5.4 Modélisation du stockage	22
II.5.5 Modélisation des réseaux électriques	23
II.6 Les techniques de dimensionnement de système hybride	23
II.6.1 Par logiciel commercial	23
II.6.1.1 Le logiciel Homer	23
II.6.1.2 Le logiciel iHoga	24
II.6.1.3 Le logiciel Hybrid2	25
II.6.2 Par algorithmes génétique	25

TABLE DES MATIÈRES

II.6.2.1 Algorithme (AG)	25
II.6.2.2 Algorithme (ANFIS)	26
II.6.2.3 Algorithme (HSS)	27
II.7 Conclusion	28
Chapitre III : Dimensionnement et simulation d'un système hybride	
III.1 Introduction	29
III.2 Évaluation de la consommation	29
III.3 Méthode de dimensionnement	30
III.3.1.1 Présentation du logiciel HOMER PRO	30
III.3.1.2 Domaines d'utilisation de logiciel HOMER PRO	31
III.3.1.3 Dimensionnement par logiciel HOMER PRO	31
a) Présentation du site et les ressources	31
b) La charge étudiée	34
c) Système d'alimentation hybride proposé (PV/Réseau/onduleur)	35
d) Saisir les caractéristiques économiques	35
III.3.2.1 Présentation des méthodes de prévision	36
III.3.2.2 Différentes types des méthodes de prévision	36
a) Méthodes quantitatives	36
b) Méthodes qualitatives	37
c) Analyses de Séries des Temps	37
d) Analyses des relations de Causes à Effets	37
III.3.2.3 Dimensionnement par la méthode de prévision	38
a) L'intervalle de confiance	38

TABLE DES MATIÈRES

b) Remplissage des points manquants	38
c) Regroupements les doublons	38
d) Début de la prévision	38
III.4 Résultats de simulation par logiciel HOMER PRO	39
III.4.1 Résultats techniques	39
III.4.2 Résultats économique	42
III.4.3 Résultats écologique	43
III.5 Résultats de simulation par la méthode de prévision	44
III.5.1 Par méthode Excel	44
III.5.2 Par method Homer pro (multi-year)	45
III.6 Étude comparative entre logiciels HOMER Pro et méthode de prévision	45
III.7 Conclusion	46
Conclusion générale	47
Bibliographie	48
Les annexes	51

Introduction générale

Introduction générale

La production d'énergie est un enjeu de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrielles ne cessent d'augmenter. De plus, les pays émergents auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement. L'utilisation systématique des énergies fossiles, telles que le pétrole, le charbon et le gaz naturel sont plus répandus pour produire de l'électricité, permettant des coûts de production faibles, mais libérant d'énormes quantités de gaz polluants. Ainsi, la production d'électricité à partir de ces combustibles est la source de 40% des émissions mondiales de dioxyde de carbone. Les énergies renouvelables sont considérées comme l'une des richesses les plus importantes en Algérie, en particulier l'énergie solaire et l'énergie éolienne, ce qui les rend éligibles à la production d'énergie électrique, et pour cette raison, il faut leur accorder la priorité et l'attention et la nécessité d'aller à l'économie des énergies renouvelables respectueuses de l'environnement et l'autre motif est que les énergies traditionnelles ils sont considérés comme des énergies épuisées.[9]

L'Algérie, comme d'autres pays, a développé un programme ambitieux pour développer des énergies renouvelables, et c'est en 2011, et le programme national pour le développement d'énergies renouvelables vise à permettre la production de 22 mille mégawatts d'horizons 2030, dont 10 000 mégawatts dirigés vers pour exporter si les conditions appropriées sont disponibles. Et ce qui est souligné à 30% à 40% pour produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire dans les limites de 2030. L'Algérie a également implanté une centrale électrique hybride à Hassi R'mél., la première du genre au monde, fonctionnant à la fois au gaz et à l'énergie solaire, d'une capacité de production de 150 mégawatts, et l'autre à Ghardaïa d'une capacité de 1,1 mégawatt. (Site Web du ministère de l'Énergie 2018.)

Les mosquées sont des lieux religieux que les musulmans utilisent pour adorer et accomplir des prières, car la durée de leur séjour varie, et les fidèles peuvent rester plus longtemps que d'habitude à certaines saisons et prières, comme les prières du vendredi et de l'Aïd et le mois du ramadan. Ces dernières années, les mosquées sont devenues très consommatrices d'énergie électrique en raison de l'utilisation de climatiseurs, de radiateurs, d'éclairages et d'autres appareils électriques, ainsi que du développement de la forme urbaine de la mosquée en raison de la situation géographique, de l'environnement et des environs. Les facteurs climatiques, qui affectent négativement le budget municipal en raison des factures de consommation électrique gonflées. J'ai donc décidé d'étudier ce sujet pour montrer l'importance des énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire, et la nécessité de

l'utiliser pour produire de l'énergie électrique, et j'ai choisi la Mosquée Imam Malik, située dans la commune d'Al-Zaouia Al-Abidia, la Wilayat de Touggourt, comme modèle.

Cette étude a été divisée en trois chapitres, où les premiers et deuxièmes chapitres ont été consacrés à des études théoriques :

- ✓ Le premier chapitre consacré sur généralité aux énergies renouvelables (énergie solaire et éolienne) et sa situation en Algérie ;
- ✓ Le deuxième chapitre, nous avons modélisé notre système proposé basé sur l'énergie solaire ;
- ✓ Le troisième chapitre concerne les résultats accompagnés avec les interprétations et les discussions ;
- ✓ À la fin, une conclusion générale vient clôturer ce présent travail ;

Chapitre I

Généralités sur les énergies renouvelables solaire et éolienne

I.1 Introduction

L'énergie renouvelable est un type d'énergie dont la source principale est naturelle et est représentée par la lumière du soleil, le vent, le mouvement de l'eau dans les rivières ou les mers, etc...., ce qui signifie qu'elle ne s'épuise pas avec une grande consommation et est renouvelable en permanence. Provenant de sources d'énergie non renouvelables en ce sens qu'elles sont illimitées et non renouvelables, qu'elles sont polluantes et respectueuses de l'environnement et qu'elles ne les affectent pas du tout, ou que leur impact n'est pas comparable à celui des énergies fossiles, par exemple. Où l'on constate que l'énergie solaire et l'énergie éolienne représentent la meilleure solution à la place de l'énergie traditionnelle, notamment en Algérie.

L'idée d'utiliser les énergies renouvelables vise à atteindre un développement durable et plus propre, car il existe de nombreuses applications d'importance stratégique et très sensibles telles que les relais de communication, les maisons rurales et autres en dehors du réseau électrique traditionnel, la disponibilité constante de la source primaire d'énergie est vitale et dépend en très grande partie de la fiabilité des appareils et de leur fonctionnement permanent.

Les nouvelles solutions technologiques proposées par les générateurs hybrides, même si elles sont très complexes comparativement aux solutions courantes mono-source, présentent par contre un intérêt évident considérable par leur flexibilité incomparable, leur souplesse de fonctionnement et leur prix de revient attractif. [1]

I.2 L'énergie solaire

I.2.1 Définition

L'énergie solaire est la lumière et la chaleur émises par le soleil qui sont exploitées par l'homme depuis l'Antiquité à l'aide d'une gamme de technologies en constante évolution.

L'énergie solaire est la source énergétique la plus abondante sur terre. Elle est à l'origine de la majorité des énergies renouvelables. [1]

I.2.2 les deux types d'énergie solaire

Les rayons du soleil produisent deux types d'énergie, soit le solaire thermique, qui convertit directement le soleil en chaleur, et le solaire photovoltaïque, qui convertit directement le rayonnement en électricité.

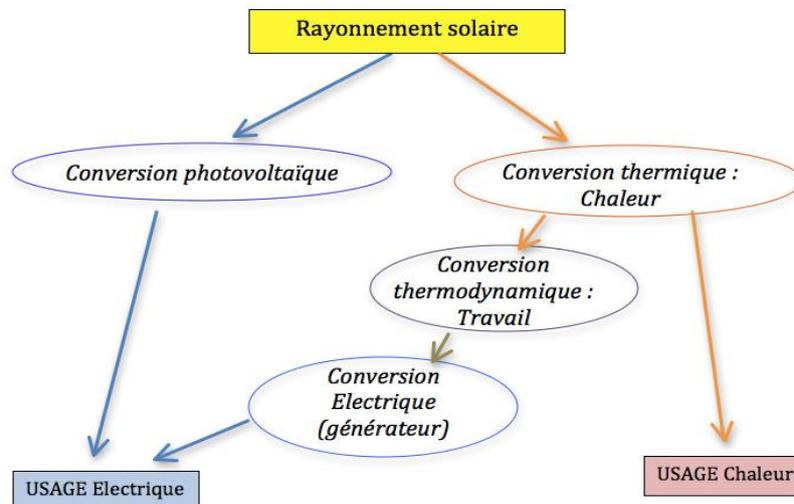


Figure I.1 : Les deux types d'énergie solaire.[1]

I.2.3 Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque (PV) provient de la conversion directe de l'énergie provenant de photons, compris dans le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en énergie électrique. Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules ou de photopiles fabriqués avec des matériaux sensibles aux longueurs d'ondes du visible qui réalisent cette transformation d'énergie. [2]

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées avec des matériaux semi-conducteurs principalement produits à partir de silicium. Ces matériaux émettent des électrons lorsqu'ils sont soumis à l'action de la lumière. Ceux-ci sont éjectés du matériau et ils circulent dans un circuit fermé, produisant ainsi de l'électricité.[2]



Figure I.2 : Système Photovoltaïque.[6]

I.2.4 Différents types des cellules photovoltaïques [3]

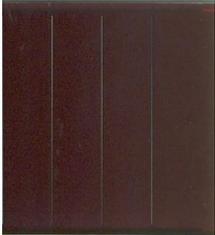
Composée de semi-conducteurs, une cellule photovoltaïque absorbe l’énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique.

Une cellule individuelle, unité de base d’un système photovoltaïque, ne produit qu’une très faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W avec une tension de moins d’un volt. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau).

Les connexions en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. Le courant de sortie, et donc la puissance, sera proportionnelle à la surface du module.

Tableau I.1 : types des cellules photovoltaïques.[3]

Types	Définition	Avantage	Inconvénients
Cellule en silicium polycristallin 	Pour obtenir du silicium polycristallin, on fait fondre le silicium dans un moule métallique carré et allongé, appelé lingotière. Le coloris de ce type de cellule est bleu	-Bon rendement (environ 100 Wc/m ²) -Durée de vie importante (+/- 30 ans)	-Rendement faible sous un faible éclairement

	<p>et parsemé de motifs laissés par les cristaux.</p> <p>Cette particularité nous permet de reconnaître facilement cette cellule photovoltaïque.</p>	-Moins cher que le monocristallin	
<p>Cellule en silicium monocristallin</p> 	<p>Le silicium monocristallin est le résultat du refroidissement du silicium fondu. Une fois solidifié, il se transforme en un cristal uniforme qui est découpé en tranches fines afin de former la cellule photovoltaïque. La couleur de ce matériau est bleue, sans trace de cristaux ou autres.</p>	<p>-Meilleur rendement que le polycristallin (environ 150 Wc/m²).</p> <p>-Durée de vie importante (+/- 30 ans).</p>	<p>-Plus cher que le polycristallin.</p> <p>-Rendement faible sous un faible éclairage.</p>
<p>Cellule silicium amorphe en couche mince</p> 	<p>Le silicium amorphe est obtenu à partir de gaz de silicium.</p> <p>Ce gaz est vaporisé sur un support, en verre, en plastique souple ou en métal, grâce à un procédé de projection sous vide. Ces cellules photovoltaïques sont gris foncé.</p>	<p>-Fonctionnent avec un éclairage faible.</p> <p>-Bon marché par rapport aux autres types de cellules.</p> <p>Moins sensible aux températures élevées Souple</p>	<p>-Rendement faible en plein soleil (environ 60 Wc/m²), les cellules en couche mince nécessite une surface plus importante pour atteindre les mêmes rendements que les cellules épaisses.</p> <p>-Durée de vie courte (+/- 10 ans),</p>

			performances qui diminuent sensiblement avec le temps.
--	--	--	--

I.2.5 Principe de fonctionnement

Comprendre le fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque est essentiel lorsque l'on souhaite recourir à cette technologie. Le module solaire photovoltaïque est un système capable de capter l'énergie envoyée par le soleil vers la Terre, et de la convertir en courant électrique continu. Il existe également des équipements qui produisent de l'eau chaude à partir de l'énergie solaire.[10]

Le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques dépend de plusieurs éléments, comme le montre la figure III.3.

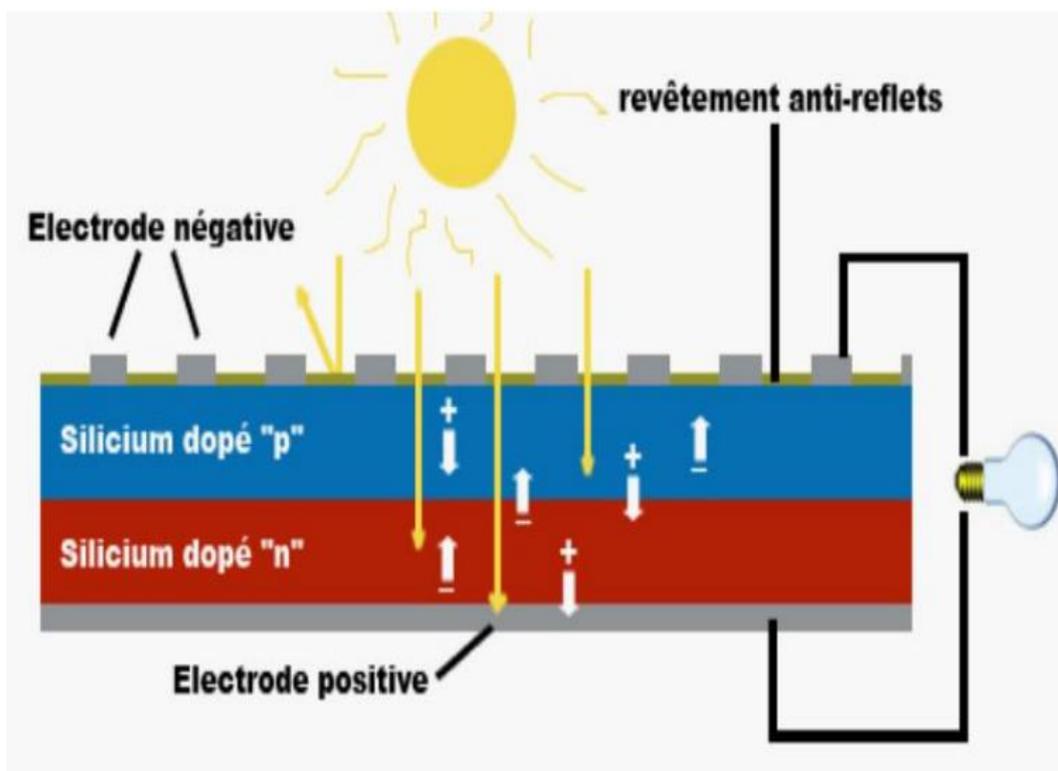


Figure I.3 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.[10]

I.3 L'énergie éolienne

I.3.1 Définition

L'énergie éolienne est une forme de sources d'énergie renouvelables, dans laquelle les turbines convertissent l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique ou électrique, et cette énergie est utilisée pour fournir l'énergie nécessaire à de nombreux domaines différents, tels que l'industrie, l'agriculture et autres, il est généralement utilisé pour produire de l'électricité.



Figure I.4 : Système d'énergie éolienne.[5]

I.3.2 Les types d'éoliennes

Il existe deux principaux types d'éoliennes : le premier type, les éoliennes à axe horizontal, qui sont les plus populaires et sont connues sous le nom d'éoliennes, et elles ont besoin de grandes surfaces et de vitesses de vent élevées. Le second type est les éoliennes à axe vertical, qui sont petits types qui fonctionnent à des vitesses de vent faibles.

a) Les éoliennes à axe horizontal

Les éoliennes à axe horizontal (HAWT) ont le rotor principal et les générateurs au sommet de la tour, et doivent être orientées sous le vent, c'est-à-dire que l'axe de rotation du rotor est horizontal et parallèle à la direction du vent. [4]

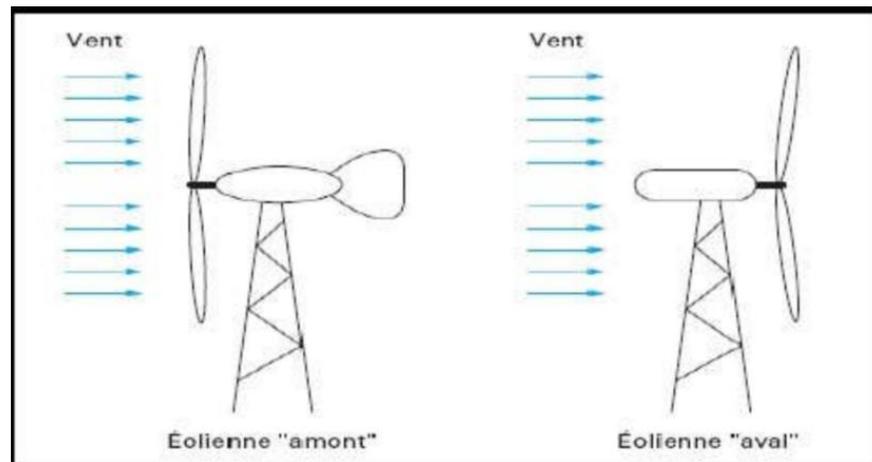


Figure I.5 : Configuration à axe horizontal. [4]

Ce type de turbine est le plus utilisé dans le monde, notamment dans les sites industriels d'exploitation, certaines des raisons pour lesquelles ce modèle est plus courant sont [4] :

- ✓ Efficacité et rendement élevés ;
- ✓ La simplicité du design ;
- ✓ Surpasser toutes les machines en termes de performances ;

b) Les éoliennes à axe vertical

Éoliennes à axe vertical (VAWT) L'arbre est installé en position verticale et peut produire de l'électricité quelle que soit la direction du vent. L'avantage de ce type d'éolienne verticale est qu'elle peut générer de l'électricité même dans des endroits peu ventés.[5]

Il existe deux modèles d'éoliennes à axe vertical : Savonius et Darrius



Éolienne de type Darrius.



Éolienne de type Savonius.

Figure I.6 : Eolienne de type Darrius et Savonius.[5]

b).1 Darrieus

Elles sont peu encombrantes, ne nécessitent pas de systèmes d'orientations et sont simples à installer. Par contre, elles ont un faible rendement et ne démarrent pas toutes seules. [5]

b).2 Savonius

Cette éolienne a également un faible rendement par rapport à une éolienne classique mais elle a l'avantage de fonctionner avec toutes les directions du vent. L'éolienne est compacte et le fait d'être sur un axe vertical diminue les vibrations ce qui peut être très contraignant sur un bâtiment. [5]

I.3.3 Principe De Fonctionnement

Le principe de fonctionnement de l'énergie éolienne repose sur la conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique : le vent fait tourner les pales, qui à leur tour font tourner le générateur, qui à son tour convertit l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.[33]

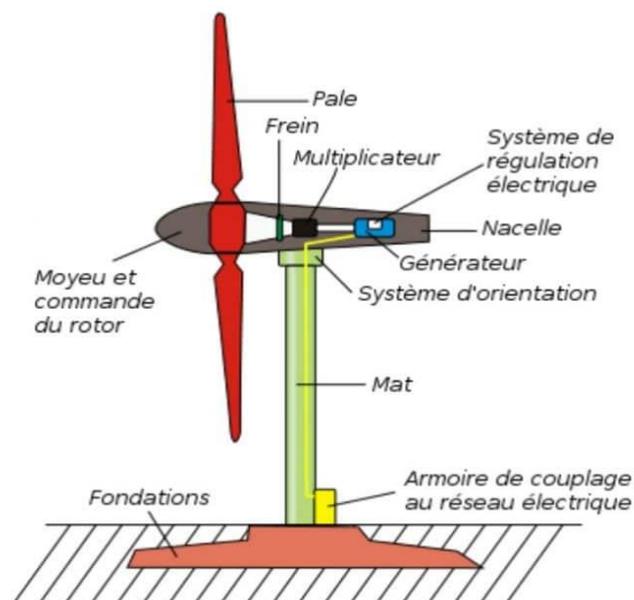


Figure I.7 : Principe de fonctionnement d'une énergie éolienne.[33]

I.4 Les énergies renouvelables en Algérie

L'intérêt pour l'étude de la question des énergies renouvelables est croissant, car elle représente l'une des principales sources d'énergie mondiale en dehors de l'énergie conventionnelle, l'Algérie ayant accordé la plus grande importance à l'exploitation de l'énergie solaire photovoltaïque et éolienne en raison de l'énorme potentiel dont elle bénéficie. Dans les deux sources, en particulier dans la région sud.

I.4.1 Energie Solaire en Algérie

L'énergie solaire en Algérie est devenue l'un des projets de transformation énergétique les plus importants du pays, auquel le gouvernement attache une grande importance, car la situation géographique de l'Algérie la caractérise par une luminosité solaire importante, ce qui la qualifie pour produire de l'énergie électrique, qui atteint annuellement 2000 heures par ans.[6]

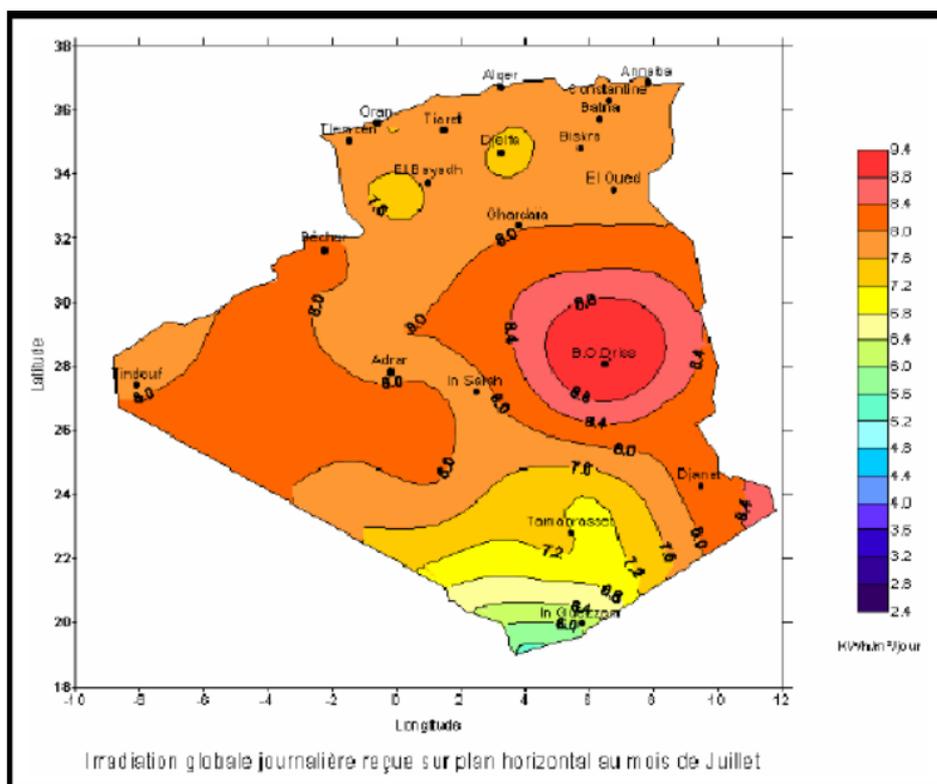


Figure I.8 : Potentiel d'énergie solaire en Algérie. [2]

Tableau I.2 : Statistiques des degrés d'ensoleillement par zones. [6]

Régions	Zone côtière	Haut plateaux	Le désert
Superficie %	4	10	86
Capacité d'ensoleillement moyenne (heure/an)	2650	3000	3500
Energie disponible moyenne (kw/m ² /an)	1700	1900	2650

I.4.2 énergie éolienne en Algérie

En Algérie, l'énergie éolienne change selon les régions, et cela est dû à la nature topographique et climatique multiple. L'Algérie a un bilan modéré de cette énergie, estimé à : 2 à 6 m/s. [7]

Les régions du sud du pays se caractérisent par une vitesse de vent plus importante que celles du nord, notamment dans le sud-ouest où la vitesse moyenne du vent est estimée à : 4 m/s, et elle atteint 6 m/s dans la région de l'Adrar. Par ailleurs, les trois régions situées au sud-ouest du Sahara (Tindouf, Ain Saleh et Adrar) semblent les plus propices à l'implantation de parcs éoliens car elles sont uniques en réserves économiquement exploitables d'environ 24 TWh/an, mais exploitant le potentiel de l'énergie éolienne en cette région est souvent confrontée à de sévères contraintes d'ordre économique et technique, comme l'éloignement, l'absence de communication. [7]

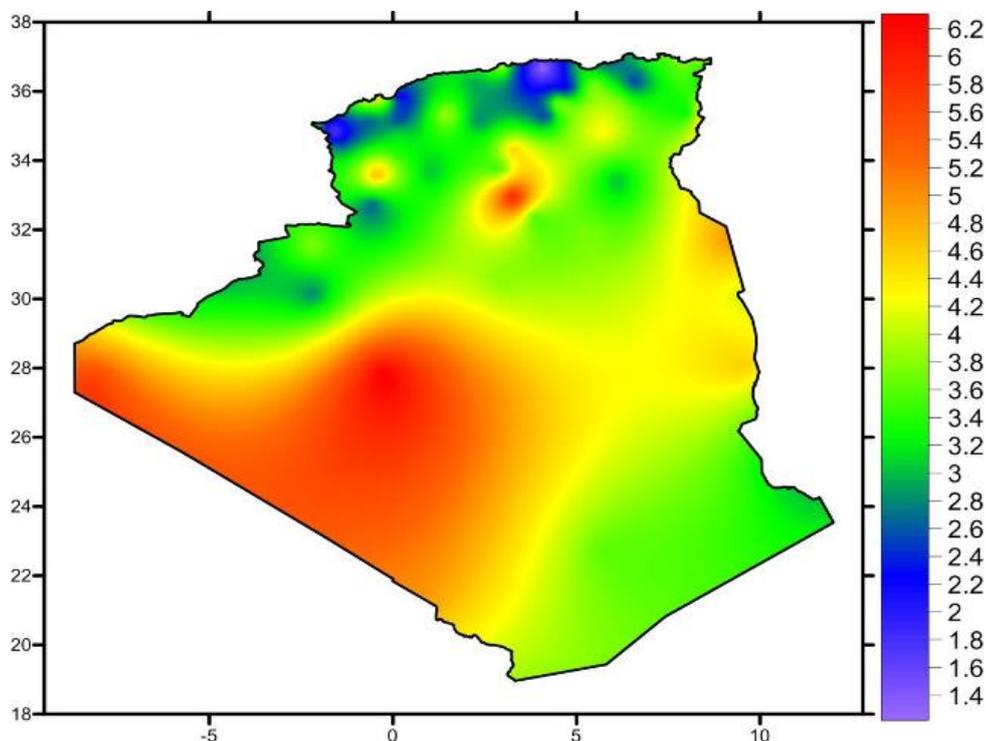


Figure I.9 Carte des vents en Algérie. [7]

I.5 Conclusion :

Présenté dans ce chapitre quelques notions sur l'énergie solaire et l'énergie éolienne et certains de leurs composants et le principe de leur fonctionnement. J'ai également mentionné ce que l'Algérie est riche de ces deux énergies naturelles, afin de pouvoir présenter une analyse du système hybride constitué de ces deux systèmes pour l'électrification d'une mosquée dans le deuxième chapitre.

Chapitre II

Modélisation du système hybride

II.1 Introduction

La sécurisation de l'alimentation électrique d'une zone isolée, une école, une clinique ou une mosquée, par exemple, dépend principalement de la localisation de la charge et de la nature du climat à cet endroit pour savoir ce qui en est disponible à partir des sources d'énergie renouvelables.

Dans ce chapitre, on va présenter le profil de charge à étudier, les conceptions de systèmes hybrides et la modélisation mathématique, ainsi que certaines des techniques du dimensionnement de système hybride.

II.2 Présentation du profile de charge

II.2.1 Situation géographique

Le site d'étude choisi, qui est la mosquée Imam Malik, est situé dans la Wilayat de Touggourt dans la région de Wadi Rig, qui est située au sud-est du pays, plus précisément au nord du désert.

Ville de Touggourt est située à 160 km au nord-est la Wilaya d 'Ouargla, à 225 km au sud Wilaya de Biskra et à 600 km environ au sud-est d'Alger. [8]

Les coordonnées géographiques de la Wilayat de Touggourt sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Coordonnées géographiques de la Wilayat de Touggourt. [9]

Latitude : 33° 16 Nord	Altitude : 55 m
Longitude : 6° 04 Est	32°

Quant à l'emplacement de la mosquée, elle se situe dans la commune d'Al-Zaouia El-Abidia dans l'Etat de Touggourt, plus précisément au nord-est de l'Etat. Délimité par :

- ✓ Au nord, Quartier Meggarin ;
- ✓ Au sud, Commune Tébesbest ;
- ✓ A l'est, Foret de palmiers ;
- ✓ A l'ouest, Wilayat Touggourt ;

La figure II.1 suivante montre l'emplacement de la municipalité d'Al-Zaouia Al-Abidia

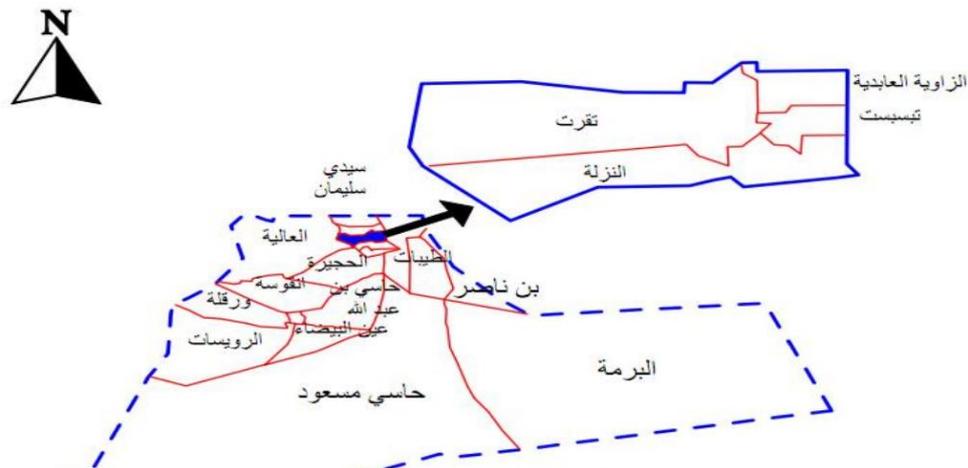


Figure II.1 : Site Internet d'Al-Zaouia El-Abidia. [10]

La mosquée se trouve à environ 600 m au nord du siège de la municipalité, en face du marché d'Al Falah montre. La figure II.2 montre deux images de la mosquée, dont l'une est une image supérieure qui met en évidence le toit de la mosquée, et l'autre met en évidence la face avant de la mosquée.



Figure II.2 : Photos de Mosquée Imam Malik - Municipalité d'Al-Zaouia El-Abidia.

II.2.2 Données météorologique de site

La région de Touggourt et ses environs dans la région de Wadi Reg, y compris la municipalité d'Al-Zaouia El-Abidia, ont un climat désertique sec, qui se caractérise par des températures élevées en été et un froid rigoureux en hiver, avec peu ou pas de pluie parfois. Et une inondation à d'autres moments et une humidité relativement faible, et se caractérise par une sorte de poids atmosphérique qui affecte négativement l'activité et le mouvement.

Quant aux vents, la région connaît deux types de vents :

Les vents d'ouest et du nord-ouest soufflent en automne et en hiver, et en été, les vents soufflent de l'est et du sud-est, caractérisés par la chaleur et la sécheresse.

En ce qui concerne la température moyenne et le rayonnement solaire au cours des mois de l'année, nous envisageons de le clarifier par le tableau II.2 et le tableau II.3.

Tableau II.2 : La température moyenne de la ville de Touggourt. [11]

Le Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Température	12.5	12.1	18.2	22.4	26	30.8	37.7	32	30.1	22.5	16	11.6

Grâce aux données du tableau, nous constatons que la température annuelle moyenne est de 22,66 degrés Celsius.

Tableau II.3 : Rayonnement solaire pour Touggourt. [12]

Le Mois	Hh	Hopt	H (90)
Jan	3480	5550	5370
Fév	4510	6360	5340
Mars	5980	7140	4760
Avril	6700	6960	3310
Mai	7280	6800	2380
Juin	7930	7020	1920
Juillet	7830	7100	2120
Aout	7130	7080	2890
Sep	5730	6470	3830
Oct	4810	6300	4860
Nov	3780	5800	5380
Déc	3120	5140	5150
Année	5700	6480	3930

Où :

- ✓ Hh : rayonnement d'inclinaison horizontale ;
- ✓ Hopt : rayonnement d'inclinaison optimal ;
- ✓ H (90) : rayonnement de 90 degrés ;

Notez que l'unité de rayonnement est : ($W/m^2 \cdot s$)

II.3 système hybride

C'est un système de production d'électricité basé sur l'intégration de différentes sources d'énergie (solaire photovoltaïque, éoliennes, petite hydraulique ou générateurs diesel). Les applications hybrides peuvent offrir de meilleures performances et des économies dans un contexte d'électrification donné.[13]

C'est ce qu'on appelle un système hybride car il combine deux ou plusieurs sources, alternées et continues.

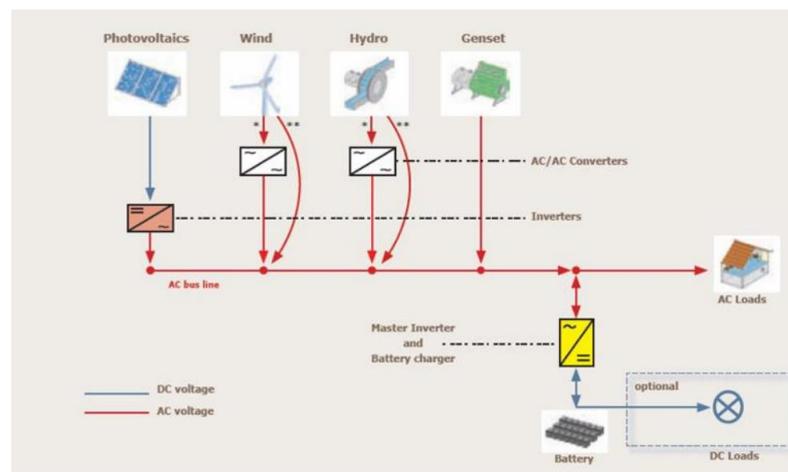


Figure II.3 : Système énergie hybride.[13]

II.4 Conception de système hybride

Il existe plusieurs conceptions pour le système hybride. Pour une sélection de conception optimale, les ressources d'énergie renouvelable disponibles sur le site de charge doivent être prises en compte. Par exemple, avec les données météorologiques du site, on peut choisir le design d'un système (PV/Réseau), et on peut aussi choisir un design système (PV/batteries/générateur diesel).

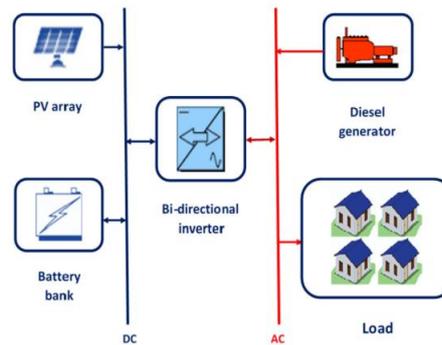


Figure II.4 : Structure système hybride (PV/batteries/générateur diesel).[14]

Parmi les conceptions, le système hybride est également un système (photoélectrique / éolienne / batteries) comme le montre la figure II.5.

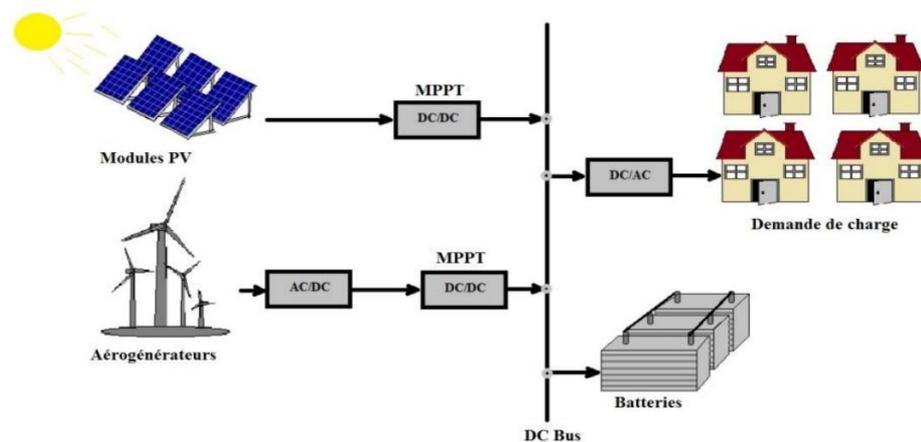


Figure II.5 : Structure du système hybride (PV - éolienne).[15]

Les composants du système hybride sont :

- ✓ Les Sources qui sont des panneaux photovoltaïques, éoliens, générateur diesel, réseau etc. ;
- ✓ Les systèmes de conversion qui sont l'onduleur (DC/AC), le redresseur (AC/DC), le gradateur (AC/AC), l'hacheur (DC/DC) ;
- ✓ Systèmes de stockage tels que les batteries à hydrogène, les batteries à acide, réservoirs d'eau...etc. ;
- ✓ La charge qui peut être de type DC, comme une pompe à eau, ou de type AC, comme des charges domestiques ;

II.5 Modélisation de système hybride

La modélisation est un moyen destiné à représenter par une forme mathématique une fonction ou un processus technologique. Elle a pour but d'étudier théoriquement le comportement de certains paramètres et de les optimiser en respectant une contrainte donnée.

Pour cela, une modélisation est nécessaire pour établir une relation entre l'énergie produite par, un système hybride et la demande des utilisateurs. [16]

II.5.1 Modèle du module PV

Pour calculer la puissance de sortie d'un module PV, on a utilisé l'équation suivante : [17]

$$P_{PV}(t) = P_{max} \times (G/G_{ref}) \times (1 + \alpha_T (T_c - T_{a-ref})) \quad (II.1)$$

Où, $P_{PV}(t)$ est la puissance générée par un module PV à l'instant t (W) P_{max} est la puissance maximale dans les conditions de référence (1000 W/m² et 25°C), G est l'éclairement global incident (W/m²), G_{ref} est l'éclairement dans les conditions de référence (W/m²), α_T est le coefficient de température de la puissance maximale et sa valeur égale -3.7×10^{-3} (1/°C) pour les cellules mono et polycristallines, T_{a-ref} est la température ambiante dans les conditions de référence (en °C) et T_c est la température de la cellule PV exprimé (°C), peut être calculée à partir de l'équation suivante : [15]

$$T_c = T_a + \left(\frac{NOCT - 20}{800} \right) \times G \quad (II.2)$$

Où, T_a est la température ambiante (°C) et NOCT (Normal Operating Cell Température) est la température de fonctionnement nominal des cellules PV (en °C) dans les conditions suivantes : un éclairement de 800 W/m², une température ambiante de 20°C et une masse d'air optique AM égale à 1.5. La valeur de NOCT est généralement donnée par le constructeur (autour de 45°C).

S'il y a N_{pv} panneaux alors la puissance totale est :

$$P_{Tpv}(t) = P_{PV} \times N_{pv} \quad (II.3)$$

II.5.2 Modèle de l'aérogénérateur

En général, les mesures des vitesses du vent sont réalisées à 10 m au-dessus du sol (Z_a). La variation de cette dernière en fonction de la hauteur (Z), est donnée par diverses théories. Plus simplement, le profil vertical des vitesses du vent peut s'exprimer empiriquement par la relation suivante [15] :

$$V_Z = V_a \times (Z/Z_a)^\alpha \quad (II.4)$$

Avec α , représente un coefficient dit de rugosité dépendant de la nature des obstacles situés au sol.

$$P_E(t) = \begin{cases} 0 & V(t) < V_d \\ a (V(t))^3 - b P_N V_d \leq V(t) \leq V_N \\ P_N & V_N \leq V(t) < V_a \\ 0 & V(t) \geq V_a \end{cases} \quad (\text{II.5})$$

Où, P_N est la puissance nominale (W), V_N , V_d , V_a sont respectivement la vitesse nominale, la vitesse de démarrage et la vitesse d'arrêt, a et b sont des constantes pouvant être calculées par :

$$\begin{cases} a = P_N / (V_N^3 - V_d^3) & (\text{II.6}) \\ b = V_d^3 / (V_N^3 - V_d^3) & (\text{II.7}) \end{cases}$$

S'il y a N_E éoliennes, alors la puissance totale est :

$$P_{TE}(t) = P_E(t) \times N_E \quad (\text{II.8})$$

II.5.3 Modélisation de groupe électrogène :

Un générateur diesel est constitué d'un moteur à combustion interne (turbine) entraînant en rotation l'inducteur d'une génératrice synchrone.

Ce système est le siège d'un ensemble de phénomènes de nature très différente (électriques, électromécaniques, mécaniques, thermochimiques, etc.), difficiles à décrire par de simples équations dynamiques, c'est pour ça la modélisation du générateur diesel porte généralement sur les phénomènes mécaniques, électromécaniques et électriques. Cependant ces modèles sont souvent paramétrés par des considérations thermochimiques liées au cycle thermodynamique du moteur diesel. L'étude du groupe diesel se subdivise généralement en deux grandes parties :

- ✓ L'étude du moteur diesel et de son régulateur de vitesse ;
- ✓ L'étude de la génératrice et de son régulateur de tension ;[19]

Le générateur électrogène est caractérisé par son rendement et sa consommation du carburant par rapport à la puissance électrique produite [20] :

$$\eta = \frac{P_{GD}}{C_V Q_V} \quad (\text{II.9})$$

η : le rendement de groupe électrogène

P_{GD} : la puissance produite par le générateur électrique

C_V : la capacité calorifique représente la quantité d'énergie dégagée par unité de masse ou de volume du carburant [21], le tableau suivant présente les capacités calorifiques de l'essence et le diesel :

Tableau II.4 : capacités calorifiques [20]

Type	Diesel	Essence
Capacité calorifique (kWh/l)	10.08	9.43

Q_V : la consommation horaire du carburant

Le ratio Q^o_v / P^o_v est la consommation spécifique, définie comme la consommation nécessaire de produire la puissance nominale, définie comme la consommation de carburant requise pour produire, la puissance nominale ou une énergie d'un kilowattheure. Le modèle de loi de puissance pour la consommation à la puissance nominale des moteurs est donné par :

La relation du générateur diesel :

$$\frac{Q_V}{Q^o_V} = 0.22 + 0.70 \frac{P_{GD}}{P^o_{GD}} \quad (\text{II.10})$$

La relation du générateur à essence :

$$\frac{Q_V}{Q^o_V} = (1 - 0.576 P^o_{GE}) + (0.576 (P^o_{GE})^{-0.2954}) \frac{P_{GE}}{P^o_{GE}} \quad (\text{II.11})$$

Notons que la consommation du carburant du fonctionnement à vide d'un moteur-générateur est de 20% pour le diesel et de 30% pour l'essence. [20]

Le modèle de puissance du générateur diesel en fonction du carburant est présenté par l'expression suivante [22] :

$$P_{GD} = 0.04155 Q_{fuel}^2 + 4.2 Q_{fuel} \quad (\text{II.12})$$

Où :

Q_{fuel} : La quantité du carburant consommée pendant une heure (L).

Moteur diesel

L'expression de couple mécanique :

$$T_{DM}(s) = \frac{1}{1+sT_{D1}} z(s) e^{-sT_{D2}} \quad (\text{II.13})$$

Avec :

T_{DM} : couple mécanique

T_{D1} : constante de temps exprimant la limite en vitesse de réaction de la turbine

T_{D2} : constante de temps exprime le délai de changement de couple

$z(s)$: l'équivalent de l'index d'alimentation.

$e^{-sT_{D2}}$: Le retard de transport ; $e^{-sT_{D2}} = \frac{2-sT_{D2}}{2+sT_{D2}}$

On peut écrit le système sous forme d'état [22] :

$$pX_D = A_D X_D + B_D U_D \quad (\text{II.14})$$

$$Y_D = C_D X_D$$

Avec :

$$X_D = [x_1 \dots x_5]^T ; U_D = [\omega_{ref} T_e]^T$$

$$A_D = \begin{bmatrix} \frac{2\tau_2 - \tau_1}{\tau_1 \tau_2} & 1 & \frac{-1}{\tau_2} & 0 & 0 \\ \frac{-1}{\tau_1 \tau_2} & 0 & \frac{1}{\tau_1 \tau_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{\tau_3} & 1 & \frac{K_p}{\tau_3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_i}{\tau_3} \\ \frac{K_m}{\tau_4} & 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{\tau_4} \end{bmatrix}, B_D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{K_p}{\tau_3} & 0 \\ \frac{K_i}{\tau_3} & 0 \\ 0 & \frac{-K_m}{\tau_4} \end{bmatrix}$$

$$C_D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, Y_D = [\omega_m \quad T_{Dm} \quad z]^T$$

x_1 : couple mécanique T_{DM}

x_2 et x_4 : intermédiaire de variable d'état

x_3 : la position de support de carburant (z)

x_5 : la vitesse de rotation (ω_m)

ω_m : La vitesse de rotation de la turbine

ω_{ref} : La vitesse de référence

T_e : couple électromagnétique

K_p : gains proportionnels

K_i : l'action de la partie "Intégral"

K_m : gains de moteur

$\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$: constantes de temps

La génératrice synchrone [34]

$$\begin{cases} -U_{ds} = r_s I_{ds} + \frac{d\phi_{ds}}{dt} - \omega_r \phi_{qs} \\ -U_{qs} = r_s I_{qs} + \frac{d\phi_{qs}}{dt} + \omega_r \phi_{ds} \\ U_f = r_f I_f + \frac{d\phi_f}{dt} \end{cases} \quad (II.15)$$

$$\begin{cases} \phi_{ds} = L_d I_{ds} + M_{fd} I_f \\ \phi_{qs} = L_q I_{qs} \\ \phi_f = L_f I_f + M_{fd} I_{sd} \end{cases} \quad (II.16)$$

Misse sous forme matricielle :

$$\begin{bmatrix} -U_{ds} \\ -U_{qs} \\ U_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s & -\omega_r L_q & 0 \\ \omega_r L_d & r_s & \omega_r M_{fd} \\ 0 & 0 & r_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{ds} \\ I_{qs} \\ I_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_d & 0 & M_{fd} \\ 0 & L_q & 0 \\ M_{fd} & 0 & L_f \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I_{ds} \\ I_{qs} \\ I_f \end{bmatrix} \quad (II.17)$$

L'expression de couple est :

$$C_e = \frac{3}{2} P((L_d - L_q) I_{ds} I_{qs} + M_{fd} I_f I_{qs}) \quad (II.18)$$

II.5.4 Modélisation du stockage

Afin de fournir de l'énergie à tout moment, par exemple en l'absence d'énergie renouvelable, des batteries doivent être utilisées comme moyen de stockage. La capacité de stockage est représentée par l'énergie produite par le système hybride et par la charge requise comme suit.

A l'état de charge, la quantité d'énergie à l'instant (t) peut être obtenue avec l'équation suivante [18] :

$$E_B(t) = E_B(t-1) + [E_G(t) - (C(t)/\eta_{ond})] \times \eta_B \quad (II.19)$$

Où $E_B(t)$ et $E_B(t-1)$ sont les quantités de charges de batteries à l'instant t et $t-1$, η_{ond} indique le rendement de l'onduleur, $C(t)$ la charge demandée, $E_G(t)$ est l'énergie générée par les générateurs PV/éolien et η_B est le rendement de batteries. A l'état de décharge, la quantité d'énergie à l'instant (t) peut être obtenue avec l'équation suivante [15] :

$$E_B(t) = E_B(t-1) + [(C(t)/\eta_{\text{ond}}) - E_G(t)] \quad (\text{II.20})$$

II.5.5 Modélisation des réseaux électriques

Modélisation des réseaux électriques dans cette référence [35]

II.6 Les techniques de dimensionnement de système hybride

Il existe plusieurs technologies pour le dimensionnement de système hybride tel que les logiciels commerciaux et les algorithmes génétiques.

II.6.1 Par logiciel commercial

Parmi eux :

II.6.1.1 Le logiciel Homer [23]

Homer est un programme de simulation et d'optimisation de la production d'énergie distribuée développé par le National Renewable Energy Laboratory (NREL). Homer est largement utilisé comme outil de simulation. De nombreuses analyses de systèmes d'alimentation hybrides ont été réalisées en l'utilisant.

Homer dimensionne les systèmes hybrides d'énergie renouvelable en calculant le bilan énergétique entre les sources d'énergie renouvelable et les charges chaque heure de l'année. Il calcule le flux d'énergie de chaque composant du système et des systèmes contenant des batteries, des piles à combustible et des génératrices. Il est décidé chaque heure que le générateur fonctionnera, allumera l'analyseur électrique, chargera et videra la batterie sur la base de calculs techniques et économiques.

Homer réalise des exemples avec un algorithme qui inclut :

- ✓ Entrée des données sur la vitesse du vent et le rayonnement solaire pour l'emplacement étudié, les valeurs de charge utile pour chaque heure et les données techniques pour les composants du système d'alimentation ;

- ✓ Adopter une valeur appropriée pour le soi-disant facteur de perte de charge admissible (LPS), et en fonction du nombre d'options disponibles à partir de chaque composant du système détermine le nombre d'états disponibles n ;
- ✓ Pour chacun des cas n , la puissance générée par les composants du système est calculée en fonction de la vitesse du vent et de l'intensité du rayonnement solaire par heure pendant une année (8760 heures), et en fonction des spécifications techniques des composants du système, la diminution de la puissance ED (perte de charge) est calculée, et le total est calculé Puissance ED et en la comparant à la valeur admissible LPS Si la valeur de ED est supérieure, cela conduit à rejeter le cas et à passer à une deuxième configuration, sinon le cas sera accepté techniquement et une étude économique sera menée pour celui-ci ;

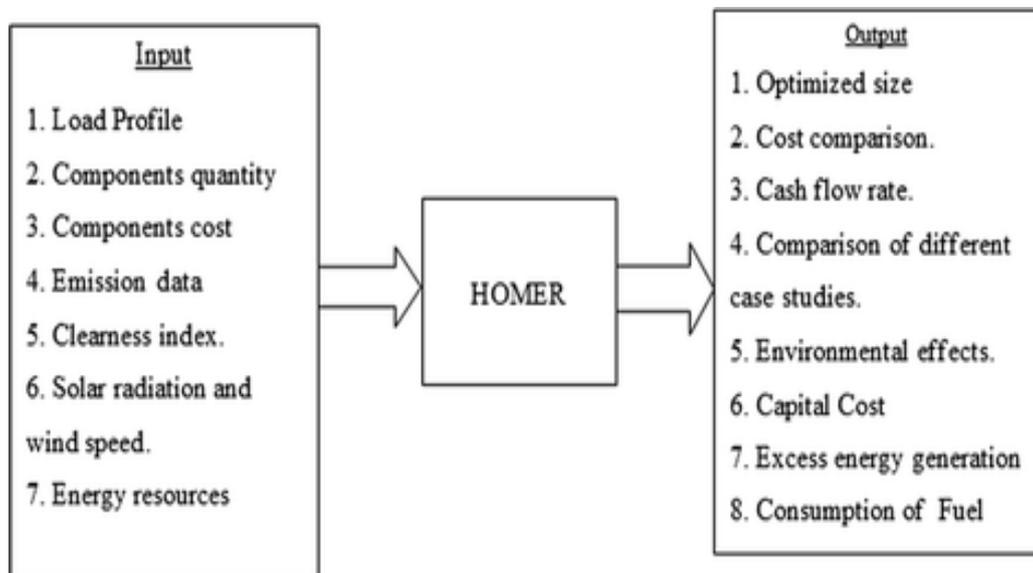


Figure II.6 : Représentation schématique d'HOMER.[25]

II.6.1.2 Le logiciel iHoga

iHOGA est un programme Windows pour la simulation et l'optimisation des systèmes d'approvisionnement en électricité à base d'énergie renouvelable. Le logiciel peut modéliser des systèmes avec une consommation d'énergie électrique (DC et/ou AC) et/ou Hydrogène, ainsi que la consommation d'eau d'un réservoir ou d'un réservoir préalablement pompé. Le programme comprend une optimisation multiobjective, une simulation par pas de temps allant jusqu'à 1 minute, une analyse de sensibilité, une analyse de probabilité, etc. [24]

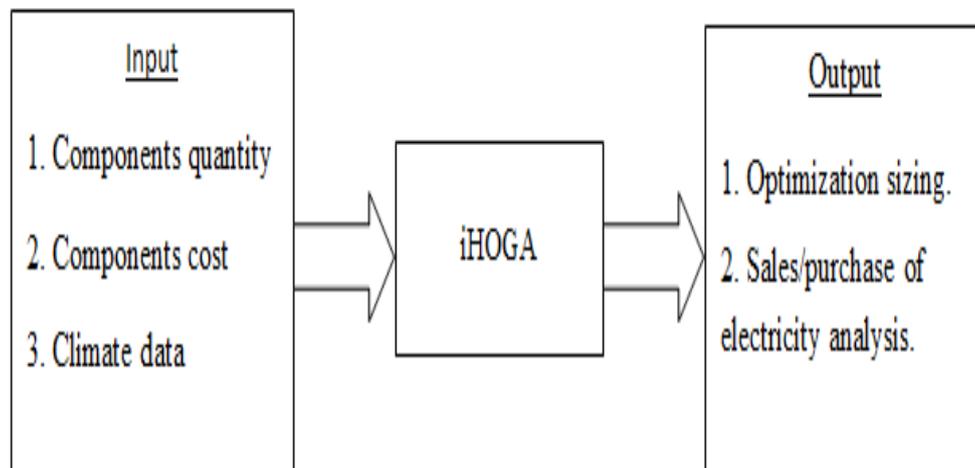


Figure II.7 : Représentation schématique d'iHOGA.[25]

II.6.1.3 Le logiciel Hybrid2

HYBRID2 a été développé par le laboratoire renouvelable de recherche en matière d'énergie (RERL) de l'université du Massachusetts. C'est logiciel de simulation de système hybride, la simulation est très précise, car elle peut définir des intervalles de temps de 10 minutes à 1h. Le laboratoire national d'énergie renouvelable recommande d'optimiser le système avec HOMER et puis une fois que le système optimal est obtenu, améliorant la conception en utilisant HYBRID2. [20]

II.6.2 Par algorithmes génétique

II.6.2.1 Algorithme (AG) [26]

L'algorithme génératif (AG) est une technique avancée de recherche et d'optimisation. Par rapport aux méthodes traditionnelles (méthodes de recherche lourdes), l'un des avantages les plus importants de l'algorithme génératif est sa capacité à trouver la solution optimale générale pour des problèmes de formes multiples et d'objectifs multiples. En général, un algorithme génératif utilise trois étapes (sélection, interception et changement).

La première étape détermine si la configuration considérée du système passe l'évaluation fonctionnelle, c'est-à-dire que le système fournit de l'énergie pour la charge selon les limites fixées, y compris la possibilité d'interruption de l'alimentation électrique. Le courant est la meilleure solution jusqu'à cette itération, et donc la valeur actuelle est remplacée si une valeur inférieure est atteinte par rapport au coût total.

Après le processus de sélection, la solution optimale est soumise aux processus d'intersection et de changement pour produire la génération suivante jusqu'à ce qu'un nombre prédéterminé de générations soit atteint ou qu'une convergence convaincante soit atteinte.

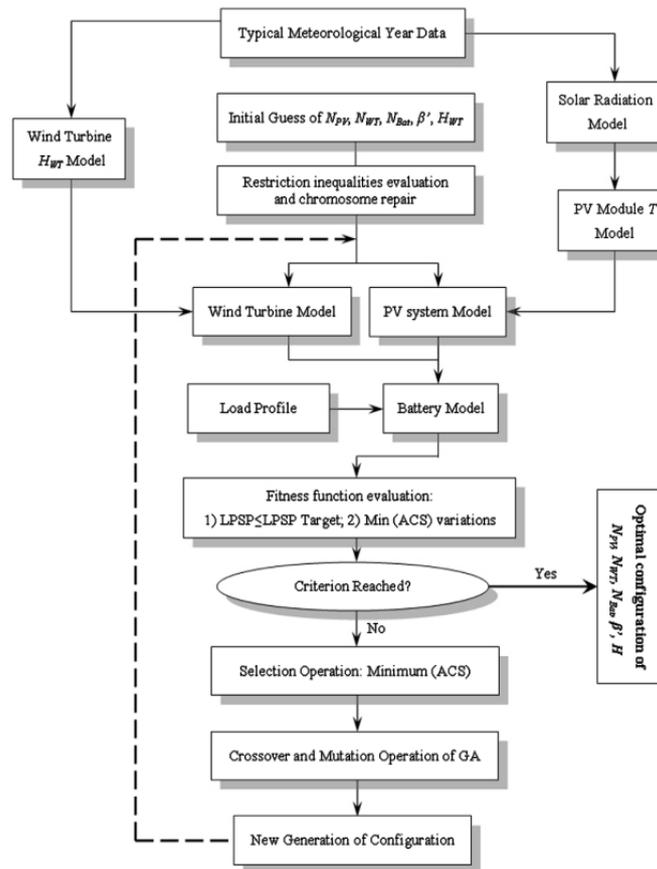


Figure II.8 : Organigramme du processus de conception d'optimisation à l'aide d'un algorithme génératif. [26]

II.6.2.2 Algorithme (ANFIS) [27]

Le système d'inférence neuro-floue adaptative (ANFIS) est utilisé dans une vaste gamme d'applications en raison de sa fluidité (par Fuzzy Control (FC)) et de son adaptabilité (par Neural Network (NN)). Bien que l'ANFIS soit meilleur en optimisation non linéaire, deux lacunes majeures doivent être résolues de manière approfondie. Ils sont la malédiction de la dimensionnalité et de la complexité computationnelle. Pour surmonter ces complications, une nouvelle utilisation du modèle ANFIS est proposée. En tant que source principale de cet algorithme, un algorithme ANFIS général à deux entrées et une sortie est utilisé. Le nouvel algorithme comporte deux modules principaux appelés

sélection de paires et modèle de formation. La sélection de paires est responsable de la sélection de la meilleure correspondance pour les entrées, tandis que le module de formation génère la sortie.

Le comportement en cascade du nouvel algorithme génère des itérations supplémentaires pour proposer la meilleure solution. Même si le nombre de paramètres à ajuster augmente à chaque itération supplémentaire, la complexité de l'algorithme peut rester stable. Des algorithmes de pointe à deux hybrides sont utilisés pour comparer les performances du nouvel algorithme, à savoir l'optimisation de l'essaim de particules.

Pour expliquer plus en détail le modèle ANFIS, un système d'inférence floue avec deux entrées x et une sortie F est supposée figure II.9. Pour la première fois dans le modèle flou de Sogno, une règle consistant en un ensemble d'équations si alors à deux phases (1) est donnée.

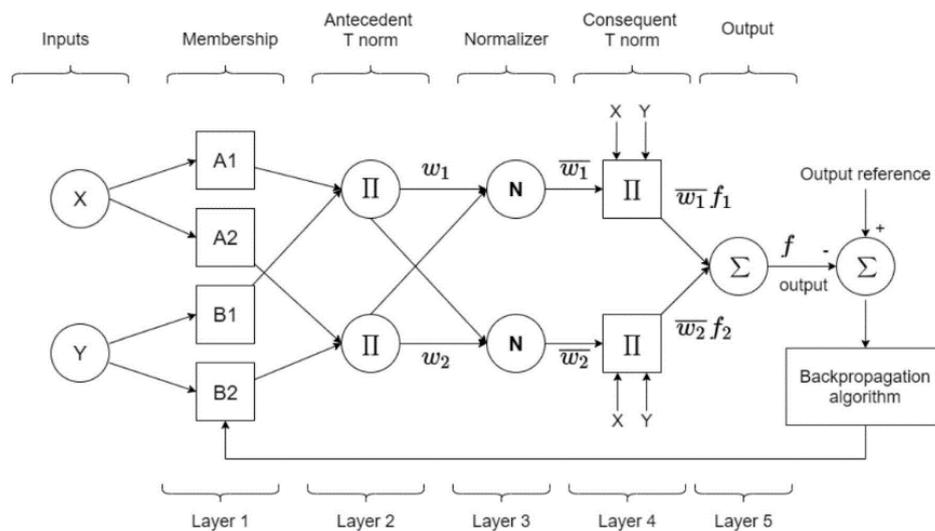


Figure II.9 : La structure du système d'inférence floue neuronale adaptative.[27]

II.6.2.3 Algorithme (HSS)

Algorithme d'optimisation appelé Hyper-Spherical Search (HSS). Comme d'autres algorithmes évolutionnaires, l'algorithme proposé commence par une population initiale. Les individus de la population sont de deux types : les particules et les centres d'hypersphères qui forment ensemble des ensembles de particules. La recherche de l'espace intérieur de l'hypersphère faite par le centre de l'hypersphère et sa particule est la base de l'algorithme évolutionnaire proposé. L'algorithme HSS, espérons-le, converge vers un état dans lequel il n'existe qu'un seul centre de l'hypersphère, et ses

particules sont à la même position et ont la même valeur de fonction de coût que le centre de l'hypersphère. L'application de l'algorithme proposé à certaines fonctions de coût de référence montre sa capacité à traiter différents types de problèmes d'optimisation. La méthode proposée est comparée à l'algorithme génétique (GA), à l'optimisation par essaim de particules (PSO) et à l'algorithme de recherche d'harmonie (HSA). Les résultats montrent que l'algorithme HSS a une convergence plus rapide et donne de meilleures solutions que GA, PSO et HSA. [28]

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des informations sur l'emplacement de la charge et le climat de la région, et également présenté certains des techniques de dimensionnement de système hybride, ainsi que comme la conception et la modélisation du système hybride, ce qui m'aidera dans les calculs Simulation et sélection du modèle optimal de la charge à étudier au chapitre III.

Chapitre III

Dimensionnement et simulation d'un système hybride

III.1 Introduction

Le système hybride se compose de différents systèmes de génération et systèmes de stockage, de sorte que la méthode de calculs manuels est compliquée pour choisir l'assortiment optimal parmi les nombreuses combinaisons disponibles qui nous permettent de modéliser et de concevoir un système hybride. La réalisation de l'étude à l'aide d'un logiciel spécialisé tel que le programme HOMER Pro donne des résultats proches de la réalité. La conception optimale du système est proposée.

L'objectif d'un système d'alimentation (PV/Réseau) est de produire autant d'électricité que possible à partir de sources d'énergie renouvelables pour répondre à la demande de charge.

Dans ce chapitre, présent les résultats de simulation obtenu par les deux méthodes avec les interprétations et les discussions.

III.2 Evaluation de la consommation

Avec l'aide de la municipalité, nous obtenons des factures d'électricité pour la mosquée (voir Annexe 01), grâce auxquelles obtenons le tableau III.1 suivant :

Tableau III.1 : les quantités de consommation d'électricité pour la mosquée et les montants payés par la municipalité.

L'année	2017		2018		2019	
	Consommation en (KWh)	Montant en (DA)	Consommation en (KWh)	Montant en (DA)	Consommation en (KWh)	Montant en (DA)
1 ^{ère} trimestre	6936	44770.29	5183	34078.49	3518	23260.81
2 ^{ème} trimestre	20739	134235.31	17376	112005.65	15975	102705.03
3 ^{ème} trimestre	37429	242231.4	42812	277332.48	43975	284916.05
4 ^{ème} trimestre	5928	38458.32	5773	37223.72	8164	52320.62
Total	71032	459695.32	71144	460640.34	71632	463202.51

Avec l'aide de l'imam, on peut connaître le nombre d'appareils et de moyens électriques utilisés dans la mosquée et enregistrer leurs caractéristiques techniques (Puissance), qui sont présentées dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Appareils électriques utilisés dans la mosquée.

Les appareils	Puissance (W)	Nombre	Puissance totale(W)
Climatiseur	12000	2	24000
	5250	7	36750
	7200	33	237600
Ventilateurs	58	92	5336
Réfrigérateur	250	2	500
Congélateur	420	1	420
Grand refroidisseur d'eau	250	3	750
Petit refroidisseur d'eau	120	8	960
Lampe lad	38	70	2660
Lampe new	36	25	450
Lampe new externe	36	14	252
Appareils audio	1000	2	2000
	450	3	1350
Haut-parleur externe	200	12	2400
Haut-parleur interne	60	45	2700
Horloge digitale	25	2	50
	15	3	45
	6	3	18
Aspirateur	3000	3	9000

III.3 Méthode de dimensionnement

Il existe plusieurs méthodes et techniques pour étudier le dimensionnement d'un système hybride, et dans cette étude, utiliserai les méthodes de prévision et logiciel Homer Pro.

III.3.1.1 Présentation du logiciel HOMER PRO [29]

Le logiciel de modélisation énergétique HOMER (Hybrid Optimisation Model for Electric Renewable), est un outil puissant pour la conception et l'analyse des systèmes de production d'électricité hybrides, composés de groupes électrogènes, de systèmes de cogénération, d'éoliennes, de systèmes photovoltaïques, de systèmes hydrauliques, de batteries, de piles à combustible, de la biomasse et bien d'autres.

HOMER est un logiciel de simulation fonctionnant sur une base horaire. La durée de simulation est basée sur une année. Ainsi il est possible de prendre en compte la variation de paramètres comme la

demande en électricité, l'apport d'énergie solaire ou d'énergie éolienne. Il est même possible d'importer des données expérimentales à partir de fichiers formatés correctement.

HOMER a été initialement développé dès 1993 par le National Renewable Energy Laboratory pour les programmes d'électrification rurale. Depuis 2009, il est disponible sous la licence HOMER Energy.

Il existe plusieurs versions du programme Homer et j'utiliserai dans cette étude la version de Homer Pro 3.14 qui a été développée le (10 août 2020).

III.3.1.2 Domaines d'utilisation de logiciel HOMER PRO

Il existe plusieurs méthodes et techniques pour étudier le dimensionnement d'un système hybride, et dans cette étude, utiliserai les méthodes de prévision et logiciel Homer Pro.

Homer Pro est un programme de simulation et d'optimisation de systèmes hybrides, et il se spécialise selon l'étude dans les domaines suivants : Industriel, Commercial, Résidentiel, Communauté.

Il a été utilisé dans de nombreuses études de systèmes hybrides, notamment industriels (comme l'irrigation) et résidentiels (comme l'électrification d'un village rural) et aussi communautaires (par exemple l'électrification d'une mosquée ou d'une école...etc.).

III.3.1.3 Dimensionnement par logiciel HOMER PRO

Les étapes utilisées pour le dimensionnement et la simulation par Homer Pro :

a) Présentation du site et les ressources

La mosquée site de la commune d'Al-Zaouia El Abidia - Wilayat Touggourt, se situe aux latitudes 33° et 8,2°N, et aux longitudes 6° et 4,9°E.

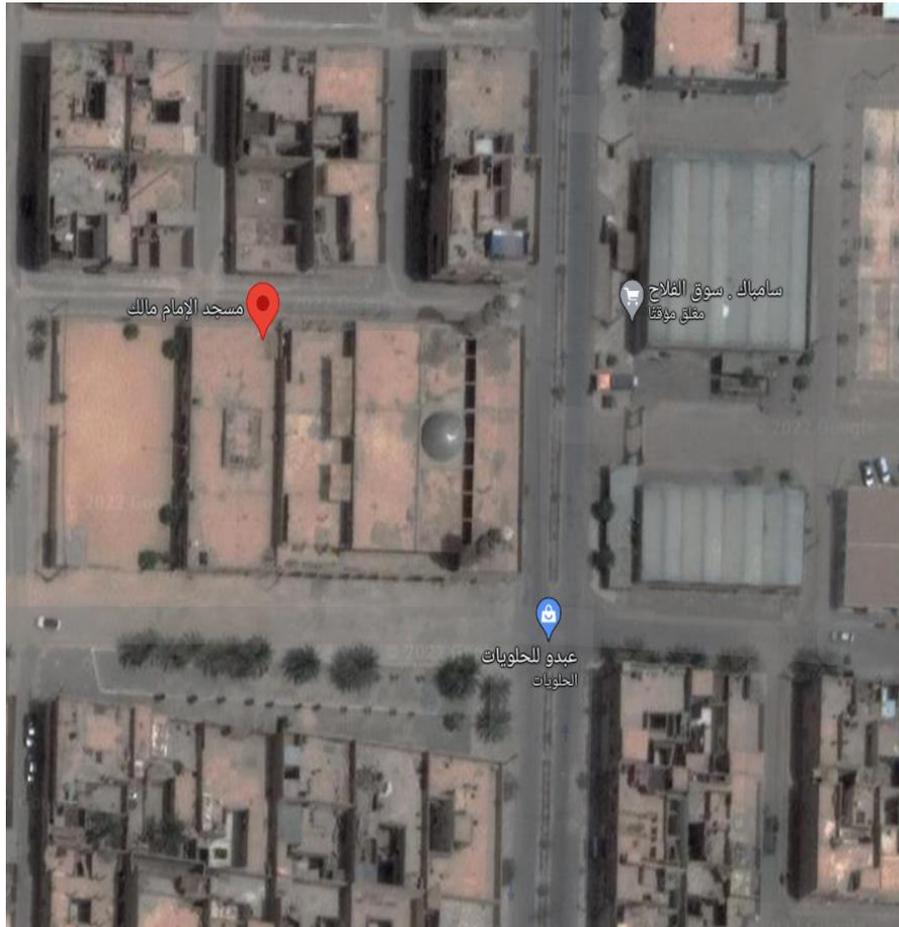


Figure III.1 : Site de la mosquée Imam Malek de la commune d'Al-Zaouia El Abidia (de Google Maps).

Sur l'interface du programme Homer Pro, puis nous téléchargeons les ressources directement depuis Internet en appuyant sur la touche Ressources à côté de la carte et en choisissant les sources en fonction de l'emplacement de l'étude qui a été choisi.

Après traitement, Homer Pro donne les données présentées dans la figure III.2 et le tableau III.3.

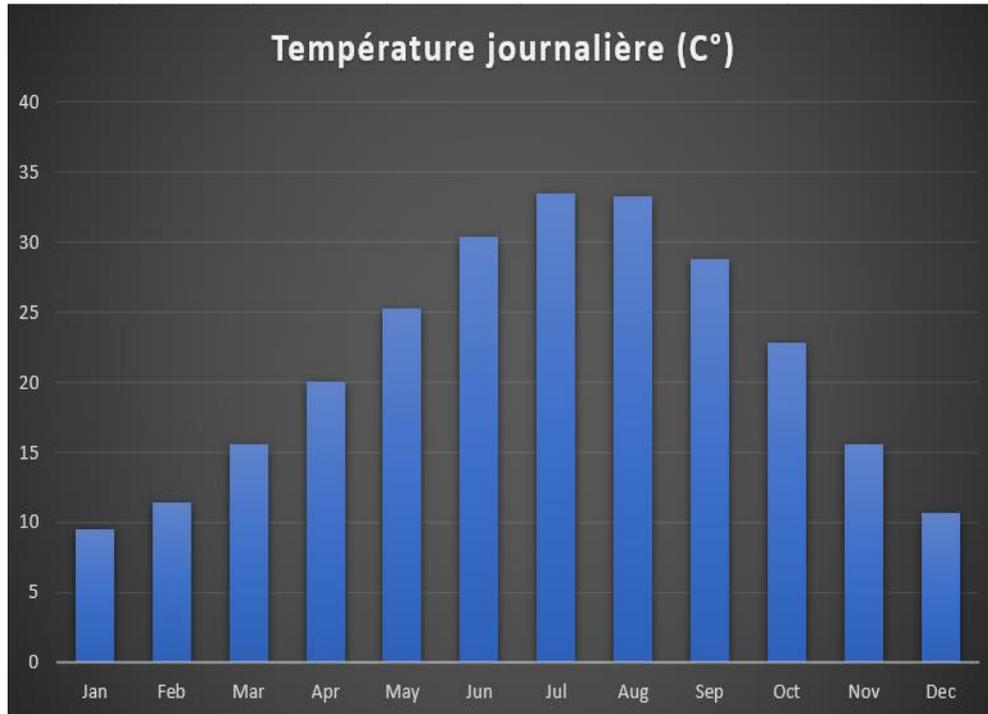


Figure III.2 : Représente la température mensuelle du site.

Tableau III.3 : le rayonnement solaire horizontal mensuel moyen

Mois	Indice de clarté	Rayonnement quotidien (KWh/m ² /jour)
Jan	0,478	2,58
Feb	0,587	3,93
Mar	0,619	5,22
Apr	0,667	6,71
May	0,64	7,11
Jun	0,659	7,58
Jul	0,671	7,57
Aug	0,683	7,12
Sep	0,631	5,66
Oct	0,558	4,01
Nov	0,495	2,81
Dec	0,451	2,25

b) La charge étudiée

Inclusion des données de consommation des mosquées dans Homer Pro.

Yearly Load Data

Hour	Weekdays					Weekends						
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
1	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
2	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
3	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
4	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
5	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
6	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
7	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
8	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
9	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
10	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
11	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
12	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
13	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
14	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
15	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
16	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
17	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
18	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
19	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
20	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
21	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
22	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680
23	3.170	3.170	3.170	9.490	9.490	9.490	16.950	16.950	16.950	2.680	2.680	2.680

Figure III.3 : données de charge annuelle.

La figure III.4 montre le graphique de la charge après la saisie des données.

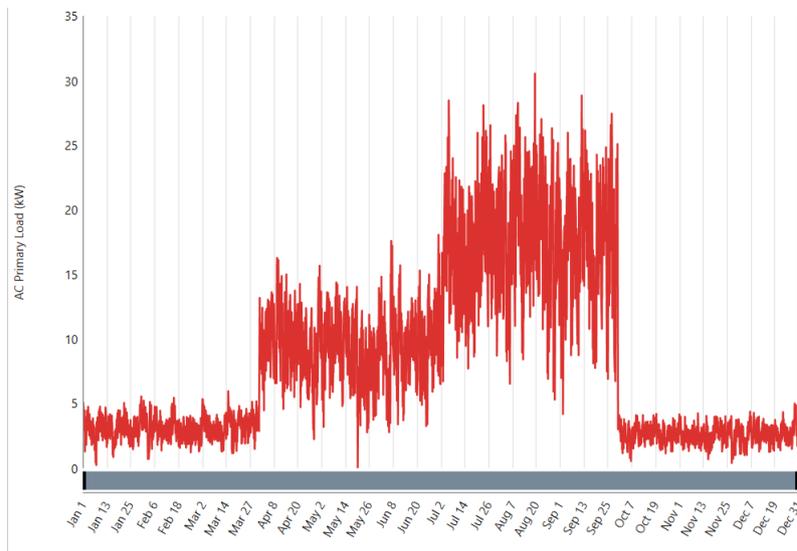


Figure III.4 : Charge électrique mensuelle et journalière moyenne.

Dans les figures III.3 et III.4, la charge de la mosquée change selon le trimestre, où de (janvier à mars), la consommation moyenne est de 3,17 kW, de (avril à juin), la consommation moyenne passe à 9,49 kW en raison du fonctionnement du refroidissement de l'eau Appareils et certains ventilateurs et climatiseurs, de (juillet à septembre) la consommation moyenne atteint 16,95 kW, la raison de cette augmentation est due au fonctionnement de tous les climatiseurs pendant longtemps et aussi au fonctionnement de tous les ventilateurs, et de (octobre à décembre), la moyenne la consommation est de 2,68 kW. Bien sûr, c'est une période froide où les dispositifs de refroidissement sont dans un état d'arrêt.

c) Système d'alimentation proposé (PV/Réseau /onduleur)

Le système d'alimentation proposé doit répondre à la charge de la mosquée. La sortie des panneaux PV est en DC, et nous utilisons le réseau électrique, qui est bien entendu en AC. Fondamentalement, un onduleur est installé dans cette configuration qui converti la sortie des panneaux photovoltaïques de DC à AC. Toutes les charges requises par les consommateurs sont de type AC.

La figure III.5 présente la représentation schématique du modèle de simulation HOMER pour l'ingénierie des systèmes hybrides proposé dans cette étude.

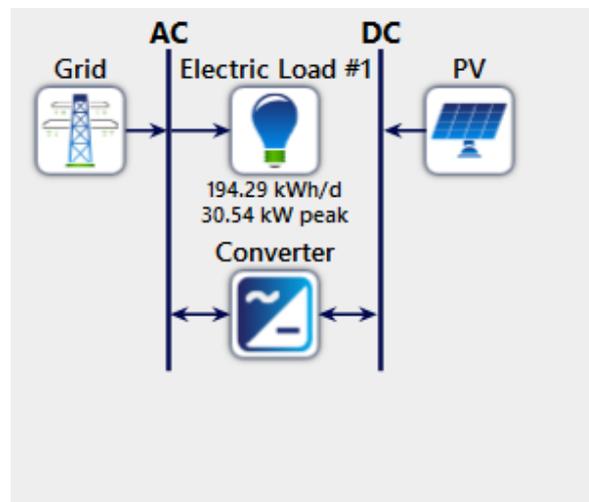


Figure III.5 : Schéma de principe du système hybride étudié (PV/Réseau).

La mesure de la consommation d'énergie normale est de 194.29 kWh/jour, La charge moyenne du système est de 8.1 kW et la demande de puissance maximale est de 30.54 kW.

d) Saisir les caractéristiques économiques

Nous inscrivons pour chaque composante du système le prix indiqué dans le tableau III.4 Nous prenons le prix de remplacement similaire au prix du coût du capital.

Tableau III.4 : Composants du système et paramètres économiques.

Les composants	Prix (DA)	O&M (DA)	Quantité	Durée de vie
PV	64000	1450	1 KW	12 jusqu'à 25 ans
Convertisseur	48200	1450	1 KW	25 ans

Prix de l'électricité du réseau : 5.4796 DA/KWh (vois Annex 01)

Prix de revente du réseau : 15.94 DA/KWh [30]

III.3.2.1 Présentation des méthodes de prévision [31]

Méthodes de prévisions, c'est un l'ensemble des techniques, outils et méthodologies permettant d'établir des prévisions. Ces méthodes doivent être orientées vers l'anticipation de situations futures sous la forme de scénarii construits sur la base d'hypothèses ou de données historiques.

En général, les méthodes de prévision sont utilisées pour créer des prévisions de demande (produit/service), pour déterminer les probabilités d'une situation concrète ou la détermination des prévisions de ventes.

Les méthodes de prévision doivent permettre de mesurer des indicateurs avec une marge d'erreur maîtrisée pour suivre le comportement d'un individu/communauté/échantillon.

III.3.2.2 Différentes types des méthodes de prévision [31]

Méthodes de prévision appliquées aujourd'hui dans le domaine industriel et commercial :

a) Méthodes quantitatives

Basées sur des données historiques.

1. Régression Linéaire ;
2. Régression ;
3. Moyenne Mobile Simple ;
4. Moyenne Mobile Pondérée ;
5. Lissage Exponentiel ;
6. Méthode de Winters ;

Cette dernière méthode est particulièrement intéressante car elle permet de décrire une tendance et donc une direction. Elle prend en compte la saisonnalité (répétition des événements dans une période. Par ex : un an) et permet l'interprétation des cycles (répétition des événements identiques dans des périodes supérieures à la durée de la période. Par ex : l'année) qui permettent de réajuster les projections.

b) Méthodes qualitatives

Elles sont basées sur des appréciations ou des estimations. Ces méthodes sont appliquées lorsque des données historiques ne sont pas disponibles. Ex : changements économiques abruptes.

1. Méthode Delphi (opinion des experts) ;
2. Analyse des Marchés ;
3. Enquête des groupes ;

Les prévisions sont principalement utilisées pour estimer la demande future. Dans ce cadre, deux types de demandes peuvent être analysées :

Demande dépendante : en fonction ou en dépendance de la Matière Première, des Ressources ou des Niveaux de Stocks.

Demande indépendante : en fonction du Produit Fini ou du Niveau de Production.

Autres groupes de méthodes de prévision :

c) Analyses de Séries des Temps

1. Moyenne Mobile Simple ;
2. Moyenne Mobile Pondérée ;
3. Lissage Exponentiel ;
4. Analyse de régression $f(t)$;
5. Méthode Excel.
6. Méthode Homer pro (multi-year)

d) Analyses des relations de Causes à Effets

1. Modèles Dynamiques ;

III.3.2.3 Dimensionnement par la méthode de prévision

L'utilisation de la méthode Excel et ses paramètres sont présentés dans le tableau III.5 suivants :

Tableau III.5 : les paramétré de prévision.

1	Intervalle de confiance	95%
2	Remplir les points manquants à l'aide de	Interpolation
3	Regrouper les doublons à l'aide de	Moyenne
4	Début de prévision	01/01/2023
5	Fin de prévision	01/12/2025

a) L'intervalle de confiance

L'intervalle de confiance est la plage entourant chaque valeur prévue, dans laquelle 95 % des points futurs devraient être situés, sur la base de la prévision (avec une distribution normale). Il peut aider à déterminer la précision de la prédiction. Un intervalle moindre implique une plus grande confiance dans la prévision de ce point particulier. Le niveau de confiance de 95 % par défaut peut être modifié en utilisant les flèches vers le haut ou le bas.[32]

b) Remplissage des points manquants

Pour gérer les points manquants, Excel utilise l'interpolation : un point manquant est remplacé par la moyenne pondérée des points adjacents dès lors que moins de 30 % des points sont manquants. Pour traiter les points manquants comme des zéros, cliquez sur Zéros dans la liste.[32]

c) Regroupements les doublons

Lorsque vos données contiennent plusieurs valeurs associées aux mêmes date/heure, Excel calcule la moyenne des valeurs. Pour utiliser une autre méthode de calcul, telle que Médiane ou Nombre, sélectionnez le calcul voulu dans la liste.[32]

d) Début de la prévision

Sélectionnez la date de début de la prévision. Lorsque vous sélectionnez une date antérieure à la fin des données historiques, seules les données antérieures à la date de début sont utilisées dans la prévision (simulation rétrospective).[32]

III.4 Résultats de simulation par logiciel HOMER PRO

Après avoir entré toutes les informations et lancé la simulation, nous obtenons les résultats suivants :

Optimization Results												
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.												
Architecture					Cost				System			
PV (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (DA)	COE (DA)	Operating cost (DA/yr)	Initial capital (DA)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (DA)		
40.0	999,999	25.0	LF	DA2.37M	DA2.72	-DA165,849	DA3.77M	57.2	0	2,560,000		
40.0	999,999	25.0	CC	DA2.37M	DA2.72	-DA165,849	DA3.77M	57.2	0	2,560,000		
40.0	999,999	35.0	LF	DA2.44M	DA2.71	-DA214,037	DA4.25M	58.6	0	2,560,000		
40.0	999,999	35.0	CC	DA2.44M	DA2.71	-DA214,037	DA4.25M	58.6	0	2,560,000		
35.0	999,999	25.0	LF	DA2.60M	DA3.11	-DA99,889	DA3.45M	54.2	0	2,240,000		
35.0	999,999	25.0	CC	DA2.60M	DA3.11	-DA99,889	DA3.45M	54.2	0	2,240,000		
40.0	999,999	40.0	LF	DA2.71M	DA3.01	-DA210,244	DA4.49M	58.6	0	2,560,000		
40.0	999,999	40.0	CC	DA2.71M	DA3.01	-DA210,244	DA4.49M	58.6	0	2,560,000		
35.0	999,999	35.0	LF	DA3.01M	DA3.57	-DA108,162	DA3.93M	54.7	0	2,240,000		
35.0	999,999	35.0	CC	DA3.01M	DA3.57	-DA108,162	DA3.93M	54.7	0	2,240,000		
35.0	999,999	40.0	LF	DA3.29M	DA3.90	-DA103,789	DA4.17M	54.7	0	2,240,000		
35.0	999,999	40.0	CC	DA3.29M	DA3.90	-DA103,789	DA4.17M	54.7	0	2,240,000		
35.0	999,999	15.0	LF	DA3.42M	DA4.54	DA53,939	DA2.96M	47.7	0	2,240,000		
35.0	999,999	15.0	CC	DA3.42M	DA4.54	DA53,939	DA2.96M	47.7	0	2,240,000		
40.0	999,999	15.0	LF	DA3.59M	DA4.70	DA36,328	DA3.28M	49.3	0	2,560,000		
40.0	999,999	15.0	CC	DA3.59M	DA4.70	DA36,328	DA3.28M	49.3	0	2,560,000		

Figure III.6 : Résultats d'optimisation totaux pour le système hybride.

Nous choisissons le système optimal grâce à la classification d'Homère comme le montre la figure III.7

Optimization Results													
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.													
Architecture					Cost				System				PV
PV (kW)	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (DA)	COE (DA)	Operating cost (DA/yr)	Initial capital (DA)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (DA)			
40.0	999,999	25.0	CC	DA2.37M	DA2.72	-DA165,849	DA3.77M	57.2	0	2,560,000			

Figure III.7 : Le système optimal grâce à la classification Homer Pro.

III.4.1 Résultats techniques

La puissance mensuelle moyenne produite par le système hybride sélectionné et la consommation de charge AC sont indiquées dans la figure III.8.

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	66,022	60.6
Grid Purchases	42,894	39.4
Total	108,916	100

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	70,916	69.5
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	31,084	30.5
Total	102,000	100

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	3,806	3.49
Unmet Electric Load	0	0
Capacity Shortage	0	0

Quantity	Value	Units
Renewable Fraction	57.9	%
Max. Renew. Penetration	164	%

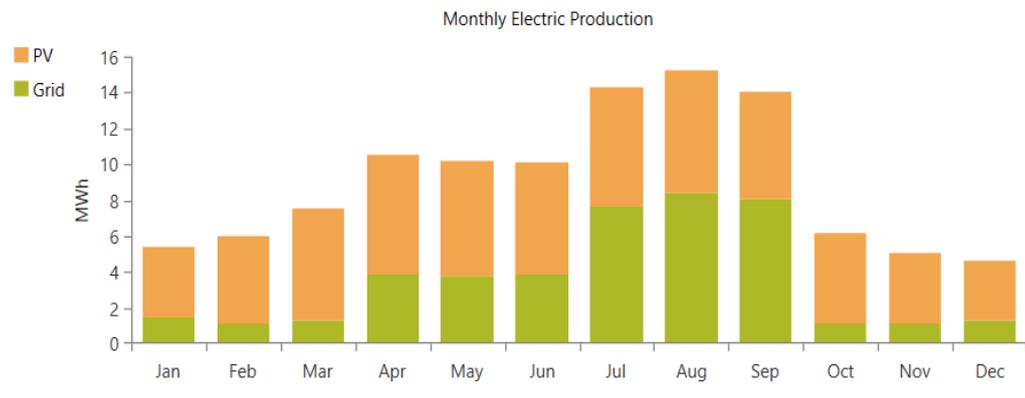


Figure III.8 : Énergie produite à partir du système hybride (PV/Réseau).

La puissance fournie par le système est utilisée pour alimenter la charge principale du courant alternatif (la mosquée).

Dans la figure III.8, nous remarquons que le taux de consommation normal pour la charge AC est de 70916 kWh/an. On voit bien que l'électricité moyenne produite par le système solaire PV est de 66022 kWh/an et le réseau électrique est de 42894 kWh/an, l'excédent d'électricité disponible est de 3806 kWh/an.

Des moments critiques d'une journée typique de mois janvier et juillet pour les différents éléments du système (PV/ Réseau) illustrés dans la figure III.9 et figure III.10.

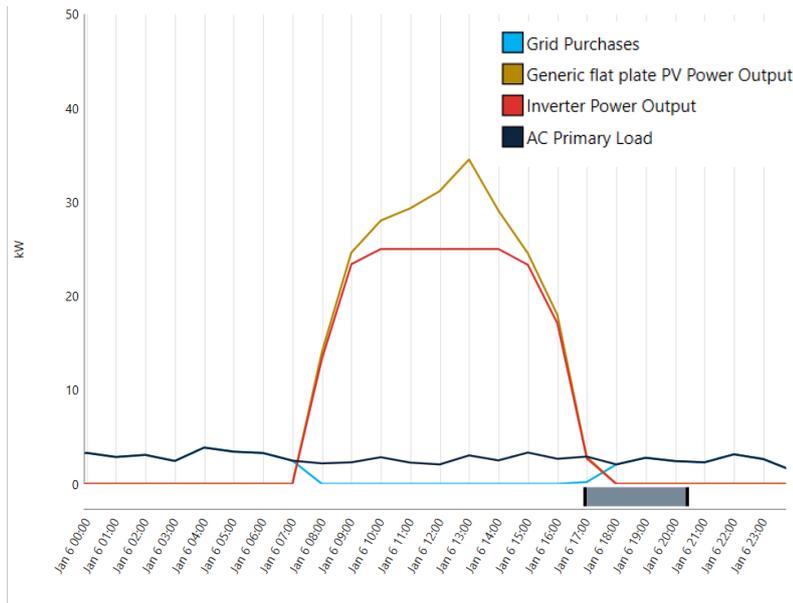


Figure III.9 : Présentation des moments critiques d'une journée typique du mois janvier pour les différents éléments du système (PV/Réseau).

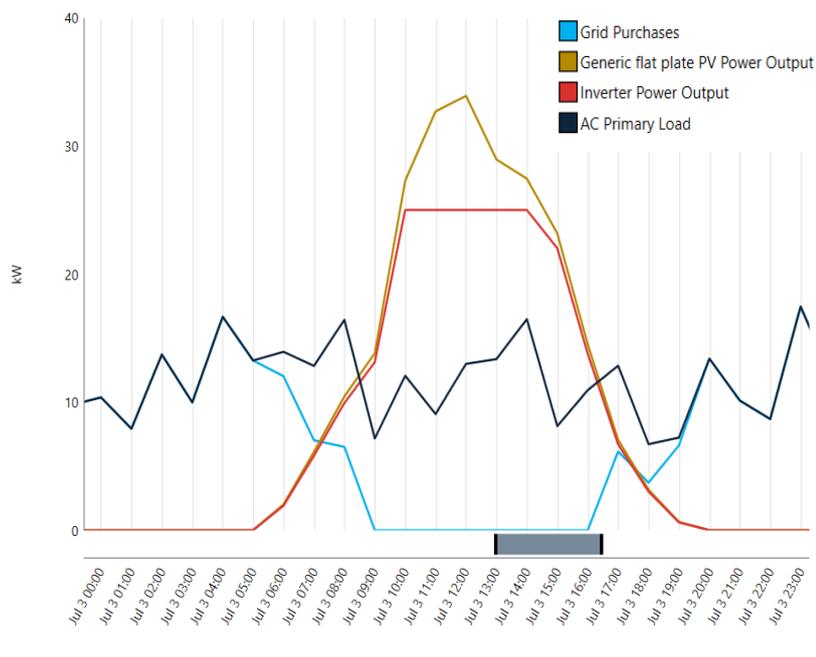


Figure III.10 : Présentation des moments critiques d'une journée typique du mois juillet pour les différents éléments du système (PV/Réseau).

La gestion d'énergie entre les différents composants de notre système est assurée par une technique de gestion à base de règles technico-économique. Elle est conçue en tenant compte de tous les scénarios de fonctionnement de ce système étudié.

Dans figure III.9 dans le nous avons remarqué une consommation de charge moyenne considérable entre (2.44-3.33 kW), à partir (17 :00 h à 7 :00h) où l'énergie solaire indisponible, le réseau produit une puissance de 3.09 kW pour alimenter la charge qui sont des charges fonctionnent en permanence au long de la journée comme les lampes externe et le réfrigérateur, pour cela aucune énergie produite par le système photovoltaïque (PV+ onduleur). A partir (7 :00 h à 17 :00 h), l'énergie solaire est disponible qui montre la coupure du réseau, et le générateur photovoltaïque et l'onduleur sera produire l'énergie électrique, qui augmenter pour atteindre à (13h00) un pic de 34,53 kW, dans ce cas, la puissance est fournie à la charge via le système photovoltaïque, la production d'énergie est diminuée jusqu'à 2.85 kW 17h00 et le système photovoltaïque et l'onduleur s'arrêtent de fonctionner.

Dans figure III.10 une consommation de charge moyenne considérable entre (8.7-16.3 kW), en raison du fonctionnement des dispositifs de refroidissement dans cette mois, à partir (19 :00 h à 5 :00h) où l'énergie solaire indisponible, le réseau produit une puissance de 12.81 kW pour alimenter les charges critiques qui sont des charges qui doivent être alimentées en permanence au long de la journée comme les lampes externes, le réfrigérateur, les refroidisseurs d'eau et les climatiseurs , pour cela aucune énergie produite par le système photovoltaïque (PV+ onduleur).A partir (5 :00 h à 19 :00 h), l'énergie solaire est disponible, dans ce cas une permutation vers le générateur photovoltaïque pour produire de l'énergie électrique, qui augmente pour atteindre à (12h00) un pic de 30,56 kW, dans ce cas, la puissance est fournie à la charge via le système photovoltaïque, la production d'énergie est diminué jusqu'à 0.64 kW à 19h00 et le système photovoltaïque et l'onduleur s'arrêtent de fonctionner.

III.4.2 Résultats économique

L'étude économique de ce système est détaillée au tableau III.6 en précisant le coût total de chaque élément du système ainsi que le coût total au kWh pour une période de 12 ans.

Tableau III.6 : Les résultats économiques du système.

Component	Capital (DA)	Remplacement (DA)	O&M (DA)	Salvage (DA)	Total (DA)
Generic flat plate PV	2560000.00	0	489414.64	0	3049414.64
Réseau	0	0	-2073389.42	0	-2073389.42

System Converter	1205000.00	0	305884.15	-121376.34	1389507.81
System	3765000.00	0	-454755.82	-121376.34	2365533.04

L'utilisation de programme Homer Pro nous offre un prix négociable qui change en changeant l'un ou plusieurs des composants du système, comme nous l'avons mentionné ci-dessus, parmi les 16 systèmes possibles nous pouvons choisir le plus approprié en fonction de technique et cout total de système.

III.4.3 Résultats écologique

Depuis le système hybride étudié ou choisi (PV/Réseau), il y aura des symptômes environnementaux naturels, qui sont des émissions et montrés dans le tableau III.7.

Tableau III.7 : Résultats environnementaux du système hybride (PV/Réseau).

Gaz carbonique	27109	Kg/yr
Monoxyde de carbone	0	Kg/yr
Hydrocarbures imbrûlés	0	Kg/yr
Affaire particulière	0	Kg/yr
Le dioxyde de soufre	118	Kg/yr
Oxydes d'azote	57.5	Kg/yr

Le tableau III.8 présente les émissions générées par le réseau électrique uniquement.

Tableau III.8 : Conséquences environnementales émises par le réseau électrique.

Gaz carbonique	38164	Kg/yr
Monoxyde de carbone	0	Kg/yr
Hydrocarbures imbrûlés	0	Kg/yr
Affaire particulière	0	Kg/yr
Le dioxyde de soufre	165	Kg/yr
Oxydes d'azote	80.9	Kg/yr

A travers le tableau III.7 et le tableau III.8, j'ai remarqué que la quantité d'émissions laissées par le système hybride étudié est moindre par rapport à ce qui est laissé par le réseau électrique, qui dépend

dans sa production des carburants (diesel, essence, gaz, etc.), car nous comptons sur notre système pour produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire PV. Ainsi, se tourner vers les énergies renouvelables pour produire de l'énergie électrique réduit significativement la quantité d'émissions, voire inexistante en s'appuyant entièrement sur les énergies renouvelables.

III.5 Résultats de simulation par la méthode de prévision

Dans cette partie, nous avons présenté des résultats de simulation obtenu par les méthodes de prévision (méthode Excel et méthode multi-year).

III.5.1 Par méthode Excel

Le résultat de prévision de consommation à la mosquée montre dans la figure III.11 et III.12.

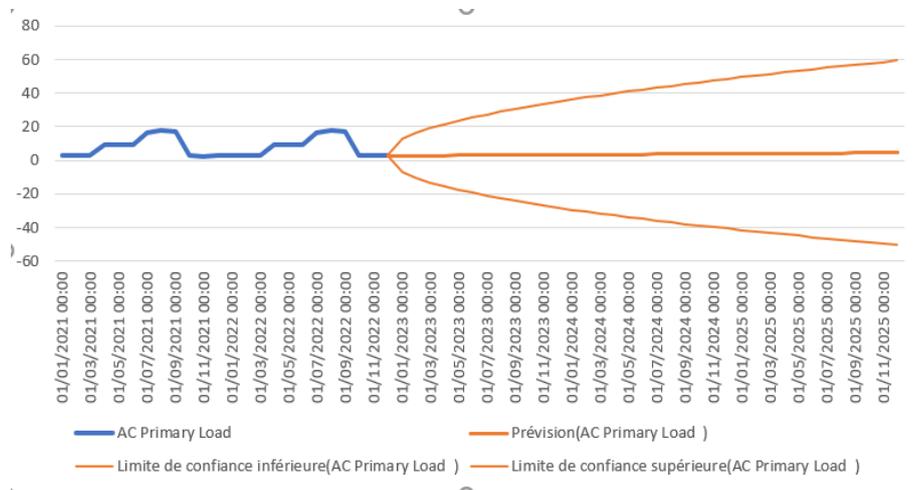


Figure III.11 : Prévision de consommation de 2023 à 2025.

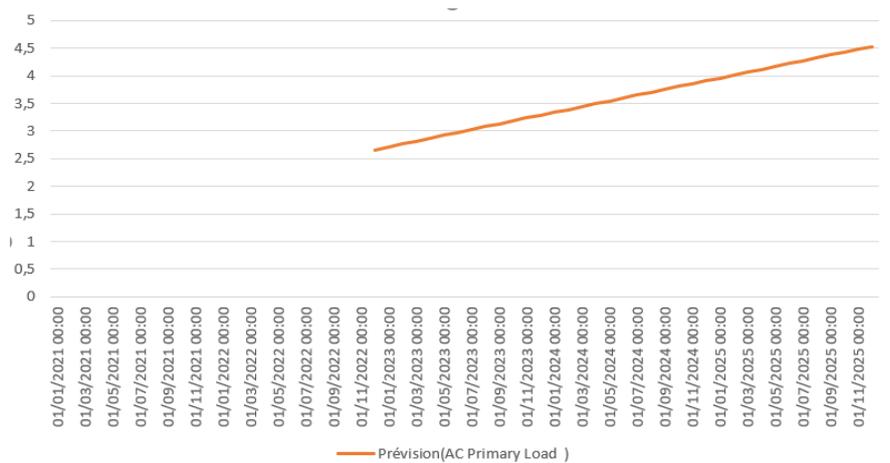


Figure III.12 : Prévisions de consommation de la mosquée.

Selon la figure III.12 que montre les données de consommation de la mosquée de tel sorte que la consommation augmentée d'environ de 2 kWh/jour, en même temps dans la figure III.11 montrent que cette hausse ne dépasser l'intervalle de confiance.

III.5.2 Par method Homer pro (multi-year)

La figure III.13 montre la prévision de notre système pour trois ans (2023_2025)

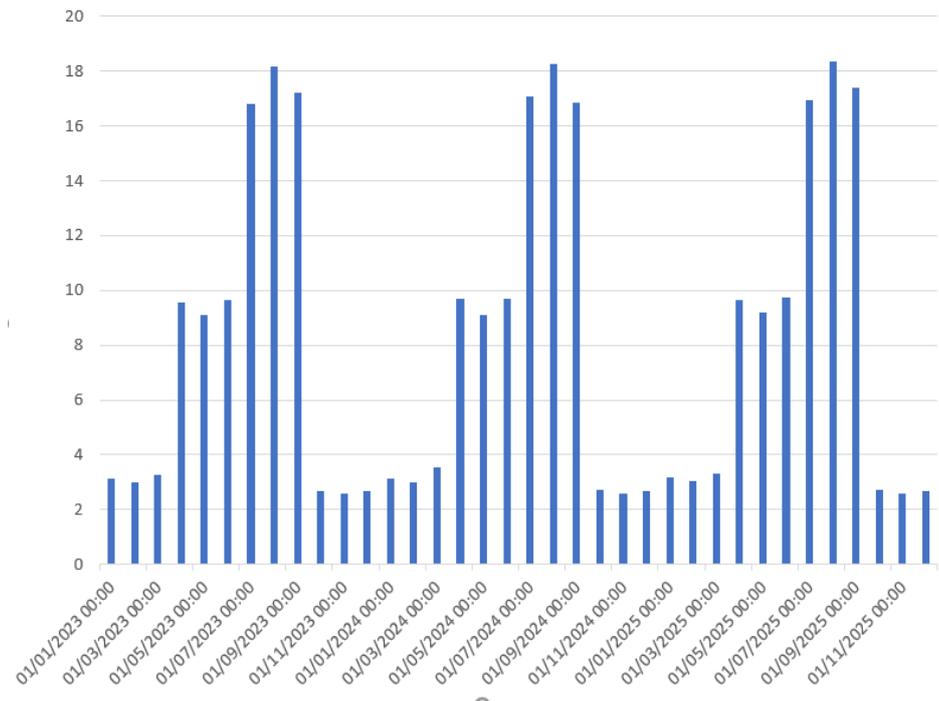


Figure III.13 la prévision de consommation pour 2023-2025

Selon la figure III.13, on a constaté une augmentation de la consommation d'électricité au fil du temps, avec une augmentation estimée à 2,16 kWh/jour.

III.6 Etude comparative entre logiciel HOMER PRO et méthode de prévision

Selon la comparaison entre la méthode Homer Pro et la méthode Excel, on a constaté que la consommation de la mosquée augmente avec le temps. La raison de cette augmentation tient à plusieurs possibilités ; telles que l'augmentation de l'installation des équipements électriques, le développement de la mosquée...etc.

III.7 Conclusions

Dans ce chapitre, nous avons présenté le dimensionnement et la simulation d'un système hybride (PV/Réseau) puis on a étudié les résultats techniques, économiques et environnementaux. Enfin, nous avons calculé la consommation provisionnée à la future de la mosquée par deux méthodes, la méthode Excel et la méthode Homer pro.

Conclusion générale

Conclusion générale

La grande disponibilité des énergies renouvelables et la situation géographique de notre pays peuvent faire de l'application de systèmes hybrides combinant plusieurs sources une solution idéale du point de vue économique, technique et environnemental.

Dans cette recherche, présenté une étude sur le dimensionnement d'un système hybride pour électrifier une mosquée (mosquée Imam Malik à Al-Zaouia Al -Abidia comme modèle) à travers le système hybride (PV /Réseau) basée sur des données de terrain représentées dans certaines factures d'électricité pour trouver sur le montant de la consommation annuelle, utilisé le programme Homer Pro pour les systèmes hybrides et les méthodes de prévision.

Finally, l'efficacité et l'efficacité des méthodes de prédiction et du programme Homer Pro ont été atteintes dans l'étude du dimensionnement du système hybride à travers :

Résultats techniques :

- ✓ L'électricité moyenne produite par le système hybride (PV/Réseau) est de PV est 66022 kWh/an et du réseau électrique est de 42894 kWh/an, l'excédent d'électricité disponible est de 3806 kWh/an.
- ✓ La consommation augmente d'une valeur estimée à 2 kWh/jour, à travers les résultats des prévisions de consommation de la mosquée pour les années à venir.

Résultats économiques :

- ✓ Coût total de système est 2365533.04 DA.

Enfin, nous concluons de cette étude, il est important de se tourner vers les énergies renouvelables et les systèmes hybrides pour électrifier les installations administratives ou résidentielles ou industrielles, qui ont inévitablement un avantage technique, économique et environnemental.

Les Référence bibliographie

- [1] YAHIAOUI Youssouf MESSAOUDI Khaled « Gestion optimale et dimensionnement d'un système d'énergie hybride en site isolé » Mémoire MASTER, Univ-Tahar Moulay de Saida, 2019-2020
- [2] BOUNACEUR AMIN « Etude et conception d'un système hybride de production d'énergie » Mémoire MASTER, Université de KASDI MERBAH- OUARGLA, 2014-2015
- [3] <https://www.ecosources.org/types-de-cellules-photovoltaïques>, visite le 02/02/2022
- [4] Energie éolienne, Théorie, conception et calcul pratique des installations, Désiré Le Gourières, Edition EYROLLES, 1980.
- [5] <https://www.comptoireolien.fr/les-differents-types-de-oliennes/index.html>, visite le 03/02/2022
- [6] [https:// Energies_renouvelables_en_Algerie](https://Energies_renouvelables_en_Algerie), visite le 06/02/2022
- [7] <https://www.asjp.cerist.dz>, visite le 06/02/2022
- [8] A.A. DKMA, "La rationalisation de la consommation de 'eau zone Touggourt", Mémoire Magister, Université MENTOURI de CONSTONTINE, 2010
- [9] قمولي عبد الفتاح، لوباقى خالد، ” دراسة تقنية وإقتصادية لنظام كهروضوئي لمسجد في بلدية تماسين بالولاية المنتدبة تقرت” مذكرة ماستر، 2019-2020.
- [10] ACHBI Abdelghaffar et NAILI Mohammed Salah- Etude comparative entre un système PV avec générateur diesel électrique et un système PV connecté au réseau électrique pour alimenter la polyclinique- Mémoire MASTER- Energies renouvelables - Université de KASDI MERBAH – OUARGLA-2019-2020
- [11] وكالة الأرصاد الجوية بمطار سيدي مهدي- تقرت
- [12] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa&lang=fr>, visite le 10/03/2022
- [13] Jorge Sneij et David Vilar -Atelier de formation des formateurs du CEREEC : Logiciel HOMER pour la conception des projets d'EnR - Juin 2013.
- [14] F. Fodhil, A. Hamidat, O. Nadjemi -Potential, optimization and sensitivity analysis of photovoltaic-diesel-battery hybrid energy system for rural electrification in Algeria,2018
- [15] S. khenfou, A. Kaabeche et S. Diaf "Optimisation du dimensionnement d'un système hybride photovoltaïque/éolien par des méthodes méta heuristiques".

- [16] HASSINI née BELGHITRI HOUDA, modelisation, simulation et optimisation d'un systeme hybride eolien-photovoltaïque, u niversite abou-bakr belkaid de tlemcen.
- [17] A. Maleki and F. Pourfayaz, 'Optimal Sizing of Autonomous Hybrid Photovoltaic/Wind/Battery Power System with LPSP Technology by Using Evolutionary Algorithms',2015.
- [18] A. Kaabeche, M. Belhamel, R. Ibtouen, S. Moussa et M.R. Benhaddadi, 'Optimisation d'un Système Hybride (Eolien – Photovoltaïque) Totalement Autonome', 2006.
- [19] TOMMY ANDY THEUBOU TAMEGHE/MODÉLISATION ET SIMULATION D'UN SYSTÈME DE JUMELAGE ÉOLIEN-DIESEL ALIMENTANT UNE CHARGE LOCALE/mémoire ingénieures /UNIVERSITÉ DU QUÉBEC/AOÛT2012
- [20] BENCHERIF MOHAMMED/ Modélisation de systèmes énergétiques photovoltaïques et éoliens intégration dans un système hybride basse tension/ mémoire doctorat UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID TLEMCEN
- [21] Jean-Claude Guibet, Carburants et moteurs : technologies, énergie, environnement ; Publications de l'Institut Français du Pétrole, vol. 2, Techniq, 1997, p63
- [22] T.M. Layadi, M. Mostefai, G. Champenois et D. Abbes, « Dimensioning a hybrid electrification system (PV / WT / DG / battery) using a dynamic simulator », Electrical Engineering and Software Applications conference (ICEESA), Hammamet, 2013
- [23] المهندس محسن عبد الله "تحسين أداء نظام هجين (شمسي_ريحي) باستخدام خلايا الوقود". جامعة تشرين-سوريا، 2017-2018.
- [24] <https://ihoga.software.informer.com>, visite le 15/03/2022
- [25] A. Prashant Kumar, Analysis of Hybrid Systems: Software Tools. Electrical Engineering Department, Zeal College of Engineering and Research Narhe , Pune, India .
- [26] عبد الرحمن ملاح، "طريقة التصميم الأمثل لنظام طاقة متجددة هجين باستخدام خوارزمية توليدية"، جامعة حلب، 2010.
- [27] Namal Rathnayake • Tuan Linh Dang• Yukinobu Hoshino -A Novel Optimization Algorithm: Cascaded Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. Article : Publi shed : 05 May 2021
- [28] H. Karami, M.J. Sanjari, G.B. Gharehpetian -Hyper-Spherical Search (HSS) algorithm : a novel meta-heuristic algorithm to optimize nonlinear functions. Article : Publi shed : 06 June 2014
- [29] Chibani Oualid abd elghani et bouramdan abderraouf "Dimensionnement d'un système hybride de pompage de l'eau", Mémoire MASTER -UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA,2020/2021.

Les Références bibliographie

- [30] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, Correspondant au 23 avril 2014
- [31] <http://www.faq-logistique.com-Methodes-Previsions.htm>, visite le 09/05/2022
- [32] <https://support.microsoft.com>-Créer une prévision dans Excel pour Windows, visite le 11/05/2022
- [33] <https://www.les-energies-renouvelables.eu>, visite le 11/05/2022
- [34] Rachid ABDESSEMED / « Modélisation et simulation des machines électriques »/ livre -Edition ellipses 2011.
- [35] Modélisation des réseaux électriques Etude bibliographique d'électrotechnique : Simon Groizard. Master 2 Ingénierie Physique des énergies Le 29 mars 2013.

Annexe 02

