



UNIVERSITE ABDES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE INDUSTRIEL

جامعة عباس لغرور خنشلة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الصناعية



N° Série:

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière: Electrotechnique

Spécialité: Commandes Electriques

Présenté par

BAGHZOU Dounia

THEME

**Analyse technico-économique d'un
système multi sources à énergies
renouvelables dédié pour l'habitat**

CHAIBA Azzedine

Grade à L'Université Abbes Laghrou de Khenchela Président

REZZAK Daoud

Grade à L'Université Abbes Laghrou de Khenchela Encadrant

BOUTABBA Tarek

Grade à L'Université Abbes Laghrou de Khenchela Examineur

Promotion 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Avant tout Nous remercions Dieu Le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années et que grace à lui ce travail a pu être réalisé.

*Les travaux présentés dans ce mémoire ont été effectués au département de Génie industriel à l'Université Abbes LAGHROUR de Khenchela, sous la direction du Docteur **Daoud REZZAK** à qui j'exprime ma profonde gratitude pour la qualité de son encadrement, son esprit scientifique, ses aides précieuses. Je le remercie également pour sa disponibilité totale, ses encouragements dans toutes les phases du travail et ses conseils objectifs, tout au long de ce mémoire, qu'il trouve ici ma grande reconnaissance.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Monsieur **CHAIBA Azzedine**, Docteur à l'Université d'Abbes LAGHROUR de Khenchela pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire de fin d'étude.*

*Mes vifs remerciements et ma haute considération vont également à Monsieur **BOUTABBA Tarek**, Docteur à l'Université Abbes LAGHROUR de Khenchela pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de participer à ce jury.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère

Dounia

Résumé

Ce mémoire présente le dimensionnement d'un système multi sources à énergies renouvelables pour une alimentation d'une maison de la région de KHENCHELA (Algérie), une méthodologie d'analyse et d'évaluation technico-économique effectuée pour notre système multi sources suivi d'une simulation à l'aide du logiciel Homer où les résultats sont montrés et discutés.

L'objectif de ce travail est d'évaluer les performances d'un système multi sources autonome de production d'énergie électrique, couplant un champ photovoltaïque, une éolienne, et un système de stockage composé de batteries.

Mots-clés : système multi source, système PV, éolienne, batterie, dimensionnement, Homer

Abstract

This memory presents the sizing of a multi-source renewable energy system for supplying a house in the KHENCHELA region (Algeria), a methodology of analysis and technical-economic evaluation carried out for our multi-source system followed by 'a simulation using Homer software where the results are compared and discussed.

The objective of this work is to evaluate the performance of an autonomous multi-source system for producing electrical energy, coupling a photovoltaic field and a wind turbine, and a storage system made up of batteries.

Keywords: multi source system, PV system, wind turbine, battery, dimensioning, Homer

ملخص

تقدم هذه الأطروحة تحجيم نظام الطاقة المتجددة متعدد المصادر لتوفير الطاقة لمنزل في منطقة خنشلة (الجزائر)، وهي منهجية للتحليل والتقييم التقني والاقتصادي أجريت لنظامنا المتعدد المصادر تليها محاكاة باستخدام برنامج Homer حيث تتم مقارنة النتائج ومناقشتها. والهدف من هذا العمل هو تقييم أداء نظام مستقل متعدد المصادر لإنتاج الطاقة الكهربائية، واقتران حقل ضوئي وتوربينات هوائية، ونظام تخزين يتألف من بطاريات.

الكلمات المفتاحية: نظام متعدد المصادر ، النظام الكهروضوئي ، توربينات الرياح ، البطارية ، الأبعاد.

Sommaire

Liste des figures:.....	
Liste des tableaux:	
Nomenclature:	
Introduction générale:.....	1

Chapitre I: Etude et choix d'une configuration d'un système multi-sources à énergies renouvelables

I.1. Introduction :	4
I.2. Définition et missions des systèmes multi Sources :	4
I.3. Configuration de bus dans les SMS :	6
I.3.1. Architecture à bus à CC :.....	6
I.3.2. Configuration à bus CA :.....	7
I.3.3. Architecture mixte à bus CC/CA :.....	9
I.4. Présentation du système hybride étudié :	10
I.5. Principaux Composants des systèmes hybrides :	10
I.5.1. Générateurs photovoltaïques :	10
I.5.2. Eoliennes :	12
I.5.3. Systèmes de stockage :	13
I.5.3.1. Les type des batteries :.....	13
I.5.4. Les convertisseurs de puissance :	14
I.6. La charge :	15
I.7. Alimentation en énergie des régions éloignées de tout réseau :.....	15
I.7.1. Problèmes rencontrés dans le fonctionnement des SEH :	15
I.7.2. Stratégie de fonctionnement :	16
I.8 La configuration multi sources a energies renouvelables choisi:.....	16
I.9. Conclusion :	17

Chapitre II: Dimensionnement par la méthode itérative d'un système multi-sources à énergies renouvelables

II.1. Introduction :.....	19
II.2. Situation géographique de la Wilaya :	19
II.4. Evaluation des ressources solaires :	21
II. 4.1 .Composant de rayonnement solaire :	21
II.4.2. La durée d'insolation (DG) :	23

II.5 .Évaluation des ressources éoliennes :	24
II.5.1. Origine du vent et mesure de sa vitesse :	24
II.5.2. La puissance du vent :	24
II.6.Calcul de l'énergie du vent annuelle du site étudié:	26
II.7. Besoins électriques domestique :	27
II.8.Dimensionnement du système multi sources à énergie renouvelable étudié en utilisant la méthode itérative:	30
II.8.1. La méthode itérative :	30
II.8.1.1. Calcul de la puissance à produire :	30
II.8.1.2. Détermination de la capacité de stockage des batteries en cas d'insuffisance des sources renouvelables:	31
II.8.1.3.Calcul de la puissance crête nécessaire P_c du générateur photovoltaïque :	32
II.8.1.4 . Détermination du nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire :.....	34
II.8.1.5 . Déduction du nombre de panneaux photovoltaïques pour couvrir les besoins énergétiques annuels :	35
II.8.1.6. Calcul de la contribution en énergie de la part de la source complémentaire (éolienne) :.....	38
II.8.1.7. Dimensionnement de la surface des pales de l'éolienne:	38
II.8.1.8. Répétition des étapes (5, 6,7):	39
II.8.2 .Dimensionnement du régulateur :	39
II.8.3. Dimensionnement du régulateur AC/DC (cote éolienne) :	40
II.8.4. Dimensionnement de l'onduleur:	40
II.8.5. Dimensionnement des câbles:	40
II.9. Choix des composants du système :	42
II.9.1. Choix technico-économique des convertisseurs de puissances :	44
II.10.Conclusion :	46

Chapitre III: Dimensionnement d'un système multi-sources à énergies renouvelables à l'aide du logiciel Homer

III.1. Introduction:	48
III.2. Présentation de l'outil de simulation :	48
III.3. Simulation à l'aide de logiciel Homer :	49
III.3.1. Localisation de notre site :	49
III.3.2 .Données météorologiques :	49
III.3.3.Elaboration du schéma du système multi-sources à énergies renouvelables :.....	50
III 3.4. Profil de la charge :	51

III.3.5. Paramètre du champ PV :	52
III 3.6 .Paramètres de l'éolienne :	52
III.3.7. Paramètres des batteries solaires:	53
III.3.8. Paramètres du convertisseur :	54
III 4. Résultats et discussion de la simulation :	54
III 4.1. Configurations du system multi-sources en fonction du coût net actuel:	54
III.4.2. Production et la consommation d'énergie électrique :	56
III.4.3. Résultats du champ PV :	57
III.4.5. Les batteries :	61
III.4.6. Le convertisseur :	62
III.4.8. Répartition des coûts de l'installation :	64
III.5. La comparaison entre les résultats des trois dimensionnements:	66
III.6. Conclusion :	67
Conclusion générale:	70
Références bibliographiques:	72

Liste des figures:

CHAPITRE I

Figure I.1. Architecteur générale des SM.	5
Figure I.2. Système multi sources à configuration CC.....	6
Figure I.3. Système multi sources à configuration CA.....	8
Figure I.4. Système multi sources à configuration CC-CA.....	9
Figure I.5. a) Cellules solaires poly cristallines b) Cellules solaires monocristallines c) Cellules solaires amorphes.....	11
Figure I.6. Schéma descriptif d'une éolienne à axe horizontal.....	13

CHAPITRE II

Figure. II. 1. Situation da la ville de KHENCHELA.....	18
Figure II .2 : Composants du rayonnement solaire.....	21
Figure II.3. L'irradiation globale et diffuse mensuelle horizontal.....	21
Figure II.4. L'irradiation globale journalière estimée sur une surface horizontale....	22
Figure. II.5 La durée d'insolation. ET durée astronomique.....	22
Figure. II.6. Représentation La température journalier.....	23
Figure. II 7. Histogramme des fréquences et la courbe de Distribution real.....	24
Figure II.8. Histogramme des fréquences et la courbe de Wei bull pour KHENCHELA.....	25

CHAPITRE III

Figure III. 1. Situation géographique de site étudiée.....	47
Figure III. 2. Globale irradiation horizontale mensuelle de KHENCHELA.....	47
Figure III. 3 Vitesse moyenne mensuelle du vent de KHENCHELA.....	48
Figure III.4 : Température moyenne mensuelle de KHENCHELA.....	48
Figure III.5 .Architecteur du système multi-sources sous le logiciel Homer.....	49
Figure III. 6. Profil de charge.....	49
Figure III. 7. Paramètres du champ PV.....	50
Figure III. 8. Paramètres du l'éolienne.....	50
Figure III. 9. Paramètres des batteries solaires.....	51
Figure III. 10. Paramètres du convertisseur.....	51
Figure III. 11. Résultats proposés par Homer.....	52
Figure III. 12. la production moyenne mensuelle des sources.....	54
Figure III. 13. Puissances journalières moyennes délivrées par le générateur photovoltaïque.....	55

Figure III. 14. Puissances mensuelle moyennes délivrées par le générateur photovoltaïque.....	56
Figure III. 15. La courbe de la puissance du vent.....	57
Figure III. 16. Puissances journalières moyennes délivrées par l'éolienne.....	57
Figure III. 17. Puissances mensuelle moyennes délivrées par l'éolienne.....	58
Figure III. 18. Etat de charge moyenne journalière et mensuelle des batteries.....	59
Figure III. 19. Distribution de la puissance moyenne journalière délivrée par l'onduleur.....	59
Figure III. 20. Distribution de la puissance moyenne mensuelle délivrée par l'onduleur.....	61
Figure III. 21. Répartition des coûts de l'installation.....	61
Figure III. 22. les flux de trésorerie.....	61

Liste des tableaux:

CHAPITRE I

Tableau I. 1. Classification des SMS par gamme de puissance.....	5
--	---

CHAPITRE II

Tableau II. 1. Données météorologiques du site Nasa. Période : 1983 – 2005.....	19
Tableau II.2. : Estimation des besoins énergétiques journaliers d'une journée hivernale.....	26
Tableau II. 3. : Estimation des besoins énergétiques journaliers d'une journée estivale.....	27
Tableau II. 4: Consommation trimestrielle et annuelle.....	28
Tableau. II.5. Présente le calcul de la puissance à produire E_p (journalière, mensuelle, annuelle) d'après la consommation qui nous avons déduire.....	29
Tableau. II. 6. ; présente le calcul de la capacité de la batterie.....	30
Tableau. II. 7. Présente le calcul les heures d'ensoleillement dans les 12mois.....	31
Tableau. II. 8. Présente le calcul de la puissance crête de champ PV dans les 12mois.....	31
Tableau. II. 9. Déterminé le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire chaque mois.....	32
Tableau. II. 10. Déterminé le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire chaque Trimestre.....	33
Tableau II. 11. L'énergie produite annuellement, Lors de l'utilisation de 8 panneaux photovoltaïques.....	34
Tableau II. 12. L'énergie produite annuellement, Lors de l'utilisation de 5 panneaux photovoltaïques.....	35
Tableau II. 13 calculs de l'énergie mensuelle manquante nécessaire.....	36
Tableau II. 14 Dimensionnement de l'éolienne.....	37
Tableau II. 15 Chute de tension autorisée dans une installation BT.....	39
Tableau II.16. Cout et caractéristiques des batteries.....	40
Tableau II. 17 Cout et caractéristique des éoliennes.....	41
Tableau II. 18. Cout et caractéristiques panneaux photovoltaïques.....	41
Tableau II. 19 Caractéristiques régulateur choisi.....	42
Tableau II. 20. Cout et caractéristiques du convertisseur Onduleur Hybride MPPT choisi.....	43

Tableau II. 21 .Cout et caractéristiques d'un Redresseur de 2 Kw.....43

CHAPITRE III

Tableau III. 1. Energie annuelle produite sur Homer.....53
Tableau III. 2. Energie annuelle consommé sur Homer.....53
Tableau III. 3. Paramètres de Fonctionnement du PV.....54
Tableau III. 4. Paramètres de Fonctionnement de l'éolienne.....56
Tableau III. 5. Paramètres de Fonctionnement de la batterie.....57
Tableau III. 6. Paramètres de Fonctionnement d'onduleur.....58
Tableau. III 7.Émissions du système.....60
Tableau III. 8. Coûts de l'installation60
Tableau III.9 Comparaison des résultats principaux.....62

Nomenclature:

Symbol	Description	Unité
C_p	Coefficient de puissance de l'éolienne	
V_v	Vitesse du vent	[m/s]
I_{sc}	Courant de court-circuit	[A]
V_{oc}	Tension en circuit ouvert	[V]
I_{mp}	Courant maximal sous conditions standards	[A]
V_{mp}	Tension maximale du module sous conditions standards	[V]
A_{wt}	Surface de balayage des pales de l'éolienne	[m ²]
P	Densité de l'air	[kg/m ³]
K_v	Facteur de forme	
C_v	C_v le facteur d'échelle	[m/s]
E_c	les besoin énergétique journalière	[kwh/j]
C_u	La capacité de système de stockage	[Ah]

Abréviations utilisées:

ENR	Energies renouvelables
PV	Photovoltaïque
HOMER	Hybrid Optimisation Model for Electric Renewable
SMS	Système Multi sources
SHE	Système Energétique Hybride
DOD	Depth Of Discharge, Profondeur de décharge
CA	Courant Alternatif
CC	Courant Continu
P_c	Puissance crête
W_c	Watt crête
Bat	Indice pour "Batterie"
Ch	Indice pour "Charge"
SOC	Etat de charge de batterie
Ah	Ampère heure.
NiCd	Nickel cadmium.
MPPT	Maximum Power Point Tracking.
P_c	Puissance crête.
P	Puissance des charges.
η_{ond}	Rendement d'un onduleur.
Pond	Puissance d'onduleur.



INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale:

Le soleil, le vent, les chutes d'eau et la biomasse sont autant de ressources naturelles utilisables pour générer de l'énergie électrique, grâce aux différentes technologies que l'on peut regrouper par filières économiques en fonction de la ressource considérée. Disponibles en quantité supérieure aux besoins énergétiques actuels de l'humanité, les ressources d'énergie renouvelable n'augmentent pas la quantité de gaz à effet de serre de l'atmosphère lors de leur exploitation. Elles représentent par ailleurs une chance pour plus de deux milliards de personnes, habitant des régions isolées, d'accéder à l'électricité. Ces atouts, alliés à des filières de plus en plus performantes, favorisent le développement des énergies renouvelables. [1]

Parmi les systèmes les plus prometteurs pour l'utilisation des énergies renouvelables, il y a les systèmes multi sources. Pour les régions isolées ou éloignées, le prix d'extension du réseau électrique s'avère prohibitif et le surcoût de l'approvisionnement en combustible augmente radicalement avec l'isolement. Dans cette notion, on exclut les grands réseaux interconnectés dans lesquels les sources peuvent aussi être de plusieurs types. La combinaison des sources d'énergie renouvelable comme l'éolienne, le photovoltaïque ou les petites centrales hydroélectriques peut constituer un complément ou une alternative aux groupes électrogènes diesels utilisés généralement pour la génération d'électricité dans les régions isolées. Les systèmes multi sources sont généralement conçus pour répondre à un besoin énergétique allant du simple éclairage jusqu'à l'électrification complète de villages ou de petites îles. [1]

Le travail identifié pour cette étude concerne une application à domicile, qui est alimentée par un système autonome multi-sources. L'objectif spécifique est d'étudier les performances d'un système hybride et d'évaluer le potentiel d'une installation de conversion d'énergie utilisant à la fois des sources renouvelables.

Afin de mener à bien cette étude, cette thèse est organisée en trois chapitres principaux en plus de l'introduction générale et de la conclusion générale.

Le premier chapitre, « Etude et choix d'une configuration d'un système multi-sources à énergies renouvelables » est consacré aux généralités sur les systèmes multi sources avec une présentation de la configuration choisie.

Dans le deuxième chapitre, « Dimensionnement par la méthode itérative d'un système Multi-sources », comme indiqué au titre, nous dimensionnerons le système multi sources avec la méthode itérative en utilisant les données météorologiques (l'irradiation, vitesse du vent, température) du site étudié et à partir des besoins énergétiques de la maison. Nous présentons

aussi une caractérisation et une évaluation du coût des principaux composants intégrés dans l'installation.

Le troisième chapitre, « Dimensionnement d'un système multi-source à énergies renouvelables à l'aide du logiciel Homer » nous utilisons le logiciel Homer pour optimiser les résultats dans les mêmes conditions de fonctionnement autonome. Nous avons comparé les résultats obtenus pour savoir les limites de chaque méthode et afin de pouvoir exploiter les avantages de chaque méthode dans le dimensionnement des système multi sources classique et à énergies renouvelables.

Enfin, les principaux résultats de ce travail de recherche et les perspectives qui en résultent sont donnés ainsi qu'une conclusion générale

Chapitre I:

**Etude et choix d'une
configuration d'un système
multi-sources à énergies
renouvelables**

I.1. Introduction :

De nombreuses maisons sont situées dans des régions ou éloignées du réseau. La connexion au réseau coûte cher, et parfois la connexion n'est tout simplement pas possible. C'est pourquoi les systèmes autonomes peuvent répondre aux besoins énergétiques des résidents de ces zones. Bien qu'il y ait eu quelques progrès dans les systèmes hybrides utilisant des générateurs diesel et des éoliennes, l'utilisation de générateurs à combustibles fossiles représente la situation actuelle, mais le fait demeure que le système utilise beaucoup de combustibles fossiles. Un seul système, éolien ou photovoltaïque, nécessite un grand nombre de batteries pour compenser l'intermittence des dépôts. Ainsi, les systèmes hybrides autonomes avec panneaux solaires photovoltaïques et éoliennes sont prometteurs comme solution pour limiter l'intermittence des ressources.

Dans ce chapitre, nous allons décrire les différentes architectures des systèmes hybrides ; nous déterminerons la configuration sélectionnée, ses caractéristiques et les raisons de sa sélection, ainsi que les principaux composants des systèmes hybrides.

I.2. Définition et missions des systèmes multi Sources :

Un Système Multi Sources (SMS) ou Système Energétique Hybride (SEH) est défini comme une installation qui utilise deux ou plus des technologies de la génération d'énergies : une ou plusieurs sources d'énergie classiques, généralement des générateurs diesel, et au moins une source d'énergie renouvelable. Les sources d'énergie renouvelable, comme l'éolienne et le photovoltaïque, ne délivrent pas une puissance constante. Leur association avec des sources classiques permet d'obtenir une production électrique continue. [2]

Les performances d'un SMS, le rendement et la durée de vie, sont influencés en partie par sa conception, c'est-à-dire le dimensionnement des composants, le type de composants, l'architecture etc., et d'autre part, par le choix de la stratégie de fonctionnement. Quelques paramètres permettant d'évaluer ses performances sont : l'économie de carburant, le coût du kW, le nombre et la durée des pannes, le nombre d'arrêts pour l'entretien etc... [3]

Le champ d'application des SMS est très large et par conséquent, il est difficile de classer ces systèmes. On peut néanmoins essayer de réaliser un classement par gamme de puissance (tableau *I.1*) [2]

Tableau I.1: Classification des SMS par gamme de puissance.

Puissance du SEH [KW]	Applications
Faible : < 5	Systèmes autonomes : stations de télécommunications, Pompage de l'eau, autre application isolée
Moyenne : 5-250	250 Micro réseaux isolés : alimentation d'un village isolé, des zones rurales...
Grande : > 250	Grands réseaux isolés (ex : réseaux insulaires)

Les grandes installations de SMS en site isolé peuvent être classifiées en fonction du degré de pénétration de l'énergie renouvelable défini par la proportion de la puissance (énergie) produite par les sources d'énergie renouvelable et la puissance demandée par la charge. [2]

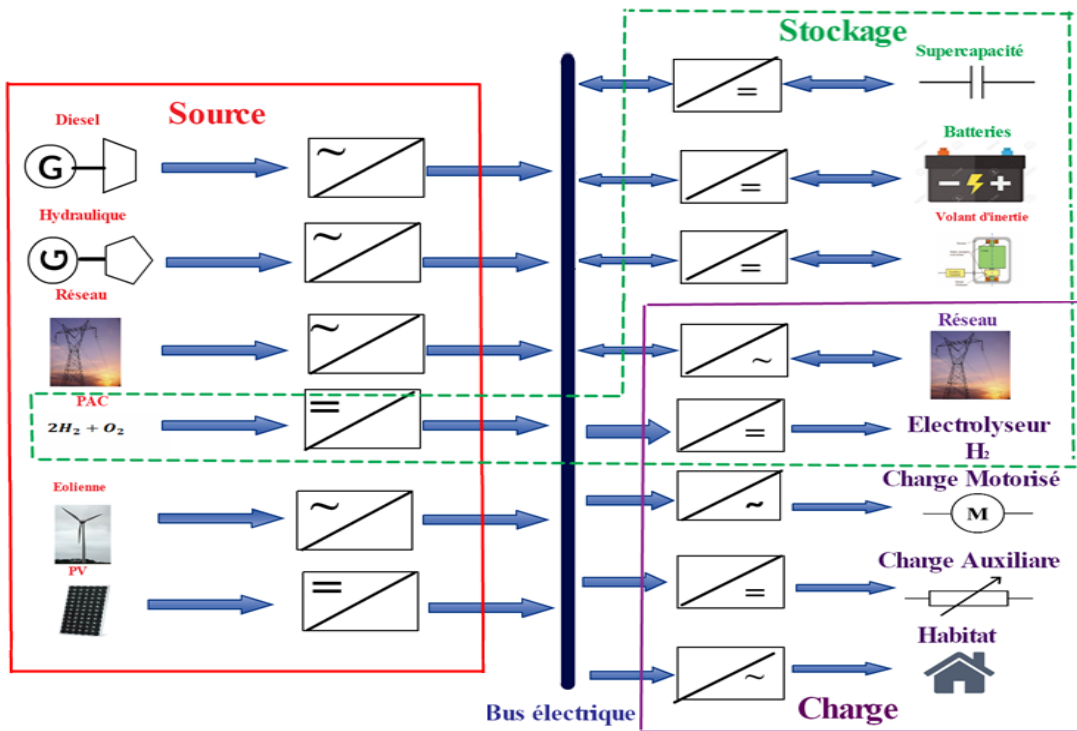


Figure I.1 : Architecture générale des SM.

La figure I.1 représente une architecture générale des systèmes hybrides d'énergies. Les générateurs classiques ou renouvelables (groupe électrogène diesel, éolien, photovoltaïque ... etc.) et les dispositifs de stockages (les super-condensateurs, les batteries, volants d'inerties...) et les éléments de charges (réseau, habitat, charges motorisés...), sont connectés au bus électrique commun par l'intermédiaire des convertisseurs statiques ou dynamiques.

I.3. Configuration de bus dans les SMS :

Les générateurs électriques d'un SMS peuvent être connectés en différentes configurations. Ces configurations constituées par des sources d'énergies renouvelables, des systèmes de stockages et des générateurs à base des énergies conventionnels se résument en trois types :

Architecture à Bus CC (bus à courant continu), architecture à Bus CA (bus à courant alternatif) et l'architecture mixte à Bus CC-CA.

Nous présenterons ci-après, une description ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque configuration.

I.3.1. Architecture à bus à CC :

Cette technologie est née du besoin de coupler des charges à CA (plage de puissance moyenne) avec des sources d'énergie à CC et, de plus, de charger le système de stockage du côté CC par le biais d'une source d'énergie à CA.

Ces configurations d'installation servent à l'alimentation de consommateurs éloignés (par ex. petites entreprises ou fermes). La plage de puissance globale est située entre 1 et 5 kW, la tension CC allant de 12 à 48 V.

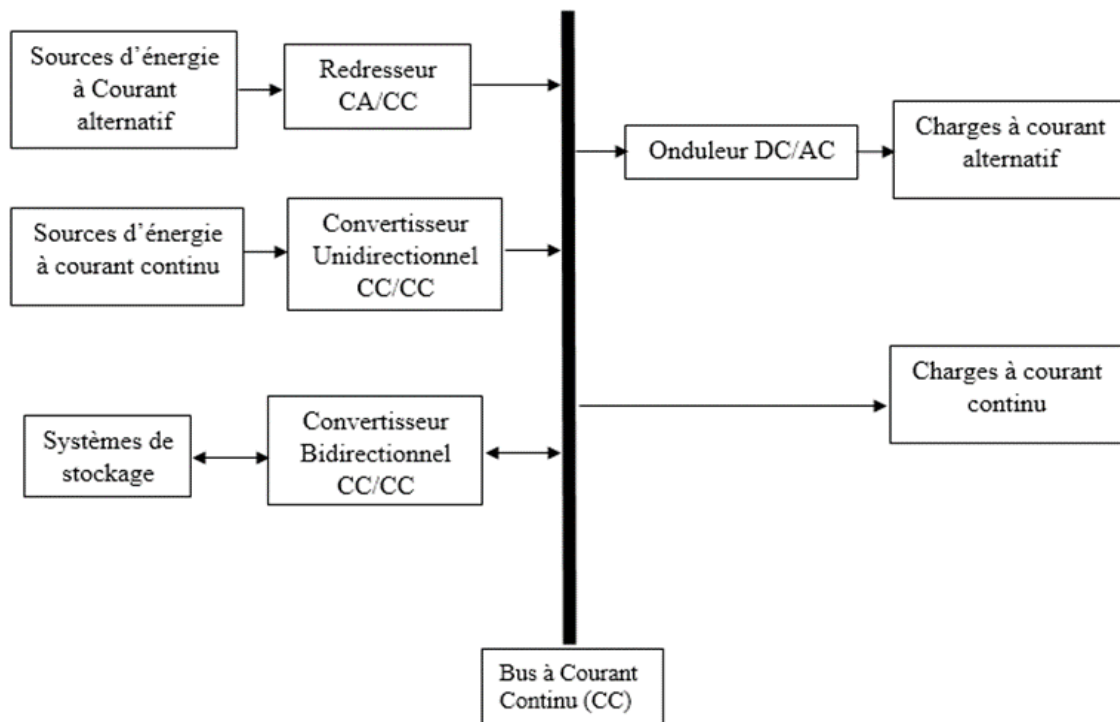


Figure I.2 : Système multi sources à configuration CC.

Un couplage CC (toute l'énergie converge vers un bus CC).

Dans le système multi source représenté dans la figure I.2, la puissance fournie par chaque source est centralisée sur un bus à CC. Ainsi, les systèmes de conversion d'énergie à CA fournissent d'abord leur puissance à un redresseur pour être convertie en CC. Le ou les sources d'énergie à courant alternatif sont connectées en série avec l'onduleur pour alimenter les charges à CA. Les sources d'énergie à CA ne peuvent donc pas alimenter les charges à CA directement.

L'onduleur doit alimenter les charges à CA à partir du bus à CC et doit suivre les consignes fixées pour l'amplitude et la fréquence.

Les systèmes de stockages et l'onduleur sont dimensionnés pour alimenter des pics de charge, alors que les sources d'énergies à CC et à CA sont dimensionnées pour alimenter les pics de charge et les systèmes de stockage en même temps.

La puissance délivrée peut être contrôlée par la commande du courant d'excitation de la partie électrique du générateur des sources d'énergie à CA ou en incorporant un régulateur de charge ou un convertisseur CC/CC dans les sources d'énergie à CC.

Les avantages et les inconvénients d'un tel système sont présentés ci-après :

a. Avantage :

- Un schéma électrique simplifié à cause d'une absence de commutation des sources d'énergie en courant alternatif.
- Grâce à l'onduleur, le consommateur peut être alimenté avec une tension, dont la forme du signal, la valeur efficace et la fréquence sont convenables.

b. Inconvénients :

- L'onduleur ne peut pas travailler en parallèle avec le groupe électrogène. C'est pourquoi il doit être dimensionné de manière à ce qu'il puisse couvrir la charge maximale possible,
- Les batteries doivent avoir une grande capacité.
- Un rendement relativement faible dans le cas d'un groupe électrogène à courant alternatif, car la puissance fournie est convertie deux fois avant d'arriver au consommateur.
- Une avarie éventuelle de l'onduleur provoque une coupure totale de l'alimentation électrique. [4]

I.3.2. Configuration à bus CA :

Dans cette configuration, les sources d'énergies à CA sont interconnectées directement sur le bus de courant alternatif. Les sources sont liées au bus à courant alternatif à travers un

onduleur. Les systèmes de stockage sont connectés à l'aide d'un convertisseur électronique bidirectionnel.

Il peut travailler soit comme redresseur, lorsque le bus à courant alternatif couvre la consommation électrique et participe dans le chargement des systèmes de stockage, soit comme onduleur, quand la charge (ou une partie d'elle) est satisfaite par les systèmes de stockage. Le schéma d'un tel système hybride est représenté sur la figure suivante.

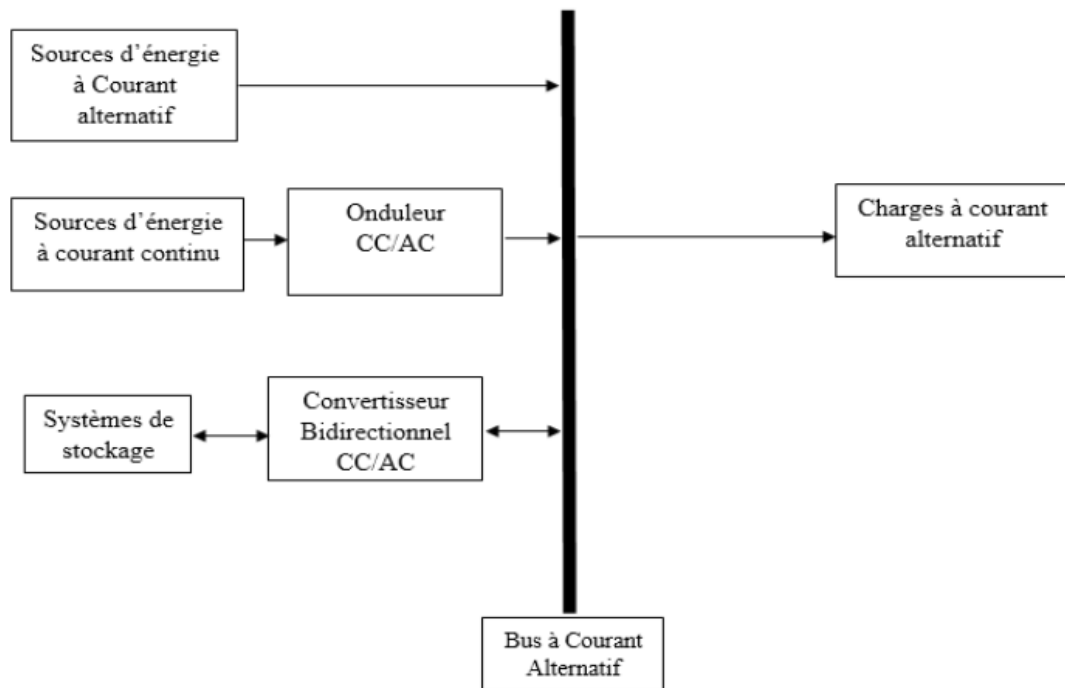


Figure I.3 : Système multi sources à configuration CA.

a. Avantage :

- Les composants du système ne doivent pas être dimensionnés pour la charge totale, parce que le consommateur peut être alimenté par les deux sources en même temps.
- Un meilleur rendement, car les sources fonctionnent avec une puissance plus proche de leur puissance nominale. De plus, il n'y a pas une conversion de l'énergie produite par les sources Alternatives.
- Diminution du nombre des convertisseurs électroniques, ce qui diminue le câblage nécessaire et l'investissement initial pour la construction du système hybride.
- Une avarie du convertisseur électronique ne provoque pas de coupure de l'alimentation de la charge.

b. Inconvénients :

- Le contrôle automatique est obligatoire pour le fonctionnement correct du système.

- Le convertisseur électronique doit fournir une tension sinusoïdale, pour que la synchronisation avec les sources à courant alternatif (Groupe électrogène) soit possible.
- Les batteries vieillissent rapidement (mauvais contrôle de sa charge).
- Le personnel, qui s'occupe du fonctionnement correct du système, doit être qualifié

I.3.3. Architecture mixte à bus CC/CA :

La charge peut être alimentée soit par la source Alternative, soit par les sources à CC et le système de stockage via l'onduleur. L'alimentation par les deux sources simultanément n'est pas possible. Le schéma du système est représenté sur la figure suivante :

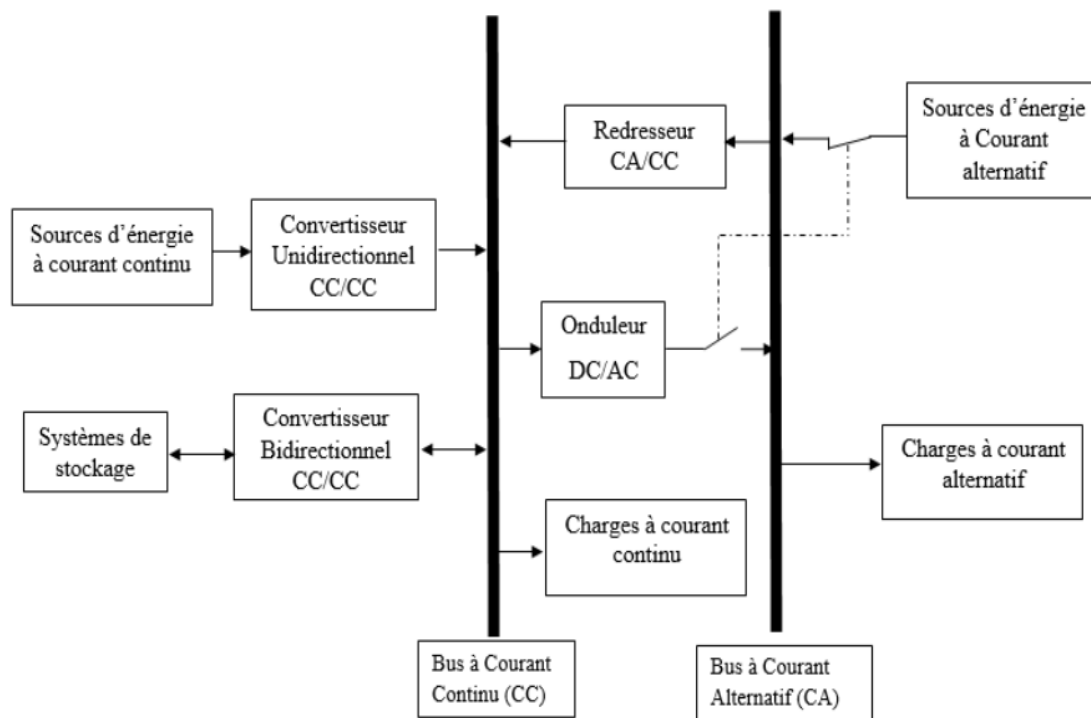


Figure I.4 : Système multi sources à configuration CC-CA.

La source à CA peut charger les systèmes de stockage par l'intermédiaire d'un redresseur. La gestion du système doit être automatique à cause de la complexité du système hybride. [5]

Avantage :

- Le système possède un rendement plus haut, car la source à CA (GE) peut alimenter directement la charge, d'où une baisse de la consommation de carburant.
- L'onduleur peut assurer au consommateur la tension demandée en forme et valeur.

- Une avarie de l'onduleur n'engendrera pas l'arrêt complet de l'alimentation électrique, parce que la charge peut être satisfaite par le groupe électrogène.

Inconvénients :

- L'apparition d'une coupure instantanée de l'alimentation lors de la commutation des sources.
- La source alternative et l'onduleur doivent être dimensionnés pour une consommation maximale du système. De cette façon, ils fonctionnent avec un moindre rendement lors des périodes de faible charge.
- Une construction complexe.

I.4. Présentation du système hybride étudié :

Dans ce mémoire, on s'intéresse principalement aux systèmes hybrides à configuration de bus à CC formés par deux sources d'énergies renouvelables qui sont le photovoltaïque et l'éolien. L'excès d'énergie produite par ces sources est stocké dans des batteries plomb acide. L'ensemble du système hybride alimente une charge domestique (un habitat).

En effet, ce système multi-sources à énergies renouvelables est autonome. Il est souvent utilisé dans les régions isolées, éloignées du réseau électrique. Le système proposé a plusieurs applications comme les systèmes de pompage d'eau, les chariots élévateurs ainsi que l'électrification des habitats.

Le système hybride (PV-éolien-batteries) étudié est représenté dans la figure I.4

I.5. Principaux Composants des systèmes hybrides :

Les systèmes d'énergie hybride sont en général constitués de sources d'énergie classique (groupe électrogène), de sources d'énergie renouvelable (éolienne, PV...), des convertisseurs statiques et dynamiques, des systèmes de stockage (batterie, volant d'inertie, le stockage hydrogène...), des charges principales et de délestages et un système de surveillance. [6]

I.5.1. Générateurs photovoltaïques :

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3V à 0.7V en fonction

du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule et du vieillissement de la cellule.

Les cellules PV sont combinées ensemble pour former un module PV qui peut produire une certaine quantité d'énergie sous des conditions d'éclairement et de température variables. Par la suite, les modules PV peuvent être regroupés à leur tour afin de former un générateur PV. Il est dimensionné selon la puissance nécessaire pour une installation donnée.

Les cellules solaires peuvent être réparties en trois groupes, selon le matériau de base utilisé : [7]

- cellules monocristallines
- cellules poly cristallines
- cellules à couches minces

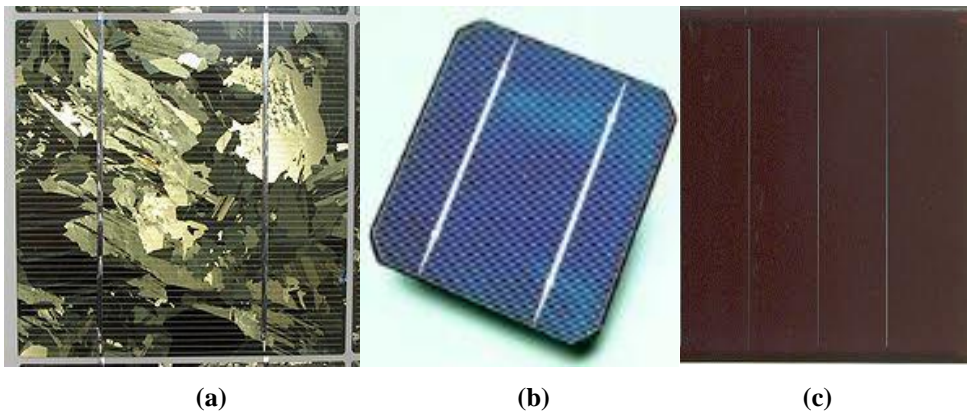


Figure I.5: a) Cellules solaires polycristallines b) Cellules solaires monocristallines c) Cellules solaires amorphes
(Source Wikipédia).

a. Caractéristiques d'un module :

- La puissance de crête, P_c : Puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards (25°C et un éclairement de 1000 W/m^2).
- La caractéristique I/V : Courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci.
- Courant de court-circuit, I_{cc} : Courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil ".
- Point de fonctionnement optimum, (U_m, I_m) : Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil, $P_m = U_m * I_m$.
- Rendement : Rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.

- Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : $VOC * I_{cc}$. [8]

I.5.2. Eoliennes :

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique de la masse d'air déplacée dans l'atmosphère. Cette dernière est induite de la chaleur du rayonnement du soleil. L'énergie éolienne est l'une des plus anciennes formes d'énergie connue depuis l'antiquité.

L'énergie éolienne peut être transformée en énergie mécanique pour faire déplacer un véhicule tels que les navires à voile ; pour pomper de l'eau. Elle peut être transformée en force motrice pour le pompage, la compression etc. Mais surtout, elle peut être convertie en énergie électrique par le biais d'un générateur électrique. Dans ce cas, l'éolienne peut être reliée à un réseau électrique ou fonctionner d'une manière autonome en se couplant avec un système d'appoint (groupe électrogène, système de stockage). [9]

Une éolienne est constituée d'une partie tournante, le rotor, qui transforme l'énergie cinétique en énergie mécanique, en utilisant des profils aérodynamiques. Le flux d'air crée autour du profil une poussée qui entraîne le rotor et une traînée qui constitue une force parasite. La puissance mécanique est ensuite transformée soit en puissance hydraulique par une pompe, soit en puissance électrique par une génératrice.

a. Principaux composants d'une éolienne :

Une éolienne est généralement constituée de trois éléments principaux : la tour ou le mat, la nacelle et l'ensemble rotor-pales.

Le mât : Généralement un tube d'acier ou éventuellement un treillis métallique, doit être le plus haut possible pour éviter les perturbations près du sol. Toutefois, la quantité de matière mise en œuvre représente un coût non négligeable et le poids doit être limité. Un compromis consiste généralement à prendre un mât de taille très légèrement supérieure au diamètre du rotor de l'aérogénérateur.

La nacelle : Regroupe tous les éléments mécaniques permettant de coupler le rotor éolien au générateur électrique arbre lent et rapide, roulements, multiplicateur. Le frein à disque, différent du frein aérodynamique, qui permet d'arrêter le système en cas de surcharge. Le générateur qui est généralement une machine synchrone ou asynchrone et les systèmes hydrauliques ou électriques d'orientation des pales (frein aérodynamique) et de la nacelle (nécessaire pour garder la surface balayée par l'aérogénérateur perpendiculaire à la direction du vent). A cela viennent s'ajouter le système de refroidissement par air ou par eau, un anémomètre et le système électronique de gestion de l'éolienne.

Le rotor : Formé par les pales assemblées dans leur moyeu. Pour les éoliennes destinées à la production d'électricité, le nombre de pales varie classiquement de 1 à 3, le rotor tripale (concept danois) étant de loin le plus répandu car il représente un bon compromis entre le coût, le comportement vibratoire, la pollution visuelle et le bruit. [10]

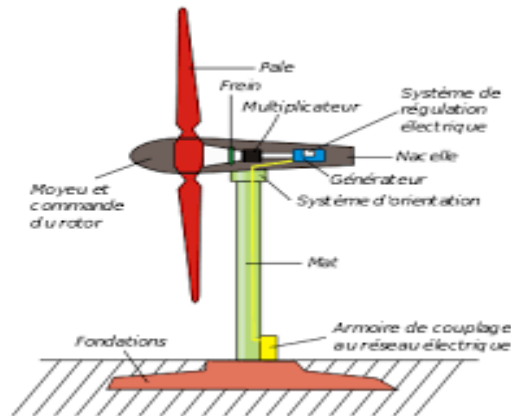


Figure I.6 : Schéma descriptif d'une éolienne à axe horizontal.

I.5.3. Systèmes de stockage :

Le stockage de l'énergie est nécessaire dans un système multi-sources autonome, pour assurer la continuité de service même lorsque la production est nulle, et d'autre part pour éviter la perte du surplus d'énergie causé par une forte production d'énergie par rapport à la demande.

Il existe de nombreux moyens pour stocker de l'énergie, comme le pompage de l'eau, le volant d'inertie, le stockage d'hydrogène et les batteries, qui passent quasiment tous par la conversion de l'énergie en une autre forme plus aisée à exploiter. [11]

Dans ce mémoire les batteries solaires sont utilisées comme un système de stockage pour assurer la continuité du service durant la nuit ou pendant les journées caractérisées par une faible production d'énergies renouvelables.

I.5.3.1. Les type des batteries :

Les principaux types d'accumulateurs utilisés actuellement dans les systèmes multi sources sont :

I.5.3.1.a. Batteries au Plomb Acide :

Constituent l'investissement le plus économique pour un système multi-sources et présentent l'avantage d'être recyclables à plus de 90%. Cependant, ces batteries sont sensibles aux mauvais usages et leurs durée de vie est souvent bien inférieure à celle du dispositif

générateur d'électricité. En effet, les batteries au plomb dans leurs technologies actuelles acceptent assez mal les décharges profondes. La profondeur de décharge est en effet responsable de la dégradation de ces batteries, conduisant à une réduction notable de leurs durées de vie lorsqu'elles sont utilisées dans des conditions extrêmes.

I.5.3.1.b. Batteries alcalines (Ni/Cd et Ni/MH) :

Sont beaucoup plus robustes mais aussi plus coûteuses. Elles sont mieux adaptées aux basses températures. Par contre, leur recyclage est compliqué à cause du cadmium qui est un métal lourd et polluant.

I.5.3.1.c. Batteries au lithium :

Présentent « techniquement » les meilleures performances. L'autodécharge des accumulateurs Li-ion est en effet faible alors que leur énergie massique stockée est relativement bien supérieure. Ceux-ci permettent par ailleurs un cyclage à grande profondeur de décharge avec un impact moindre sur les performances comparativement à l'accumulateur au plomb surtout, mais aussi au nickel-cadmium. Les récentes améliorations de la technologie Li-ion ont confirmé son potentiel pour les applications stationnaires compte tenu de ses caractéristiques spécifiques : fort rendement énergétique, durée de vie élevée, absence de maintenance, fiabilité et prédictibilité du comportement.

I.5.4. Les convertisseurs de puissance :

Dans un SEH, des convertisseurs sont utilisés pour charger des batteries de stockage et pour transformer le courant continu (CC) en un courant alternatif (CA) et vice-versa. Trois types de convertisseurs sont souvent rencontrés dans les SEH : les redresseurs, les onduleurs et les hacheurs.

- Les redresseurs réalisent la conversion CA/CC. Dans le SEH, ils sont souvent utilisés pour charger des batteries à partir d'une source à CA. Ce sont des appareils relativement simples, pas chers et à bon rendement ; ils sont généralement monophasés ou triphasés.
- Les onduleurs convertissent le CC en CA. Ils peuvent fonctionner en autonome pour alimenter des charges à CA ou en parallèle avec des sources à CA. Les onduleurs sont autonomes lorsqu'ils imposent leur propre fréquence à la charge.
- Les hacheurs, le troisième type de convertisseurs, permettent de réaliser la conversion CC/CC pour adapter la tension entre deux sources.

I.6. La charge :

Les charges électriques rendent utile la puissance électrique. Il existe des charges à caractère résistif et inductif. Les charges résistives incluent les ampoules à incandescence, les chauffe-eaux etc. Les appareils utilisant des machines électriques sont des charges résistives et inductives. Elles sont les principaux consommateurs de puissance réactive. Les charges à CC peuvent avoir aussi des composants inductifs, mais les seuls effets introduits par ceux-ci sont les variations transitoires de tension et courant pendant les changements dans le fonctionnement du système.

I.7. Alimentation en énergie des régions éloignées de tout réseau :

I.7.1. Problèmes rencontrés dans le fonctionnement des SEH :

Compte tenu de la nature stochastique des sources d'énergie renouvelable, la difficulté principale des SEH comportant ce type de sources est de pouvoir produire à chaque instant l'énergie demandée par la charge. Le moyen le plus simple d'éviter une augmentation du risque de ne pas satisfaire complètement la charge est de faire fonctionner les sources d'énergie renouvelable et les générateurs diesel en parallèle.

Du point de vue de la continuité de la production et de la qualité de l'énergie, les facteurs pouvant affecté le fonctionnement d'un SEH sont :

- Les variations de la charge à long terme : les régions isolées avec des petits réseaux électriques peuvent subir des changements rapides dans leur besoin en électricité (généralement, la demande augmente).
- Les variations de la charge à court terme: en général, la demande en électricité varie beaucoup sur des intervalles de temps assez courts, de l'ordre de quelques minutes.
- Des valeurs minimales sont suivies par des pics.
- Les ressources d'énergie renouvelable : les ressources, comme le vent et le soleil, sont stochastiques par leur nature, ont des caractéristiques locales et sont très difficiles à prédire.
- Les perturbations du réseau : les défauts, tels que les courts circuits peuvent, non seulement arrêter les systèmes, mais aussi, au pire des cas, détruire certains composants. [12]

I.7.2. Stratégie de fonctionnement :

La stratégie de fonctionnement est un algorithme qui permet au système de supervision d'un SEH de décider combien et quels générateurs il faut mettre en marche, quelles charges sont connectées et comment utiliser le stockage, si disponible. [13]

Le fonctionnement d'un SEH dépend des paramètres suivants :

- Le profil de charge : les variations diurnes, les variations saisonnières, les pics et les creux, etc.
- Les caractéristiques des ressources renouvelables : les valeurs moyennes, l'écart type, la fréquence des événements, les valeurs extrêmes, les variations diurnes et saisonnières, etc.
- Les caractéristiques des générateurs classiques : le type de carburant, les limites de fonctionnement, etc.
- La configuration du système : le nombre et les types de composants (les sources d'énergie renouvelable, les sources classiques, les charges contrôlables, les types de stockage, les convertisseurs de puissance, etc.)
- Les normes de qualité de l'énergie : les exigences en ce qui concerne les variations de la fréquence et de la tension.

I.8. La configuration multi sources à énergies renouvelables choisi:

On a choisi un système multi sources à énergies renouvelables qui combine et exploite deux sources d'énergie renouvelables (PV et éolien) et qui comprend des systèmes pour convertir l'énergie photovoltaïque et éolienne en énergie électrique à courant continu. Les deux sources d'alimentation et le système de stockage à base des batteries sont connectées au bus CC (courant Continu). Le Bus continu CC peut alimenter des charges à courant continu comme il peut alimenter des charges à courant alternatives par l'intermédiaire d'un onduleur qui convertie le courant continu en courant alternatif.

La configuration à bus à CC a été choisie car elle est la plus adaptée pour des applications dédiées à l'habitat. En effet les besoins en énergie électrique d'une maison est généralement faible et la moyenne de la consommation d'une maison est de l'ordre de 11 wattheures par jour. En plus la configuration à CC ne nécessite pas un personnel qualifié pour exploiter le système multi sources.

I.9. Conclusion :

Une brève description du système multi sources à énergie renouvelable a été présentée dans ce chapitre où tous les composants ont été introduits afin de permettre une bonne compréhension du fonctionnement du système. Le dimensionnement et le fonctionnement des composants du système multi sources doivent tenir compte les variations : de la charge, des ressources renouvelables disponibles et du niveau des batteries de stockage pour maximiser leur utilisation. Les sources du système multi sources à énergie renouvelables étudiés seront dimensionnées empiriquement dans le chapitre suivant.

Chapitre II:

**Dimensionnement par la
méthode itérative d'un
système multi-sources à
énergies renouvelables**

II.1. Introduction :

L'avantage d'un système hybride par rapport à un système éolien pur ou PV pur dépend de nombreux facteurs fondamentaux : la forme et le type de charge, le système éolien, le rayonnement solaire, le coût, la disponibilité de l'énergie et le coût relatif de la charge. Éolienne, champ photoélectrique et autres facteurs d'efficacité.

Dans ce chapitre, nous expliquerons les étapes de mise à l'échelle de l'électrification domestique, après avoir calculé la consommation de tous les équipements, en fonction de la recherche géographique du site de la NASA. Sur la base d'une approche itérative, nous pourrions déterminer le nombre suffisant de plaques et leur puissance, ainsi que la capacité des batteries et leur mode de connexion. Nous déterminerons donc la capacité de l'éolienne et comment elle compense la puissance requise, nous identifierons les principaux composants et nous expliquerons les détails en termes de dimensions et de prix.

II.2. Situation géographique de la Wilaya :

La ville de KHENCHELA est située au nord-est de l'Algérie, plus précisément dans la région D'ORAS, à environ 600 km de la capitale, Le climat de KHENCHELA est celui d'une région semi-aride, la température moyenne est de 6.3°C en janvier et de 26.5°C en juillet. Durant l'hiver la température descend au-dessous de Zéro pendant la nuit. Durant l'été, la température peut atteindre les 42°C à l'ombre, la vitesse du vent varie entre 3 et 4.1m/s, de valeur moyenne égale à 3.6 m/s.



Figure II. 1 : Situation da la ville de KHENCHELA.

Les coordonnées géographiques de la Wilaya de KHENCHELA :

- Latitude = 35°436 N

- Longitude = 7°143 E
- Altitude : 1128 m

II.3. Données météorologiques du site de la maison :

Quelques données moyennes de son climat, sont obtenues par le site de la Nasa. Pour la période : 1985 – 2005, résumées sur les tableaux ci-dessous [13]

Tableau II. 1 : Données météorologiques du site Nasa. Période : 1983 – 2005 [3].

	Irradiations globales moyennes (KWh/m²/jr)	Irradiations globales moyennes (KWh/m²/mois)	Température Moyenne (c°)	Irradiations de diffusion moyennes (KWh/m²/jr)
Janvier	2.48	76.9	6.4	0.92
Février	3.39	94.9	8.0	1.17
Mars	4.42	137.0	11.3	1.56
Avril	5.42	162.6	15.1	1.96
Mai	6.36	197.2	20.6	2.17
Juin	9.90	207.0	25.8	2.20
Juillet	7.21	223.5	28.7	1.97
Août	6 .07	188.2	28.3	1.93
Septembre	4.81	144.3	23.3	1.68
Octobre	3 .60	111.6	18.4	1.33
Novembre	2.66	79.8	12.3	1.00
Décembre	2.22	68.8	7.9	0.85
Année	4.64	1691 .8	17.2	1.56

Avec :

- **Irradiations globales moyennes** : moyenne journalière de l'irradiation incidente sur une surface horizontale (kWh/m²/jour).
- **Irradiations globales moyennes** : moyenne mensuelle de l'irradiation incidente sur une surface horizontale (kWh/m²/mois).
- **Irradiations de diffusions moyennes** : moyenne mensuelle de l'irradiation diffusée sur une surface horizontale (kWh/m²/jour).
- **Température moyenne** : la température moyenne de chaque mois (C°).

II.4. Evaluation des ressources solaires :

II. 4.1 .Composant de rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est constitué d'ondes électromagnétiques qui se déplacent du soleil vers la terre à la vitesse de la lumière. La quantité d'énergie rayonnante à ondes courtes émise par le soleil traversant une unité de surface horizontale en une unité de temps est généralement appelée rayonnement solaire global. Ce rayonnement solaire entrant est modifié lorsqu'il traverse l'atmosphère et à nouveau une fois qu'il atteint la surface. Ainsi, les trois principales composantes du rayonnement solaire sont le rayonnement solaire direct, diffus et réfléchi (Figure II.2). Le rayonnement direct est intercepté sans entrave, en ligne directe avec le soleil. Le rayonnement diffus est diffusé par les constituants atmosphériques, tels que les nuages et la poussière. Le rayonnement réfléchi est réfléchi par les éléments de surface. Ce rayonnement solaire global peut être utilisé dans les prédictions de divers phénomènes. Ainsi, la modélisation du rayonnement solaire peut être un outil utile pour la conception des systèmes énergétiques des bâtiments, des systèmes d'énergie solaire.

Constitué de trois composantes principales : [14]

- **Rayonnement direct (D)** : Flux solaire sous forme de rayons parallèles provenant de disque Soleil sans avoir été dispersé par l'atmosphère.
- **Rayonnement diffus (I)** : Une partie du rayonnement direct du soleil est absorbée dans l'atmosphère et une partie est diffusée par les nuages, les aérosols et les particules dans toutes les directions. Cette composante diffusée est le rayonnement solaire diffus qui vient du ciel. . Il peut être mesuré par un Pyromètre avec un pare-soleil (bande métallique circulaire) qui protège le Pyromètre du rayonnement solaire direct.
- **Rayonnement réfléchi (R)**: C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce Rayonnement dépend directement de la nature du sol (nuage, sable...). Il se caractérise par un Coefficient propre de la nature de lien appelé Albédo (N)
- **Rayonnement global (G)** : un plan reçoit de la part du sol un rayonnement global qui est le Résultat de la superposition des trois compositions direct, diffus et réfléchi (voir figureII.2).

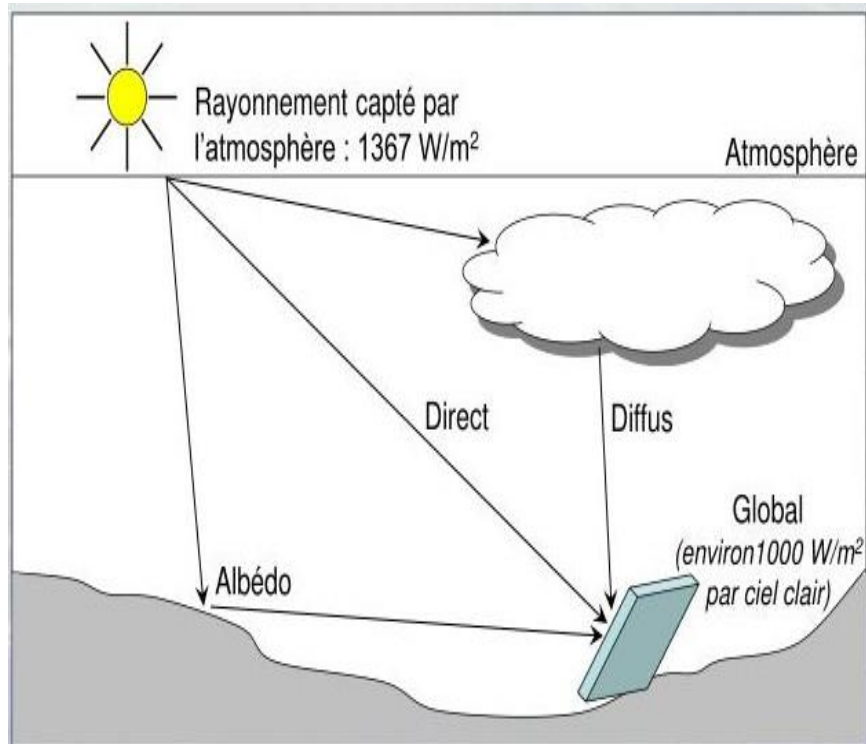


Figure II.2 : Composants du rayonnement solaire Au sol.

On donne par la figure le rayonnement mensuel Global et diffuse, sur un plan horizontal.

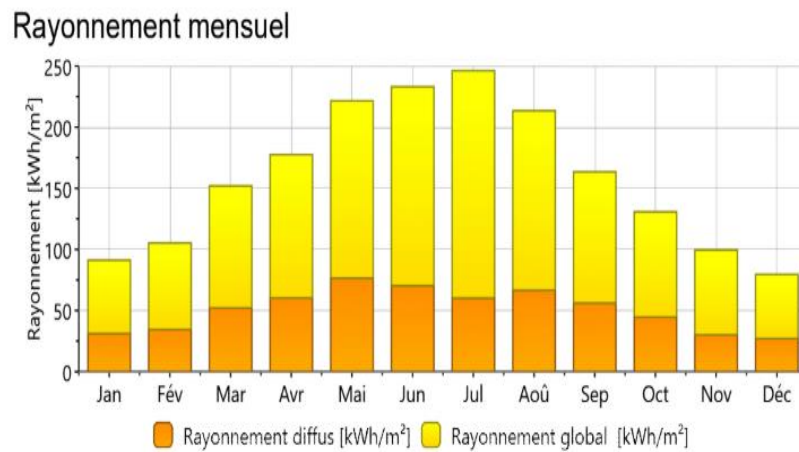


Figure II. 3 : L'irradiation globale et diffuse mensuelle horizontale. [15]

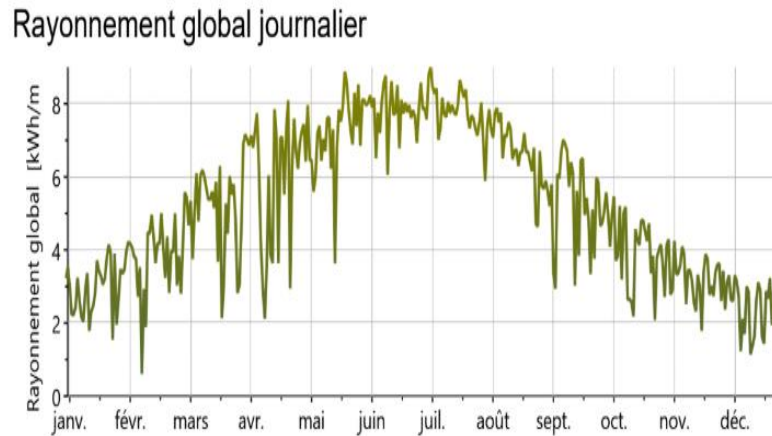


Figure II.4 : L'irradiation globale journalière estimée sur une surface horizontale. [15]

La figure II.4 ci-dessus montre l'évolution du rayonnement global pour une journée typique à KHENCHELA .Le rayonnement varie légèrement entre les mesures, car l'intensité du rayonnement peut atteindre des valeurs très élevées, tout comme des valeurs nulles Le minimum des températures est rencontré au petit matin.

II.4.2. La durée d'insolation (DG) :

La durée d'insolation ou d'ensoleillement exprime la longueur cumulée des périodes d'exposition directe au soleil entre le lever et le coucher du soleil pour un endroit donné du globe terrestre. Elle est mesurée à l'aide de L'héliographe. [20]

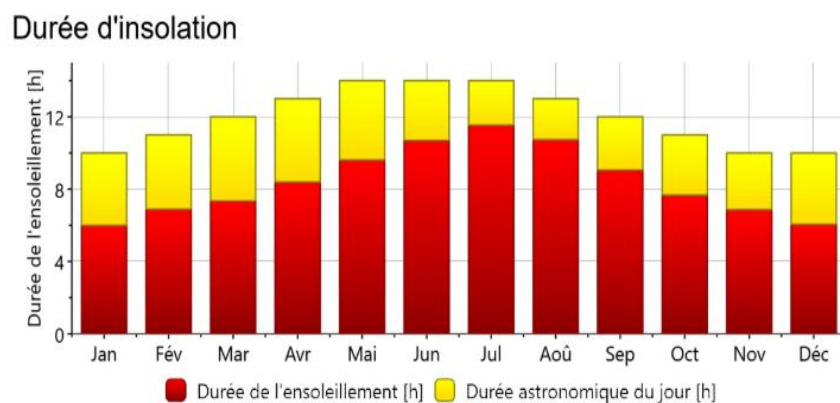


Figure II.5 : La durée d'insolation.ET durée astronomique. [15]

La figure II.5. Présente La durée d'insolation de wilaya de KHENCHELA qui montre une moyenne de 8h d'insolemment, bien sur cette valeur augmente en été et diminue en hiver.



Figure II. 6 : Représentation La température journalière. [15]

La figure II.6 Ci-dessus montre l'évolution mensuelle de la température à Khenchela
 Les températures à Khenchela varient, la température maximale atteignant 40 en juin et elle peut descendre en dessous de zéro en janvier et février.

II.5 .Évaluation des ressources éoliennes :

II.5.1. Origine du vent et mesure de sa vitesse :

Tout commence, comme d'habitude, grâce au soleil ! Cela provoque le réchauffement des mers et des continents, ce qui entraîne un réchauffement de l'air au-dessus d'eux. Ainsi, le volume d'air chauffé augmente, devient plus léger et monte dans le ciel. Cet air chaud qui monte rencontre l'air froid qui descend. C'est cette différence de température entre ces deux masses d'air qui crée le vent.

Ces mouvements sont influencés par la force de Coriolis qui agit perpendiculairement à la direction du mouvement vers l'est dans l'hémisphère nord et vers l'ouest dans l'hémisphère.

Elle peut être mesurée par girouette, anémomètre, thermomètre et/ou baromètre et/ou hygromètre.

II.5.2. La puissance du vent :

La puissance du vent P est la vitesse V à laquelle l'énergie est disponible, ou la vitesse à laquelle l'énergie traverse une surface S par unité du temps:

$$P=1/2.\rho Cp .S.V^3 \quad (II.1)$$

Elle est proportionnelle à la densité de l'air instantanée, à la surface de captation du vent et au cube de la vitesse du vent.

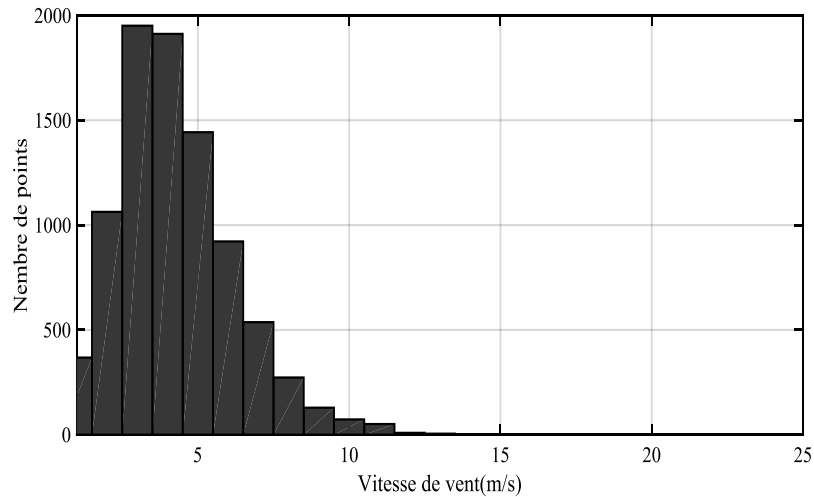


Figure II. 7 : Histogramme des fréquences et la courbe de Distribution real.

II.5.3. Distribution de Weibull:

Un outil très utilisé pour déterminer le potentiel énergétique en un point Géographique est la distribution suivant la loi de probabilité de Weibull. Cette Distribution permet de tracer la densité de probabilité de l'occurrence d'une valeur de vitesse de vent sur une période de temps (année, mois...).

Comme il est ardu de manipuler l'ensemble des données relatives à une distribution de la fréquence du vent, il serait plus convenable pour des considérations théoriques, de modéliser l'histogramme des fréquences des vitesses du vent par une fonction mathématique continue que par une table de valeurs discrète.

On peut donc opter pour le modèle de Weibull. En effet, pour des périodes allant de quelques semaines jusqu'à une année, la fonction de Weibull représente raisonnablement les vitesses observées

Il s'agit d'une fonction de densité de probabilité, s'exprimant sous la forme:[17]

$$F(v) = \frac{k_v}{c_v} \left(\frac{k_v}{c_v}\right)^{k_v-1} e^{-\left(\frac{v}{c_v}\right)^{k_v}} \quad (II.2)$$

L'expression (II.14) présente la fonction de distribution statistique de Weibull. Les paramètres k_v et C_v sont respectivement le facteur de forme (sans dimension) et le facteur d'échelle en [m/s] [18]

A partir des données mesurées, dans le site de Nasa, les résultats de l'ajustement par la distribution de Weibull et les valeurs des paramètres de Weibull ont été calculés dans

MATLAB par l'application de distribution fitting à 10 m du sol avec une vitesse moyenne du vent de $V_v=3.032\text{m/s}$.

Les valeurs du ($K_v=2.15574$ et $C_v=4.0699\text{m/s}$) sont calculées par la fonction du MATLAB en utilisant des mesures de vitesse de vent journalier à 10 m de hauteur pour une année.

La représentation de cette distribution sous MATLAB permet d'obtenir le graphe suivant :

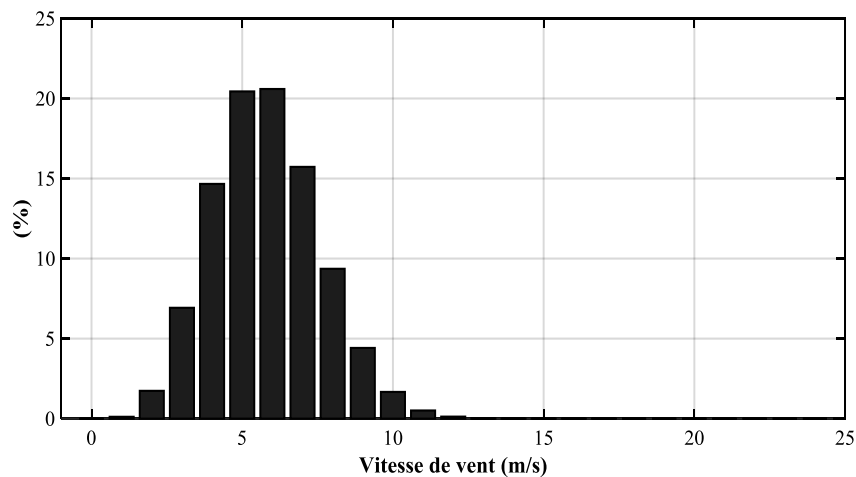


Figure II.2 : Histogramme des fréquences et la courbe de Weibull pour KHENCHELA.

La figure II. 7 montre une courbe de distribution réelle tracée à l'aide de la vitesse du vent horaire historique pour le site de la NASA (khenchela), Alors que la figure II. 8 montre la courbe de distribution de Weibull ajustée avec $c = 4.0699\text{m/s}$, $k = 2.15574$.

Dans une comparaison entre les deux figures, on remarque que la vitesse du vent ne diffère pas beaucoup entre elles.

L'ajustement de la courbe de Weibull est utilisé pour obtenir les facteurs d'amplitude et de forme à l'aide de données historiques sur la vitesse du vent. Comme le montre la figure, la distribution de Weibull ajustée est un modèle probabiliste approprié pour les données de vitesse du vent.

II.6.Calcul de l'énergie du vent annuelle du site étudié:

Pour déterminer la densité d'énergie éolienne disponible, il suffit de multiplier l'énergie éolienne P par la fonction de distribution du vent $f(V)$. Par la suite, le potentiel d'énergie éolienne E pendant la période de temps T (en ignorant le temps de maintenance) est déterminée par l'intégration suivant : [18]

$$E = T \int_{v_i}^{v_0} P(V)f(V)dv \quad (\text{II.3})$$

Pour une période d'un an, $T= 365*24\text{h}$ et en utilisant n points de données du vent, on peut déterminer l'énergie captée en utilisant la méthode des trapèzes :

$$E = T \sum_{i=1}^n [P(V_{i+1})f(V_{i+1}) + P(V_i)f(V_i)](V_{i+1} + V_i)/2 \quad (\text{II.4})$$

En appliquant la méthode vue précédemment à la vitesse du vent dans le logiciel MATLAB pour calculer l'énergie éolienne annuelle générée par une surface de 1m^2 , les résultats sont les suivants :

$$E= 401 \text{ KWh /m}^2\text{/an}$$

II.7. Besoins électriques domestique :

La consommation électrique de la maison étudiée a été évaluée en se basant sur la puissance nominale, le nombre et la durée de l'utilisation de chaque élément. (On suppose que l'année est divisée en deux saisons) Les résultats trouvés sont résumés dans le tableau :

Tableau II. 2: Estimation des besoins énergétiques journaliers d'une journée hivernale.

Appareil	Puissance(w)	Durée utilisation(h)	Consommation électriques (Wh /j)
Eclairage de chambre 01	75W	1h	75wh /J
Eclairage de chambre 02	75W	6h	450wh/J
Eclairage de chambre 03	10W	1h	10wh/J
Eclairage de chambre 04	10W	6h	60wh/J
Eclairage de cuisine	10W	6h	60wh/J
Eclairage de salle de bain	10W	1h	10wh/J

Eclairage de hall	10W	9h	90wh/J
Climatiseur	1000W	0h	0wh/J
Robot mixeur	300W	0,6h	180wh/J
Tv	74W	5h	370wh/J
Tv	75W	3h	225wh/J
Four micro-ondes	1500W	1,2h	1800wh/J
Réfrigérateur	229W	5h	1145wh/J
Machine à laver	475W	0,7h	332,5wh/J
Consommation quotidienne (Wh /J)		4807,75 WH/J	

Tableau II.3 : Estimation des besoins énergétiques journaliers d'une journée estivale.

Appareil	Puissance(w)	Durée utilisation(h)	Consommation électriques (Wh /j)
Eclairage de chambre 01	75W	1h	75wh /J
Eclairage de chambre 02	75W	3h	225wh/J
Eclairage de chambre 03	10W	1h	10wh/J
Eclairage de chambre 04	10W	4h	40wh/J
Eclairage de cuisine	10W	4h	40wh/J
Eclairage de salle de bain	10W	1h	10wh/J
Eclairage de hall	10W	6h	60wh/J
Climatiseur	1000W	4h	4000wh/J
Robot mixeur	300W	0,6h	180wh/J
Tv	74W	4h	296wh/J
Tv	75W	2h	150wh/J
Four micro-ondes	1500W	1,2h	1800wh/J
Réfrigérateur	229W	5h	1145wh/J
Machine à laver	475W	0,7h	332,5wh/J
Consommation quotidienne (Wh/J)		8363,5 WH/J	

La consommation TOTAL de la maison en été, elle est supérieure à la consommation TOTAL en hiver, c'est-à-dire pour l'utilisation intensive des unités de climatisation.

En lisant attentivement votre facture d'électricité :

Index nouveau: C'est l'index affiché par le compteur lors de la relève du trimestre précédent.

Index ancien: Index affichés par le compteur le jour de la relève du trimestre de facturation de la nouvelle période.

Différence entre les index: La différence entre l'index nouveau et l'index ancien faut faire la soustraction entre les deux pour avoir le résultat suivant :

(Vous pouvez apparaître sur les factures dans l'annexe ci-jointe.).

Tableau II.4 : Consommation trimestrielle et annuelle.

	Consommation Total de1^{er} trimestre (kWh) (Déc., Jan, Fév.)	Consommation Total de2^{eme} trimestre (kWh) (Mar, Avr, Mai)	Consommation Total de3^{eme} trimestre (kWh) (Jui, Jul, Out)	Consommation Total de4^{eme} trimestre (kWh) (Sep, Oct, Nov)
	332	408	226	474
Consommation journalière de Trimestre (KWH/j)	3.648	4.434	2.456	5.208
Consommation annuelle (KWh/an)	1440			
Consommation mensuelle (KWH/mois)	118.2			
Consommation journalière (KWH/j)	3,94			

II.8. Dimensionnement du système multi sources à énergie renouvelable étudié en utilisant la méthode itérative:

II.8.1. La méthode itérative :

Connue aussi sous le nom de méthode ‘Ampère-heure ’, cette méthode consiste à déterminer le nombre de panneaux photovoltaïque nécessaire pour satisfaire la demande, puis peu à peu à réduire ce nombre, tout en calculant le pourcentage des besoins énergétiques annuels fournis par le générateur PV et ainsi à compléter le reste par l'énergie fournie par un générateur complémentaire. En règle générale, ce dernier est un générateur diesel mais nous avons pu adapter la méthode pour une génératrice éolienne qui présente un impact écologique réduit. la démarche proposée est la suivante : [18]

II.8.1.1. Calcul de la puissance à produire :

Evaluation de la puissance à produire E_p pour satisfaire la demande :

$$E_p = E_c / k \quad (II.5)$$

Le coefficient k tient compte des facteurs suivant :

- Le point de fonctionnement des modules qui est rarement optimal et qui peut être aggravé par : la baisse des caractéristiques des modules, la perte de rendement des module dans le temps (vieillessement et poussières) ;
- le rendement des cycles de charge et de décharge de la batterie (85%) ;
- le rendement du chargeur et de l'onduleur (95%) ;
- les pertes dans les câbles et connexions (2%) ;

Tableau II.5 : Calcul de la puissance à produire E_p .

E_c annuelle (kWh)	E_c mois (kWh)	E_c jour (kWh)	K	$E_p = E_c / K$ (kWh/Anne)	$E_p = E_c / K$ (kWh/mois)	$E_p = E_c / K$ (kWh/j)
1440	120	3.94	(0,95) x(0,98) x(0,85)	1820.48040	149.4310	4.981036

Le Tableau II.5. Présente le calcul de la puissance à produire E_p (journalière, mensuelle, annuelle) d'après la consommation qui nous avons déduire.

II.8.1.2. Détermination de la capacité de stockage des batteries en cas d'insuffisance des sources renouvelables:

Le système de stockage d'énergie de secours est soigneusement dimensionné pour répondre à la demande de la charge dans les moments d'indisponibilité ou d'insuffisance de l'énergie dans un système hybride. Le dimensionnement de la batterie dépend des facteurs tels que la profondeur maximale de la décharge, la correction de la température, la capacité nominale de la batterie et la durée de vie de la batterie. La capacité de la batterie requise en ampère heure peut être calculée en utilisant l'équation suivante.

$$C_n = \frac{(E_p * N)}{DOD * f_t} \quad (II.6)$$

C_n: Capacité de la batterie en Ampère- heure (Ah)

E_p : Energie à produire par jour (Ah/J)

N : Nombre de jours d'autonomie. Il est de 7 jours en moyenne en France dans le cas d'un système photovoltaïque seul, pour pallier les jours mal ou non ensoleillés. Cependant, dans le cas d'une installation hybride, 3 jours de stockage sont suffisants en cas d'absence de vent et/ou de soleil. De plus, cette période est suffisante en cas de maintenance sur les composants du système hybride PV-éolien. [18]

DOD: Profondeur de décharge maximale admissible par les batteries (70% pour les batteries au plomb)

F_t: Facteur de réduction de température:

$$f_t = \frac{C}{C_0} = 0.01035 * T_a + 0.724 \quad (II.7)$$

Ou **C** est la capacité de la batterie à la température **T_a** (en °C) et **C₀** est la capacité de la batterie évaluée à 27°C.

La capacité à retenir correspond à la capacité nominale disponible sur le marché et qui respecte les résultats de calcul de la plupart des mois. [18]

Application numérique

Facteur de réduction de température :

$$F_t = 0,01035 * T_a + 0,724 \quad / \quad T_a = 24^\circ\text{C} \quad (\text{II.8})$$

$$F_t = 0,9724$$

Le Tableau II.6 : présente le calcul de la capacité de la batterie.

Ep =Ec/K (KW/jour)	4.981036
N	3 Jours
DOD	0.7
Cn =(Ep*N)/(DOD*Ft) (KW)	21.975
Tension de bus	48
Cn (AH)	457.8125
Cu batterie	100
N parallèles	4.57812

II.8.1.3.Calcul de la puissance crête nécessaire Pc du générateur photovoltaïque :

Il se fait de la manière suivante :

$$P_C = \frac{E_p}{\eta_{pc} * T_{sun}} \quad (\text{II.9})$$

Avec :

Ep: énergie produite par jour (Wh/J)

η_{pc}: facteur de dégradation (en général égal à 0,9)

T_{sun}: Temps équivalent avec pleine irradiation (heure par jour)

La formule pour calculer les heures d'ensoleillement maximum:

1 heure d'ensoleillement maximum = 1000 W/m² d'ensoleillement par heure.

$$T_{sun} = \frac{\text{Irradiations globales}(w)}{1000W/m^2} \quad (\text{II.10})$$

Le Tableau II. 7 : Présente le calcul les heures d'ensoleillement dans les 12mois.

Mois	Jan.	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Irradiations globales	2480	3390	4420	5420	6360	9900	7210	6070	4810	3600	2660	2220
Tsun=	2.48	3.39	4.42	5.42	6.36	9.90	7.21	6.07	4.81	3.60	2.66	2.22

Le Tableau II.8 : Présente le calcul de la puissance crête de champ PV dans les 12mois.

Ep=Ec/K (KW/jour)	facteur de dégradation	Mois	Tsun(h)	Pc (KW)	Pc (W)
4.981036 ≈5	0,9	1	2.48	2.24014	2240.14
		2	3.39	1.63886	1638.86
		3	4.42	1.25691	1256.91
		4	5.42	1.02501	1025.01
		5	6.36	0.87351	873.51
		6	9.90	0.56116	561.16
		7	7.21	0.77053	770.53
		8	6.07	0.91524	915.24
		9	4.81	1.15500	1155.00
		10	3.60	1.54320	1543.20
		11	2.66	2.08855	2088.55

		12	2.22	2.50250	2502.50
--	--	----	------	---------	---------

II.8.1.4 .Détermination du nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire :

Ce nombre se calcule de la manière suivante :

$$N = \frac{P_c}{P_{cu}} \quad (\text{II.11})$$

N : Nombre de panneaux

P_{cu} : puissance crête unitaire panneau

Le tableau II.9 : Déterminé le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire chaque mois.

Mois	Pc (W)	Pc unitaire	N module	N module
1	2240.14	355	6.310	7
2	1638.86		4.616	5
3	1256.91		3.540	4
4	1025.01		2.887	3
5	873.51		2.460	3
6	561.16		1.580	2
7	770.53		2.170	3
8	915.24		2.578	3
9	1155.00		3.253	4
10	1543.20		4.347	5
11	2088.55		5.883	6
12	2502.50		7.049	8

Le tableau II.10 : Déterminé le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire chaque Trimestre.

Mois	Ec (kWh /j)	Ep (kWh)	Tsun(h)	Pc(w)	N module
Janvier	3.648	4.61188	2.48	2066.25	5.82
Février			3.39	1511.59	4.25
Mars	4.434	5.60556	4.42	1409.14	3.96
Avril			5.42	1149.15	3.23

Mai			6.36	979.3	2.75
Juin	2.456	3.10493	9.90	348.47	0.98
Juillet			7.21	478.49	1.34
Août			6.07	568.35	1.60
Septembre	5.208	6.58407	4.81	1520.92	4.28
Octobre			3.60	2032.12	5.72
Novembre			2.66	2750.23	7.74
Décembre	3.648	4.61188	2.22	2308.24	6.50

Avec

Ec : Consommation journalière de Trimestre (KWH/j)

Ep : La puissance à produire journalière de Trimestre en (kWh/j)

II.8.1.5 . Déduction du nombre de panneaux photovoltaïques pour couvrir les besoins énergétiques annuels :

Il faut calculer l'énergie annuelle produite pour chaque nombre de panneaux en fonction du calcul mensuel puis choisir le nombre à installer en tenant compte des critères suivants :

- Minimiser le coût économique sur cycle de vie.
- Assurer le pourcentage de production photovoltaïque souhaité en évitant un excès de production d'énergie trop important (**qq %**).

Tenir compte de l'encombrement. Ainsi, il est préférable d'opter pour un nombre de panneaux dont la surface ne dépasse pas 10-15m² pour qu'ils s'intègrent à la toiture d'une majorité d'habitats résidentiels et que l'on puisse bénéficier des tarifs de rachat de l'électricité avec une puissance installée inférieure à 3 KW. [18]

On choisit un nombre des modules PV égale à 8 modules.

Tableau II.11 : L'énergie produite annuellement, Lors de l'utilisation de 8 panneaux photovoltaïques.

Mois	N module	Pc unitaire (W)	Energie (Wc)	Tsun (h)	□ facteur de dégradation	Ep PV (KW/Mois)
1				2.48		242.5991
2				3.39		310.22266
3				4.42		432.37422

4	8	355	2840	5.42	0.9	513.09333
5				6.36		622.14933
6				9.90		937.2
7				7.21		705.29822
8				6.07		593.7808
9				4.81		455.34666
10				3.60		352.16
11				2.66		251.81333
12				2.22		217.16533
Ep PV total (kWh /m² /an)						5636.18

Le tableau II.11 représente la méthode de calcul d'une étape clé de la méthodologie basée sur l'énergie produite annuellement, Lors de l'utilisation de 8 panneaux photovoltaïques, la batterie génère l'essentiel de l'énergie excédentaire à 20%.

$$E_p \text{ charge} = 5 \text{ KWH} * 365 \text{ jours} = 1825 \text{ KWH/AN}$$

$$E_{pPV} - E_p \text{ charge} = 20\%.$$

Par conséquent, afin de choisir le bon nombre de panneaux pour le système, nous calculons le nombre moyen de panneaux par an.

$$\text{Valeur moyenne du N module} = \sum N \text{ module} / 12$$

$$N_{\text{moy}} = 4.4166 = 5 \text{ Module}$$

Le tableau II.12 :Ci-dessous présente le calcul de l'énergie annuelle générée lors de l'utilisation de 5 panneaux photovoltaïques.

Mois	N module	Pc unitaire (W)	Energie (Wc)	Tsun (h)	☐ facteur de dégradation	E _{ppv5} (KWh/mois)
1				2.48		151.624
2				3.39		193.889
3				4.42		270.233
4				5.42		320.683

5	5	355	1775	6.36	0.9	388.843
6				9.90		585.75
7				7.21		440.811
8				6.07		371.113
9				4.81		284.591
10				3.60		220.1
11				2.66		157.383
12				2.22		135.728
Ep PV total (kWh /m² /an)						3520.73

Tableau II.12 Représente l'énergie produite annuellement, Lors de l'utilisation de 5 panneaux photovoltaïques.

D'après le dimensionnement donné par le tableau II.10 qui détermine les nombres des modules en fonction de la consommation trimestrielle on détermine que les mois de Janvier, octobre, novembre et décembre on va avoir un manque d'énergie car dans ces mois il faut au moins 6 module pour le mois de janvier 6 pour octobre et 8 pour novembre et 7 pour décembre. En plus, la consommation dans ces mois a tendance d'être la plus grande consommation d'énergie. Donc l'utilisation de cinq panneaux ne couvre pas toute la consommation d'énergie de ces mois.

Le tableau II.13 ci-dessous présente le calcul de l'énergie mensuelle manquante nécessaire. Cette dernière doit être compensée par la source complémentaire (éolienne).

Tableau II.13 : calcul de l'énergie mensuelle manquante nécessaire.

Mois	N module	Pc unitaire (W)	Energie (Wc)	Tsun (h)	□ facteur de dégradation	Ep PV (KWh/mois)	Ep_{pv}- Ep_{pv5}
1	7	355	2485	2.48	0.9	212.27	60.65
10	6		2130	3.60		264.12	44
11	6		2130	2.66		188.86	31.48
12	8		2840	2.22		217.16	81.44

$E_{p_manquante_total}$ (kWh /m ²)		216.46
--	--	--------

II.8.1.6. Calcul de la contribution en énergie de la part de la source complémentaire (éolienne) :

A ce stade, il faut s'assurer de la continuité de fourniture de l'énergie pour toutes les saisons et tous les jours, c'est un critère important dans tout le processus de conception du système hybride.

L'énergie restant à couvrir par l'éolienne est évaluée selon la formule suivante :

$$E_{p_{wt}} = E_{p_{Manquante_totale}} * \frac{1.2}{0.95} \quad (\text{II.12})$$

Où :

$E_{p_{wt}}$ est la production annuelle de l'éolienne en kWh/an,

$E_{p_{Manquante_totale}}$ Etant le manque d'énergie enregistré annuelle enregistrée lors de réduction des panneaux PV.

Les coefficients 1,2 et 0,95 correspondent respectivement au ratio de la tension de charge par rapport à la tension nominale de la batterie (en considérant un rendement de charge de la batterie de 0,85 et un rendement du chargeur de 0,95) et au rendement du convertisseur AC-DC mis entre la génératrice de l'éolienne et les batteries. [18]

On duit alors que $E_{p_{wt}} = 273.46 \text{ kWh/an}$.

II.8.1.7. Dimensionnement de la surface des pales de l'éolienne:

Le dimensionnement de l'éolienne revient à chercher la surface $S_{éol}$ balayée par le rotor qui assure le besoin énergétique pour soutenir la production photovoltaïque :

$$S_{éol} = E_{p_{wt}} / (0.2 * P_{wind}) \quad (\text{II.13})$$

Où 0,2 étant le rendement global de la chaîne de conversion éolienne (η_t) et P_{wind} la densité d'énergie annuelle du vent exprimée en kWh/m²/an.

Tableau II.14 : Dimensionnement de l'éolienne.

$E_{p_{wt}}$	$\square t$	P_{wind} (kWh/m ² /an)	A_{wt} (m ²)
273.46	0,2	401	3.41

Après le calcul de l'énergie du vent annuelle du site étudié avec la distribution de Weibull le tableau II.14 Représente le calcul de la surface balayée par le rotor qui assure le manque énergétique annuel.

II.8.1.8. Répétition des étapes (5, 6,7):

Les étapes vue dans les sections.(5,6,7) peuvent être répétées avec différents nombres de panneaux jusqu'à ce que l'on aboutisse au dimensionnement adéquat qui réponde à la plupart des critères exigés par le concepteur et décrits dans la procédure de l'étape 5.

II.8.2 .Dimensionnement du régulateur :

Le dimensionnement du régulateur consiste à déterminer la puissance, la tension et l'intensité admissible. Le choix de ses trois (3) paramètres se fait de la façon suivante

- La puissance du régulateur (P_{reg}) doit être supérieure à la puissance crête (P_c) installée. ($P_{reg} > P_c$).
 - $P_c \text{ unitaire} * \text{Nombre du module} = 355 * 5 = 1775 \text{ W}$
- La tension du régulateur doit être identique à la tension du générateur PV ou du Champ photovoltaïque U_{PVC} ($U_{reg} = U_{PVC}$).
 - $U_{PVC} = 34.7 * 5 = 173.5V$.
- Le régulateur doit supporter une intensité supérieure au courant maximal du champ PV ou du générateur. Il doit aussi supporter le courant maximum appelé par les récepteurs. ($I_{reg} > I_{max-PVC}$ et $I_{reg} > I_{max-recept}$).
- Intensité du régulateur :

$$I_{reg} = P_c \text{ installée} / U_{PVC} \quad (II.14)$$

Donc :

Entrée PV :

$$I_{reg} = 1775 / 173.5 = 10.23A$$

Sortie charge :

$$I_{reg} = 1775 / 48 = 36.97A = 40A$$

II.8.3. Dimensionnement du régulateur AC/DC (cote éolienne) :

$$P=1/2.\rho C_p .S.V^3 \quad (\text{II.15})$$

$$P = (1/2) (1,225) (1) (0, 35) (10)^3$$

$$P=214, 37 \text{ Watt}$$

Donc :

$$I_{\text{reg}}= 214,37/48= 4.46\text{A}$$

II.8.4. Dimensionnement de l'onduleur:

Le choix de l'onduleur se fait à partir des paramètres ci-dessous:

- Sa puissance dépend des charges alternatives fonctionnant simultanément
- Il doit pouvoir supporter les surcharges lorsque toutes les charges sont fonctionnelles
- La puissance de l'onduleur est supérieure ou égale à la puissance des charges ($P_{\text{ond}} \geq \text{Puissance des charges}$); Ils sont conseillés que la puissance nominale de l'onduleur soit environ 2 à 3 fois supérieure à la puissance des appareils à alimenter.
- Le rendement d'un onduleur doit être au moins de 90% ; $\eta_{\text{ond}} = 0,9$
- La puissance de l'onduleur peut être obtenue de la façon suivante [19] :

$$P_{\text{ond}} = \text{Puissance des charges} / \eta_{\text{ond}} \quad (\text{II.16})$$

$$\text{Puissance des charges}=5000\text{W}$$

$$P_{\text{ond}}=5000/0.9=5555.5 \text{ W}$$

$$I= P_{\text{ond}}/U_{\text{ch}} = 5555.5/48 = 115.73 \text{ A.}$$

Coût alternatif:

$$I= P_{\text{ond}}/U_{\text{ch}} = 5555.5/220= 25.25\text{A.}$$

II.8.5. Dimensionnement des câbles:

Les sections des câbles dans un réseau dépendent principalement de l'intensité du courant qui y transite et par conséquent de la chute de tension, celle-ci ne devant pas dépasser un seuil limite.

En effet une chute de tension trop importante dans les câbles peut réduire considérablement le courant de charge de la batterie et entraîner un mauvais fonctionnement de l'ensemble du système. [19]

Tableau II.15 : Chute de tension autorisée dans une installation BT.

	Eclairage	Autres usages (Forces motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé HT/BT.	6%	8%

BT : Basse Tension (<1000V).

HT : Haut Tension.

Dans une installation domestique recommande de ne pas dépasser 3% de chute de tension.

La chute de tension dans les câbles se calcule de la manière suivante :

$$\Delta U = R * I \text{ ou } R = r * L / S \quad (\text{II.17})$$

ΔU : Chute de tension dans ($\Delta U = 3\%$).

I : Courant du câble en (A).

S : section du câble en (m^2).

$$S = (\rho * 2L) / R \quad (\text{II.18})$$

ρ : Conducteurs en cuivre ($\rho = 1.678 * 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$).

L : Longueur du câble en (m).

R : Résistivité du câble en (Ω).

a) Entre le boîtier de raccordement des panneaux :

$$\Delta U_{\text{max}} = \Delta U * U_{\text{pvc}} = 34.7 * 0.03 = \mathbf{1.041V}$$

$$I = 355 / 34.7 = 10.23 \longrightarrow R = \Delta U_{\text{max}} / I = 1.041 / 10.23 = \mathbf{0.10 \Omega}$$

Donc:

$$S = (\rho * 2L) / R = 0.01678 * 2 * 5.5 / 0.10 = \mathbf{1.845 \text{mm}^2}$$

b) Entre les panneaux et l'onduleur :

$$\Delta U_{\text{max}} = 48 * 0.03 = \mathbf{1.44V}$$

$$R = \Delta U_{\text{max}} / I = 1.44 / 106 = \mathbf{0.0135 \Omega}$$

$$S = (\rho * 2L) / R = 0.01678 * 2 * 2 / 0.0135 = \mathbf{5 \text{mm}^2}$$

c) Entre les batteries et l'onduleur :

$$R = 0.036$$

$$S = (\rho * 2L) / R = 0.01678 * 2 * 10 / 0.036 = \mathbf{10 \text{mm}^2}$$

d) Entre l'onduleur et la charge :

$$\Delta U_{\max} = 220 * 0.03 = \mathbf{6.6V}$$

$$R = \Delta U_{\max} / I = 6.6 / 25.25 = \mathbf{0.2613 \Omega}$$

$$S = (\rho * 2L) / R = 0.01678 * 2 * 20 / 0.2613 = \mathbf{3 \text{ mm}^2}$$

e) **Entre le redresseur et les batteries:**

$$\Delta U_{\max} = 48 * 0.03 = \mathbf{1.44V}$$

$$R = \Delta U_{\max} / I = 1.44 / 4.46 = \mathbf{0.32 \Omega}$$





$$S = (\rho * 2L) / R = 0.01678 * 2 * 10 / 0.32 = \mathbf{1.04 \text{ mm}^2}$$

II.9. Choix des composants du système :

En tenant compte des caractéristiques des différents éléments dimensionnés pour chaque Système PV et des catalogues des constructeurs, nous pourrions choisir aisément de manière Spécifique les équipements adéquats à utiliser en tenant compte des coûts et de la qualité




Le tableau représente les principales caractéristiques des batteries qui ont été sélectionnées:

Tableau II.16 : Cout et caractéristiques des batteries.

Manufacturer	Type	Capacité (Ah)	Tension nominale	Température (c°)	Durée de vie	Prix
 victron energy BLUE POWER	AGM	100Ah	12V	30°	4 ans	326€
 TROJAN BATTERY COMPANY	Scs150	100Ah	12V	50°	4ans	200€
 PowerSafe®	SBS-100F	100Ah	12V	-40°_50°	2ans	330€
 YANGTZE BATTERY	Sealed Gel	100ah	12V	0_59°	3ans	92€








Parmi les différents types de batteries cités ci-dessus, nous avons choisi Trojan AGM Battery. Nous l'avons choisi dans notre projet car ses caractéristiques techniques et économiques conviennent à notre projet envisagé, ainsi que la possibilité de le reconnaître dans des programmes de simulation.

Tableau II.17: Cout et caractéristique des éoliennes.

			
Caractéristique	Aeolos-V	FK-2000	Aeolos-H
Puissance	1kw	2kw	1kw
Diamètre du rotor	2.8m	2.9m	3.2m
Vitesse du vent au démarrage	1.5m /s	2.5m/s	2.5m /s
Vitesse du vent nominale	10m/s	10m/s	25m/s
Durée de vie	20ans	20ans	15ans
Prix	4118.77€	2500€	1 691€

Trois (03) éoliennes ont été retenues pour la détermination de la puissance électrique d'origine éolienne : **Aeolos-V**, **FK-2000** et **Aeolos-H**, et leur puissance nominale (Pn) est de 1 KW, 2KW et 1KW. Respectivement, nous avons choisi l'éolienne **Aeolos-H**, au prix de 1691 euros. Dans notre projet pour son faible coût, car il est à la mesure de notre projet étudié.

Tableau II.18 : Cout et caractéristiques panneaux photovoltaïques.

				
Manufacture Caractéristique		SUNPOWER®		


Type	Poly-cristalline	SPR-MAX3-355-BLK	Monocristalline silicone	Monocristalline silicone
V _{co} (v)	46.8	74.3	47.45	46.9
I _{cc} (A)	9.59	6.49	9.69	9.68
P _m (w)	355	355	355	350
Dimension (mm)	2000 X 992 X 35	1690X1046X40	1960 X 991 X 40	1.956 X 991 X 45
Rendement %	17.89	20.1	18.28	18.6
Durée de vie	25ans	25ans	20ans	25ans
Prix	129€	148€	317€	105€

Le tableau II.18 montre les différentes caractéristiques de certains panneaux solaires sélectionnés auprès de différentes entreprises et disponibles sur le marché à différents prix.

Le conseil approprié est sélectionné en fonction des besoins de la maison.


II.9.1. Choix technico-économique des convertisseurs de puissances :

Tableau II.19 : Caractéristiques régulateur choisi.

				
Régulateur solaire				
ALLPOWERS				
Tension de la batterie (v)	Tension de sortie (v)	Courant de décharge (A)	Dimension (m)	Prix
12-24V	3 à 35	20	0.15 * 0.008 * 0.03	15€



Le tableau II.19 présente les différentes caractéristiques du régulateur de marque ALLPOWERS rencontrées sur les marchés électroniques. Et ses caractéristiques correspondent à notre projet bien pensé, notamment en termes de coût.

Tableau II.20 : Cout et caractéristiques du convertisseur Onduleur.

 <p>Fronius Symo 4.5-3-S</p>						
Tension d'entrée (v)	AC Courant de sortie (A)	P (Kw)	Dimension (m)	Rendement	Durée de vie	Prix unitaire (€)
1000	6.5	4.5	645*431*204	98%	10ans	1083€

Le tableau II.20 montre les différentes caractéristiques d'un onduleur de la marque **Fronius Symo** trouvé dans les marchés électroniques. Le prix est de **1083 €**. le prix de l'onduleur est le point de différence dans le coût du projet parce que son prix est le plus élevé, mais nous l'avons choisi dans notre projet car ses caractéristiques techniques et économiques sont à la mesure de notre projet étudié ainsi que de la possibilité de l'identifier dans le logiciel de simulation.

Tableau II.21 : Cout et caractéristiques d'un Redresseur de 2 KW.

 <p>Redresseur</p>  <p>SMARAAD</p>						
Tension	Courant	P	Dimension (m)	Rendement	Durée	Prix

nominal (v)	(A)	(Kw)			de vie	unitaire (€)
48	20	2	0.15*0.13*0.04	80%	6ans	118€

Le tableau II.21 présente les différentes caractéristiques des redresseurs de marque SMARAAD sur le marché de l'électronique. Nous avons choisi ce redresseur pour notre projet car ses propriétés techniques et économiques sont à la mesure du projet que nous étudions.

II.10.Conclusion :

A la fin de ce chapitre, sur la base des données météorologiques de KHENCHELA et de la courbe de charge de la maison étudiée, nous avons effectué des calculs manuels selon une méthode itérative pour dimensionner notre système qui nous a aidés à déterminer les principaux composants du système et leurs caractéristiques ainsi que leurs connections.

Les résultats de ce dimensionnement ont conduit à la vérification de leur exactitude avec la possibilité de mettre en œuvre le projet sur le terrain grâce au programme de simulation "Homer" qui a été choisi pour être utilisé dans le chapitre suivant.

Chapitre III:

**Dimensionnement d'un
système multi-sources à
énergies renouvelables à
l'aide du logiciel Homer**

III.1. Introduction:

Les logiciels du dimensionnement sont des outils indispensables pour l'analyse et la comparaison des différentes combinaisons possibles des sources utilisées dans les systèmes multi sources.

Dans ce chapitre nous dimensionnerons et nous montrerons les étapes de calculs effectués par le logiciel 'HOMER'. Nous allons recueillir les résultats obtenus et nous allons compléter notre dimensionnement par une évaluation du coût du projet. A la fin de ce chapitre une comparaison entre les calculs obtenus par la méthode itérative et les calculs obtenus par le logiciel HOMER a été effectuée.

III.2. Présentation de l'outil de simulation :

Homer est un logiciel développé pour des systèmes de production d'énergie de petites puissances. Il permet de faire des simulations de systèmes avec des énergies renouvelables et avec des énergies fossiles. Un de ses grands atouts est la possibilité de pouvoir simuler des systèmes hybrides combinant différentes sources d'énergie qu'elle soit renouvelable ou fossile. La première version a été développée en 1992 pour NREL (US National Renewable Energy Laboratory). [20]

Le logiciel permet de faire la simulation d'un système selon des données de gisement (solaire, éolien, diesel, etc.) en fonction d'une demande énergétique (besoins en énergie). Par la suite, il est possible d'analyser plusieurs configurations différentes pour ce même système afin d'en obtenir un système optimisé au niveau du coût. [20]

Pour simuler une installation donnée, il faut définir tous les éléments de cette dernière, en utilisant les composants définis dans la bibliothèque du logiciel (turbines éoliennes, hydrauliques, les batteries, électrolyseurs, combustibles, biomasse...) par la commande Add/Remove. Si un composant donné ne figure pas dans cette bibliothèque, il faut le rajouter en introduisant toutes ces caractéristiques techniques ainsi que son coût, il faut aussi spécifier le nombre de chaque composant dans l'installation à simuler. On peut aussi modifier les caractéristiques d'un composant déjà existant dans la bibliothèque. Les potentiels renouvelables (éolien, solaire, biomasse...) sont introduits soit manuellement, soit importés via internet ou d'un fichier texte. Les charges sont définies par leur nature (CA ou CC) et leur distribution horaire.

III.3. Simulation à l'aide de logiciel Homer :

Un modèle de système multi-sources a été introduit dans le logiciel, comprenant des options pour la disponibilité technique, le coût des composants et la disponibilité des ressources, avec des calculs de bilan énergétique pour chaque configuration SEH considérée. [21]

III.3.1. Localisation de notre site :

La maison de notre étude est située à Khenchela dans l'est de l'Algérie avec les coordonnées géographiques suivant ($35^{\circ}436$ N $7^{\circ}143$ E).

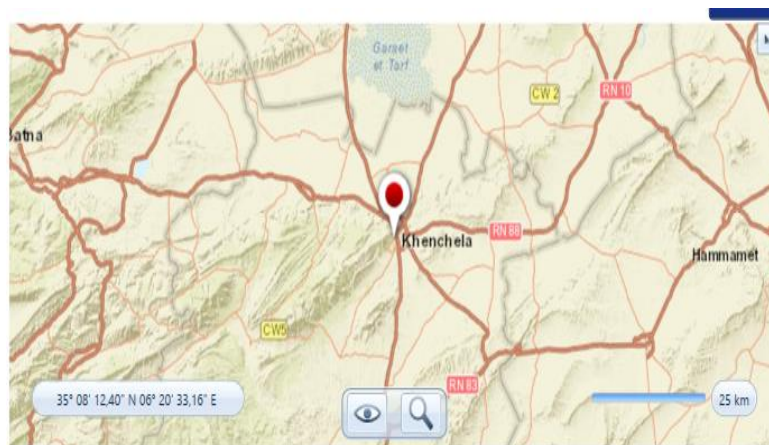


Figure III.1 : Situation géographique de site étudiée.

III.3.2. Données météorologiques :

Le logiciel Homer tire ses données du site internet de la NASA à partir de l'emplacement géographique de site étudiée.

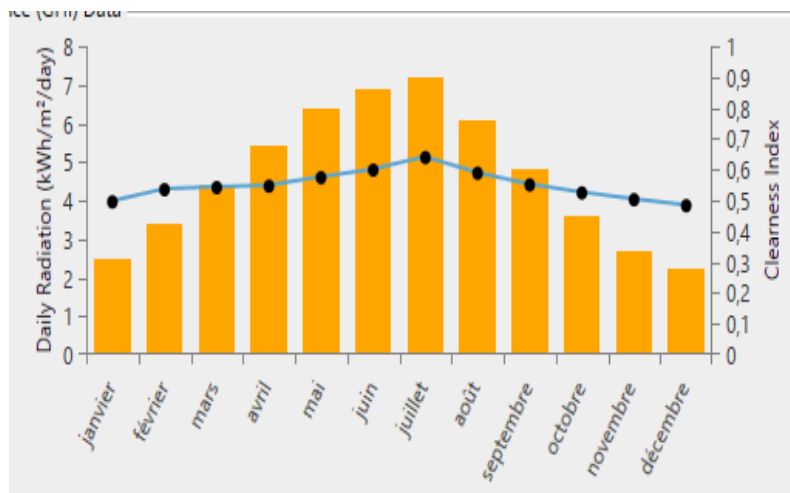


Figure III. 2 : Globale irradiation horizontale mensuelle de KHENCHELA.

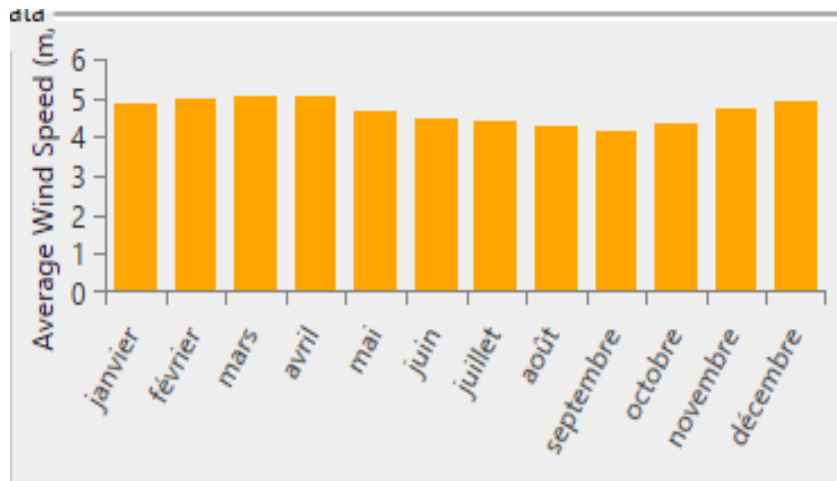


Figure III.3 : Vitesse moyenne mensuelle du vent de KHENCHELA.

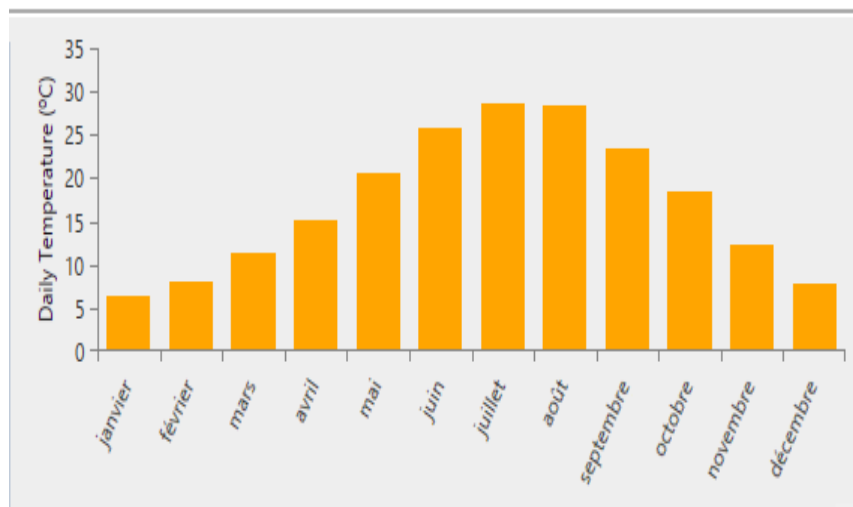


Figure III.4 : Température moyenne mensuelle de KHENCHELA.

Les figures III.2, III.3 et III.4 représentent les principaux données météorologiques des ressources renouvelables (irradiation, vitesse du vent, température). Les valeurs moyennes annuelles de ses résultats sont données comme suit:

- Irradiation annuelles: **4.62 KWh/m²/jour.**
- Vitesse du vent moyenne annuelle: **5.07 m/s.**
- Température annuelle: **17.17°C.**

III.3.3. Elaboration du schéma du système multi-sources à énergies renouvelables :

Des simulations de systèmes multi-sources dans l'environnement HOMER ont été réalisées pour répondre à des objectifs bien définis, tels que l'ajout de sources supplémentaires

basées sur des sources d'énergie renouvelables (éoliennes dans cet article), et pour démontrer leur faisabilité et mettre en œuvre la configuration choisie.

La figure III.5 montres le schéma de principe du système multi-sources introduit dans le logiciel HOMER.

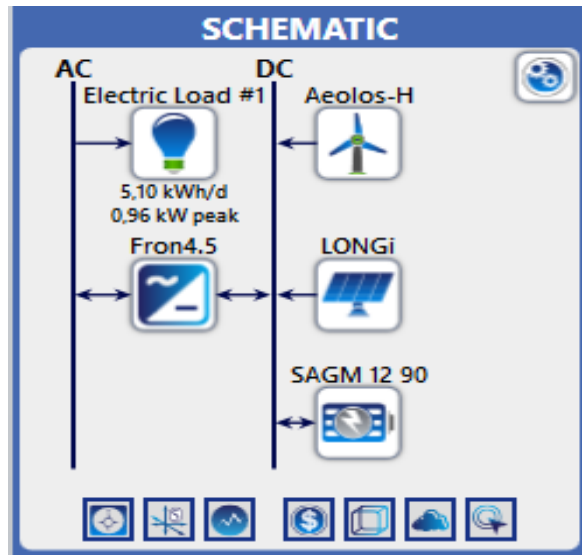


Figure III.5 : Architecteur du système multi-sources sous le logiciel Homer.

III.3.4. Profil de la charge :

Après des bilans horaires et au jour le jour de consommations journalières obtenues à partir des index des compteurs des logements étudiés, nous avons importé les données traitées dans le logiciel Homer pour calculer les consommations journalières, mensuelles et annuelles.



Figure III.6: Profil de charge.

La consommation moyenne journalière est égale à 11.26KWh/jour avec un pic de 2.09KW.

III.3.5. Paramètre du champ PV :

Le logiciel Homer permet le choix d'une marque d'un panneau solaire dans sa bibliothèque interne, il permet aussi l'ajout d'une autre marque qui n'est pas incluse dans sa bibliothèque (figure III.7).

Capacity (kW)	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	105,00	105,00	15,00

Figure III.7 : Paramètres du champ PV.

Le prix du kW des panneaux solaires peut être ajouté dans cette fenêtre (figure III.7).

III 3.6 .Paramètres de l'éolienne :

Nous avons choisi une éolienne fabriquée par **Aeolos-H** d'une puissance de 1 kW (Figure III.8).

WIND TURBINE

Name: Aeolos-H1 kW Abbreviation: Aeolos-

Remove Copy To Library

Properties

Name: Aeolos-H1 kW
 Abbreviation: Aeolos-H
 Rated Capacity (kW): 1
 Manufacturer: Generic
homeranorm.com

Costs

Quantity	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	1 691,00 €	1 700,00 €	15,00 €
Click here to add new item			

Multiplier: [-] [+] [+]

Site Specific Input

Lifetime (years): 25,00 [-] [+] Hub Height (m): 9,00 [-] [+] Consider ambient temperature effects?

Quantity Optimization

HOMER Optimizer™
 Search Space

Quantity: 1

Electrical Bus

AC DC

Figure III.8 : Paramètres de l'éolienne.

Le prix unitaire de l'éolienne peut être ajouté dans cette fenêtre (Figure III.8).

III.3.7. Paramètres des batteries solaires:

Les batteries solaires à base des du DEEP CYCLE SOLAR ont été choisi et ajouté dans la partie stockage (Storage) du logiciel Homer. Ce sont des batteries génériques (TROGAN) qui ont une capacité de 1kWh et une tension nominale de 12V Figure III.9.

La tension de Bus continu est égale à 48V elle est configurée à l'aide de la case string size en choisissant quatre batteries misent en parallèle.

STORAGE

Name: Trojan SAGM 12 90 Abbreviation: SAGM 1

Remove Copy To Library

Properties

Kinetic Battery Model
 Nominal Voltage (V): 12
 Nominal Capacity (kWh): 1.2
 Maximum Capacity (Ah): 100
 Capacity Ratio: 0.579
 Rate Constant (1/hr): 0.343
 Roundtrip efficiency (%): 85
 Maximum Charge Current (A): 18
 Maximum Discharge Current (A): 223
 Maximum Charge Rate (A/Ah): 1
www.trojanbattery.com
 Deep Cycle Solar AGM Battery

Batteries

Quantity	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	200,00	200,00	0,00

Lifetime: throughput (kWh): 595,40 [-] [+] More...

Site Specific Input

String Size: 4 Voltage: 48 V

Initial State of Charge (%): 100,00 [-] [+]
 Minimum State of Charge (%): 20,00 [-] [+]

Quantity Optimization

HOMER Optimizer
 Search Space
 Advanced

Upper: 16
 Lower: 4
 Base: 0

Figure III.9 : Paramètre des batteries solaires.

Le prix unitaire des batteries peut être ajouté dans cette fenêtre *Figure III.9*.

III.3.8. Paramètres du convertisseur :

Le convertisseur choisi dans Homer a une puissance de sortie de 5kW de la marque **Fronius Symo 4.5-3-S**.

The screenshot shows the 'CONVERTER' configuration window in HOMER. At the top, the selected inverter is 'Fronius Symo 4.5-3-S' with an abbreviation of 'Fron4.5'. The 'Name' field contains 'Fronius Symo 4.5-3-S' and the 'Abbreviation' field contains 'Fron4.5'. There are 'Remove' and 'Copy To Library' buttons. Below this is a 'Complete Catalog' button. The 'Properties' section on the left lists the name, abbreviation, and technical data for the 'Fronius Symo 4.5-3-S', including notes about grid-following, PV-dedicated inverter, and internet interface. The 'Costs' section features a table with columns for Capacity (kW), Capital (€), Replacement (€), and O&M (€/year). The table contains one entry: Capacity 5, Capital 1 496,00 €, Replacement 1 496,00 €, and O&M 10,00 €. Below the table is a 'Multiplier' section with three input fields. The 'Capacity Optimization' section has two radio buttons: 'HOMER Optimizer™' (unselected) and 'Search Space' (selected). Below this is a 'Size (kW)' input field with the value '5'. The 'Inverter Input' section includes 'Lifetime (years): 10,00', 'Efficiency (%): 97,20', and a checked box for 'Parallel with AC generator?'. The 'Rectifier Input' section includes 'Relative Capacity (%): 0,00' and 'Efficiency (%): 0,00'. A small note at the bottom states: 'Could not connect to the Internet. Some features will be unavailable.'

Figure III.10 : Paramètres du convertisseur.

Le prix d'un kW du convertisseur peut être ajouté dans cette fenêtre *Figure III.10*.

III 4. Résultats et discussion de la simulation :

Les résultats générés par le logiciel HOMER peuvent être affichés sous la forme d'une liste de configurations possibles triées par coût du cycle de vie. Il affiche également les résultats de la simulation sous forme de tableaux et de graphiques. Résultats de simulation liés aux différentes parties du système de production d'électricité. [22]

III 4.1. Configurations du system multi-sources en fonction du coût net actuel:

Les résultats de simulation pour HOMER sont présentés en termes de combinaisons réalisables (configurations) (techniques et économiques) des éléments définis dans l'installation, avec des configurations triées par ordre croissant de valeur actuelle nette (NPC).

Pour chacune de ces solutions possibles, HOMER fournit tous les paramètres de fonctionnement des composants et de l'ensemble de l'installation.

The screenshot shows the HOMER software interface with two main sections: 'RESULTS' and 'Optimization Results'. Both sections display a table with columns for 'Architecture' and 'Cost'. The 'RESULTS' section has a warning icon and buttons for 'Export...', 'Export All...', 'Compare Economics', and 'Column Choices...'. The 'Optimization Results' section has an 'Export...' button and radio buttons for 'Categorized' and 'Overall'. The table data is as follows:

Architecture					Cost				
LONGi (kW)	Aeolos-H	SAGM 12 90	Fron4.5 (kW)	Dispatch	COE (€)	NPC (€)	Operating cost (€/yr)	Init	
1,44	1	16	5,00	CC	0,428 €	10 292 €	290,39 €	6 5	

Figure III.11: Résultats proposés par Homer.

La figure III.11 montre l'architecture optimale trouvée par le logiciel Homer. Cette architecture est composée par :

- Un champ PV de 1.44kW.
- Une éolienne AEOLOS-V de 1kW.
- Un pack de batteries solaire d'une capacité énergétique du 16 KWh.
- Un convertisseur CC-CA de 5 kW

Les résultats de simulation sont fournis sous la forme d'une liste des configurations, classées par le coût net actuel (appelé le coût du cycle de vie). Ce coût permet de comparer les différentes options pour la conception du système. Les résultats fournissent aussi une évaluation du système du point de vue énergétique.

On présente de nombreux détails techniques et économiques pour la conception la plus rentable PV/ éolien /convertisseur/batteries.

III.4.2. Production et la consommation d'énergie électrique :

Tableau III. 1: Energie annuelle produite sur Homer.

Composant	Production (KWh/ans)	Fraction
PV	2313	73.2 %
Éolienne	846	26.8%
Total	3159	100%

Les systèmes de production participent suivant les fractions décrites dans le tableau et qui montrent une participation complète des sources renouvelables de 100%.

Tableau III. 2 : Energie annuelle consommé sur Homer.

Charge	Consommation	Fraction
Charge AC	1862	100%
Charge DC	0	0%
Total	1862	100%

La consommation d'énergie annuelle est totalement utilisée à partir de la charge à courant alternatif.

La puissance moyenne mensuelle produite par les sources du système est illustrée dans la Figure III.12.

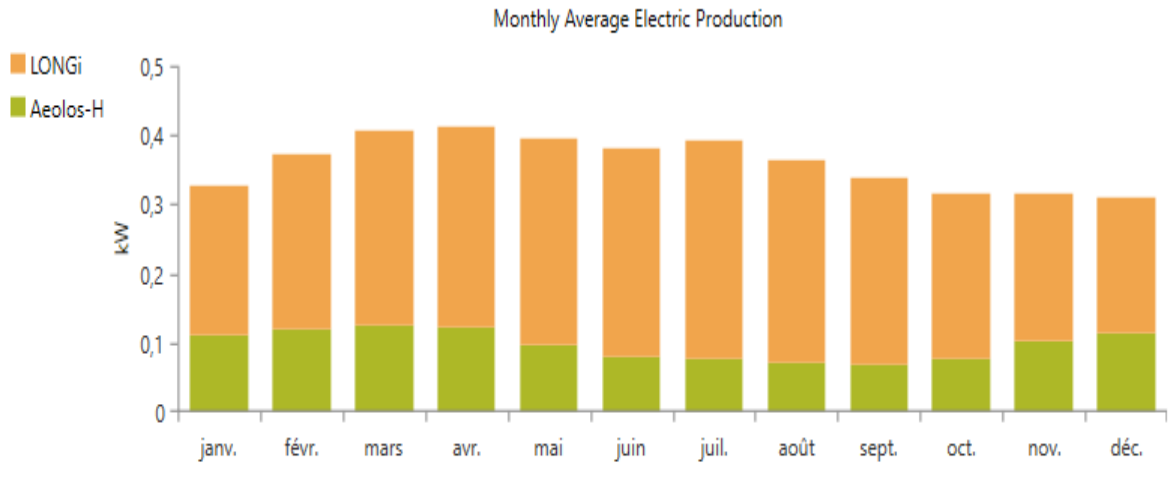


Figure III.12 : la production moyenne mensuelle des sources.

III.4.3. Résultats du champ PV :

Les paramètres de fonctionnement de générateur photovoltaïque sont:

Tableau III. 3 : Paramètres de Fonctionnement du PV.

Variables	Valeur
Heures de fonctionnement	4379h/ans
Facteur de capacité (l'état de charge moyenne du PV sur l'année)	18.4%
Puissance minimale	0 KW
Puissance moyenne	6.34KW/j
Puissance maximale	1.53 KW
Pénétration PV	124%
Coût spécifique de l'énergie	0.0144€/KWh

La puissance journalière et mensuelle moyenne est représentée dans les figures III.14, Figure III.13.

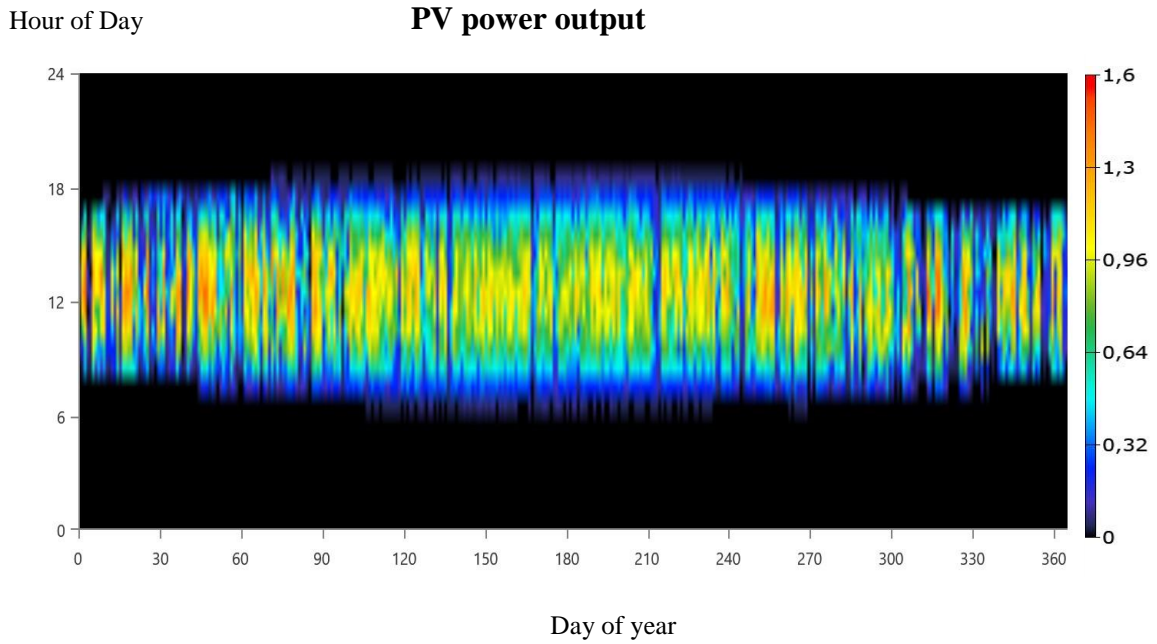


Figure III.13 : Puissances journalières moyennes délivrées par le générateur photovoltaïque.

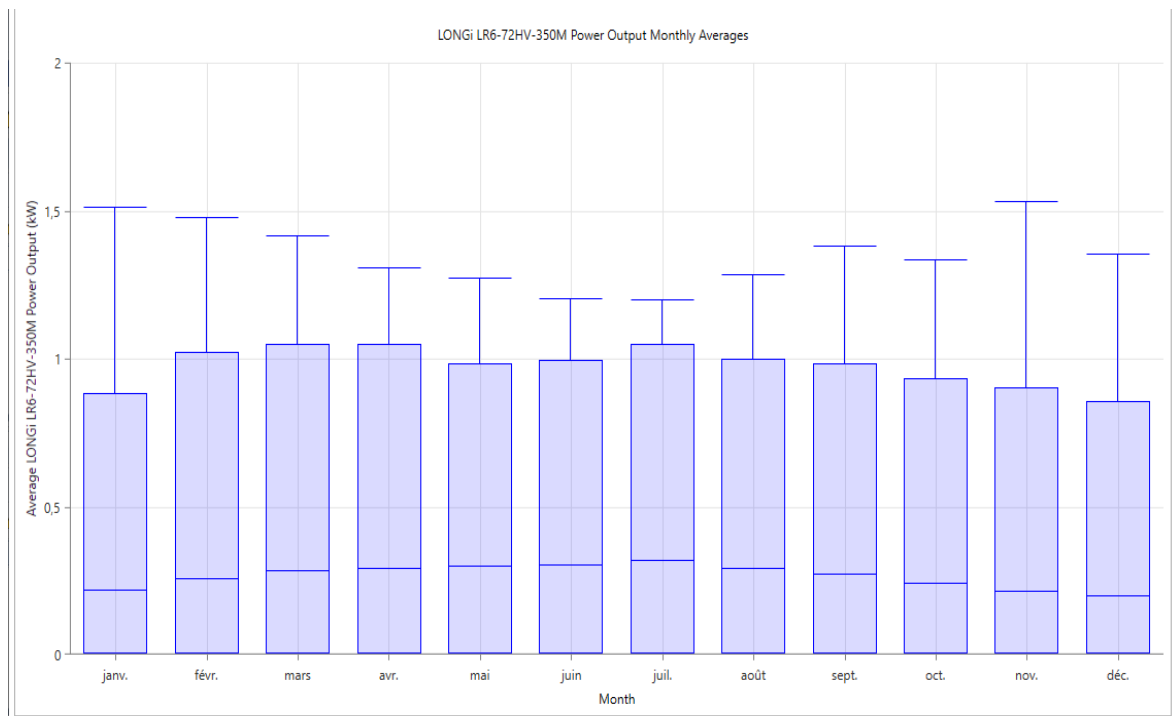


Figure III.14 : Puissances mensuelle moyennes délivrées par le générateur photovoltaïque.

Après l'analyse des résultats obtenus pour les puissances moyennes journalières du PV, on remarque que la période de fonctionnement du PV est plus étroite durant les mois d'hiver, c'est environ entre 8h et 18h, soit 10 heures par jours et inversement pour la période d'été. La production par PV est très faible, aux périodes du pic de consommation électrique (entre 20 h et 22 h), ce qui nécessite soit le recours au l'autre générateur, soit à l'énergie stockée.

III.4.4. Résultats de l'éolienne :

L'éolienne développe la plus grande puissance, ses paramètres de fonctionnement sont résumés dans le tableau III.4 ci-dessous.

Tableau III. 4 : Paramètres de Fonctionnement de l'éolienne.

Variables	Valeur
Heures de fonctionnement	8760 h/ans
Facteur de capacité	9.66%
Puissance minimale	0,000217 KW
Puissance moyenne	0.0966 KW
Puissance maximale	1.43 KW
Pénétration éolienne	45.4%
Capacité total	1.00KW
Coût spécifique de l'énergie	0.172€/KWh

Aeolos-H fonctionne à environ 1,5 KW au maximum, son temps d'arrêt correspond à des vitesses de vent très faibles (<2.5 m/s). Comme le montre la figure III.15

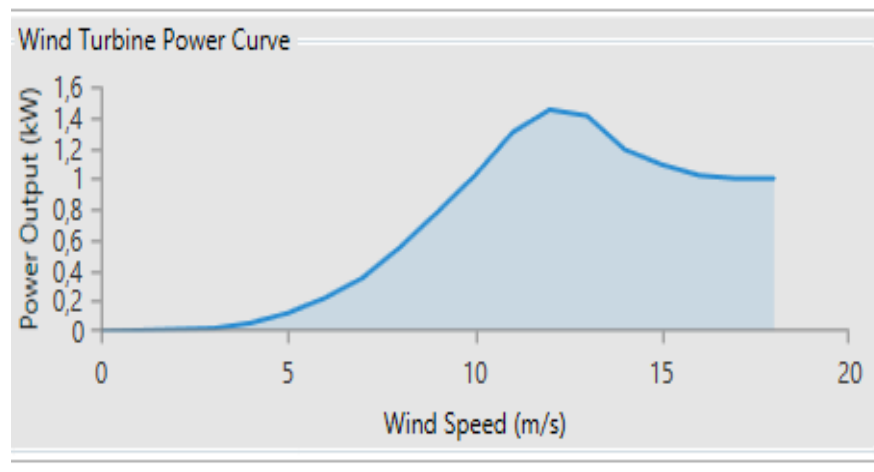


Figure III.15 : La courbe de la puissance du vent.

La distribution des puissances journalières et mensuelles moyennes sont représentées sur la figure III.16, Figure III.17 :

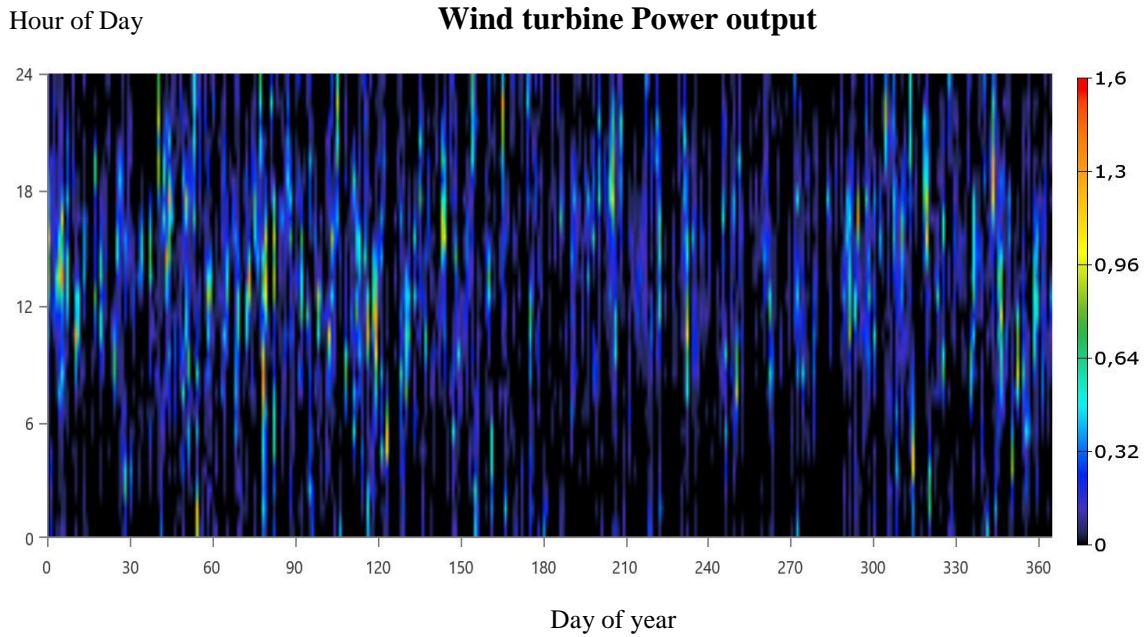


Figure III.16 : Puissances journalières moyennes délivrées par l'éolienne.

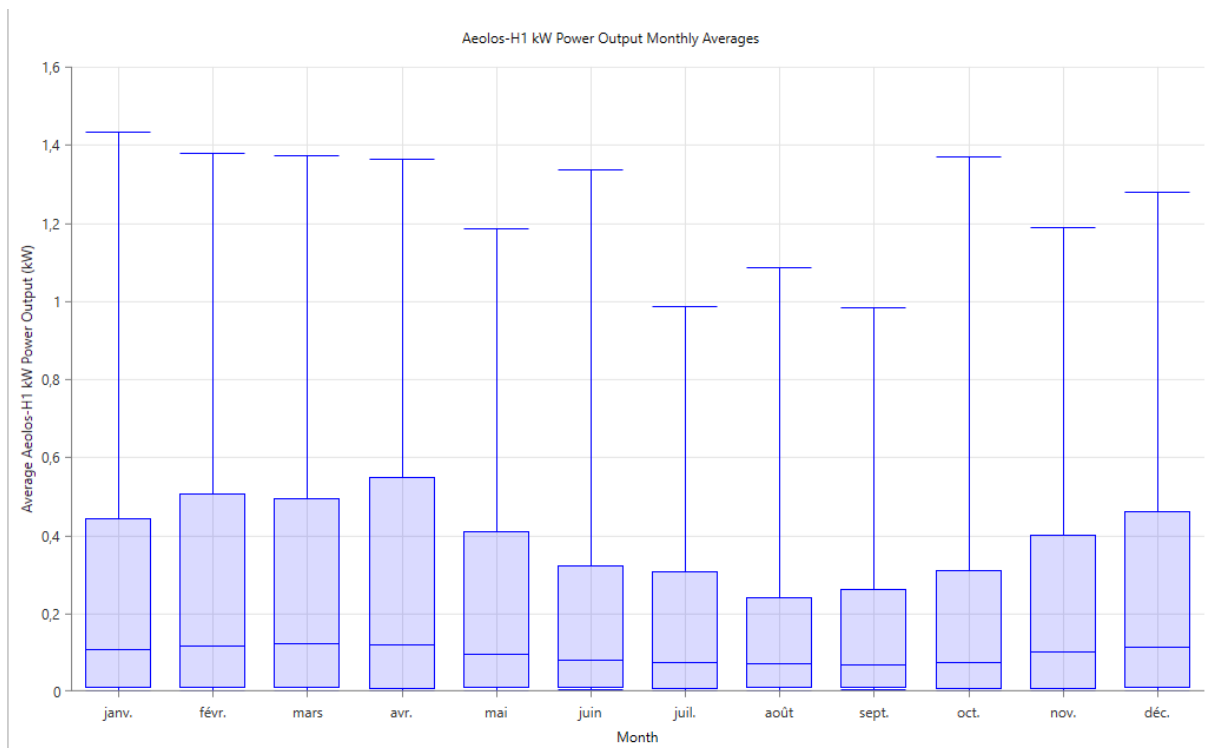


Figure III. 3 : Puissances mensuelle moyennes délivrées par l'éolienne.

On remarque que cette courbe est très semblable avec celles qui représentent la distribution des vitesses moyennes journalières du vent données. Les mois les plus ventés (Févr., Mars, et Avril) sont caractérisés par une production importante et inversement.

III.4.5. Les batteries :

Les paramètres de fonctionnement des batteries sont :

Tableau III. 5 : Paramètres de Fonctionnement de la batterie.

Variables	Valeur
Energie d'entrée	919 KWh/ans
Energie délivrée	789 KWh/ans
Perte d'énergie	139 KWh/ans
Autonomie des batteries	72.2h
Capacité totale des batteries	19.2 KWh
Durée de vie des batteries	11.1ans
Nombre de batteries	4en série et 4en parallèle
Coût spécifique de l'énergie	0 €/KWh

Pour analyser le fonctionnement journalier des batteries on utilise les courbes de l'état de charge moyenne journalière et mensuelle données par la figure III. 18:

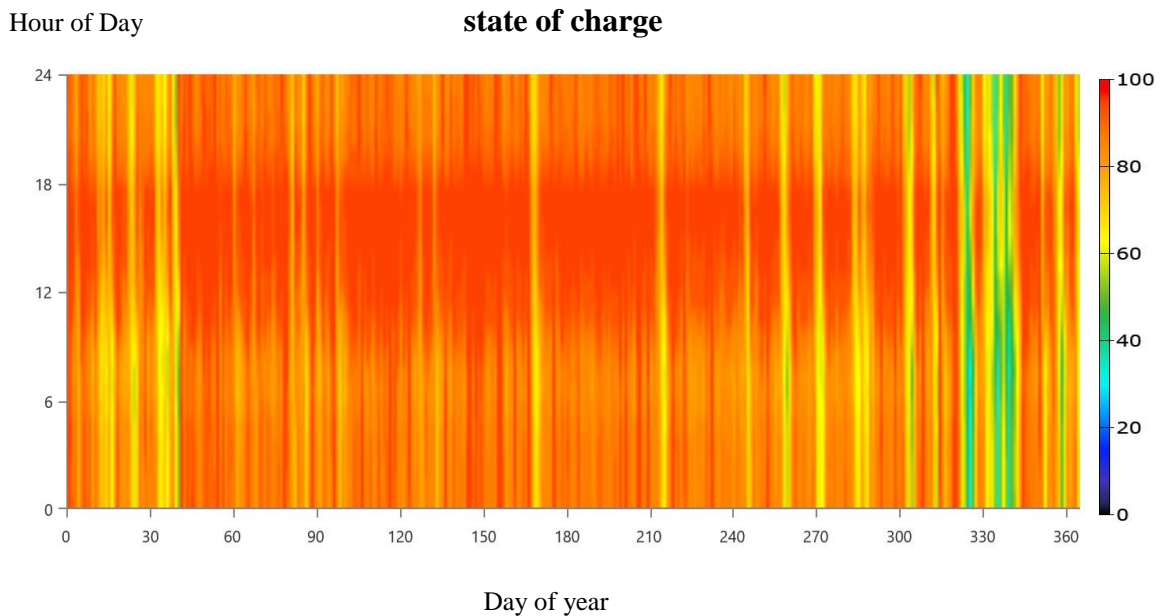


Figure III. 4 : Etat de charge moyenne journalière et mensuelle des batteries.

Les courbes de distribution quotidienne moyenne pour l'état de charge étaient relativement similaires sur tous les mois, mais avec des valeurs différentes. L'énergie produite par la batterie est très importante car notre système est composé de deux sources d'énergie renouvelables.

Il convient de noter que les variations de l'ensoleillement annuel moyen et de la vitesse du vent provoquent des cycles saisonniers. Ce dernier peut parfois rendre la batterie trop faible lorsque les capteurs photovoltaïques et éoliens ne peuvent pas charger complètement la batterie.

III.4.6. Le convertisseur :

Les paramètres de fonctionnement d'onduleur sont :

Tableau III.6: Paramètres de Fonctionnement d'onduleur.

Variables	Valeur
Puissance moyenne fournie	0.213KWh
Puissance maximale fournie	0.958 KWh
Facteur de capacité	4.25%
Heures de fonctionnement	8760 h/ans
Energie d'entrée	1915 KWh/ans
Energie de sortie	1862KWh/ans
Pertes d'énergie	53.6KWh/ans

Le fonctionnement de l'onduleur est lié à la demande sur l'énergie stockée, l'étude de son fonctionnement nous permet de prévoir les périodes de décharge des batteries.

La distribution journalière moyenne de la puissance délivrée par l'onduleur, pour chaque mois, est donnée par les figure III.19 figure III.20 :

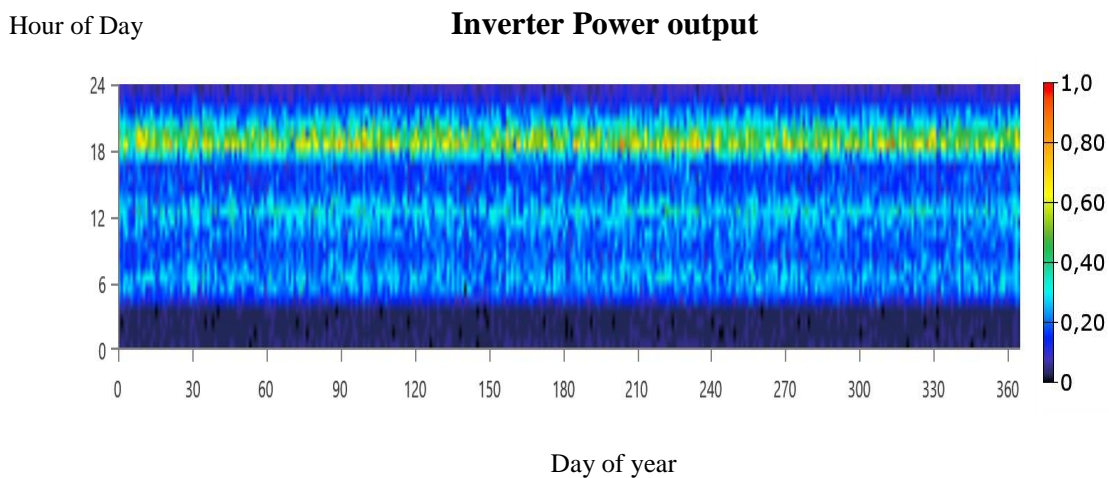


Figure III.5 : Distribution de la puissance moyenne journalière délivrée par l'onduleur.

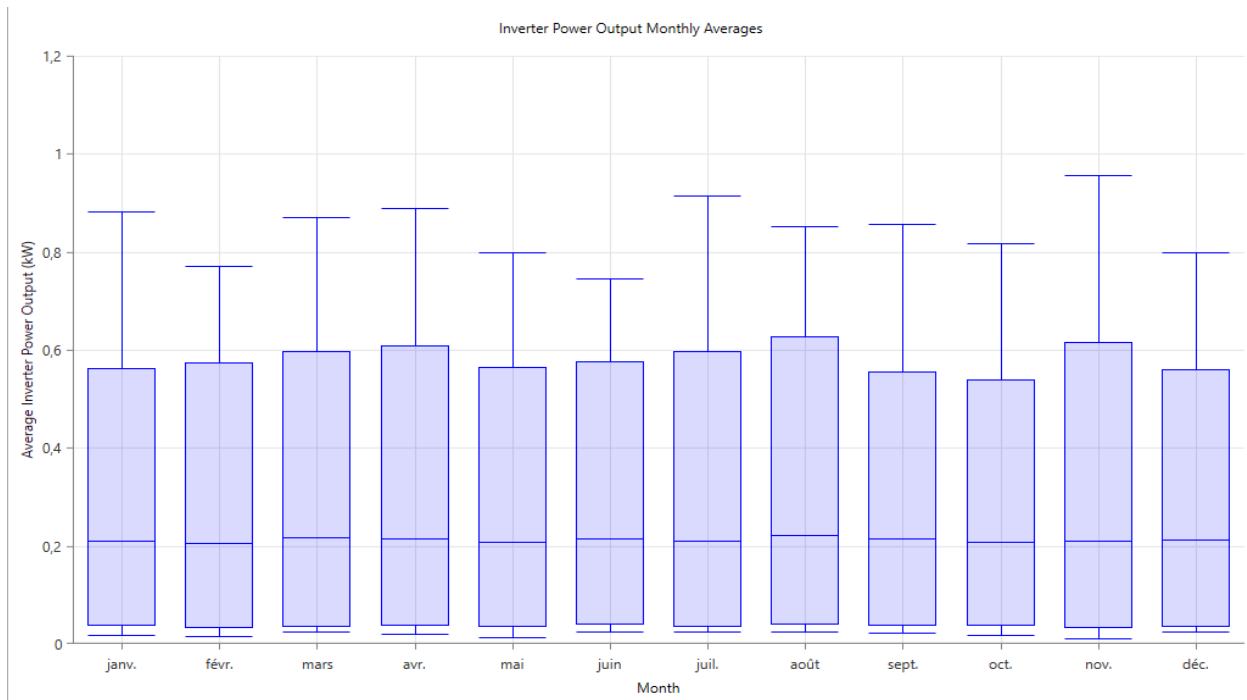


Figure III.20 : Distribution de la puissance moyenne mensuelle délivrée par l'onduleur.

La performance quotidienne moyenne simulée de l'onduleur montre que ces courbes de distribution de puissance varient d'un mois à l'autre.

III.4.7. Émissions du système :

Tableau III. 7 : Émissions du système.

Quantité	Valeur
Carbone dioxide	0 kg/ans
Carbone monoxide	0 kg/ans
Unburned Hydrocarbons	0 kg/ans
Particulate Matter	0 kg/ans
Sulfur dioxide	0 kg/ans
Nitrogen oxides	0 kg/ans

Le tableau ci-dessus Tableau III. 7 montre les émissions résultant du système étudié, où l'on note que les émissions de polluants sont inexistantes du fait de l'utilisation de batteries.

III.4.8. Répartition des coûts de l'installation :

Les coûts d'opération comprennent globalement les frais d'opération et d'entretien en plus des coûts en carburant, et des frais de remplacement d'équipement, tout ceci remis en un coût par année. Les Tableau III. 8 présentent le détail des coûts d'opération.

Tableau III.8 : Coûts de l'installation.

Composant	Capital Initial (€)	Coût de remplacement (€)	Fonctionnement & maintenance (€)	Coût de sauvetage (€)	Coût total (€)
PV	150.94	0	278.75	0	429.69
Éolienne	1691.00	0	193.91	0	1884.91
Batteries	3200.00	2588.78	0	-579.09	5209.69
Onduleur	1496.00	1321.62	129.28	-179.19	2767.71
Total	6537.94	3910.40	601.94	-758.28	10292. 00

Coût net actuel : 10292. 00€

- Le coût total du projet est de **10292. 00€** Les prix des composants du système sont proches les uns des autres.

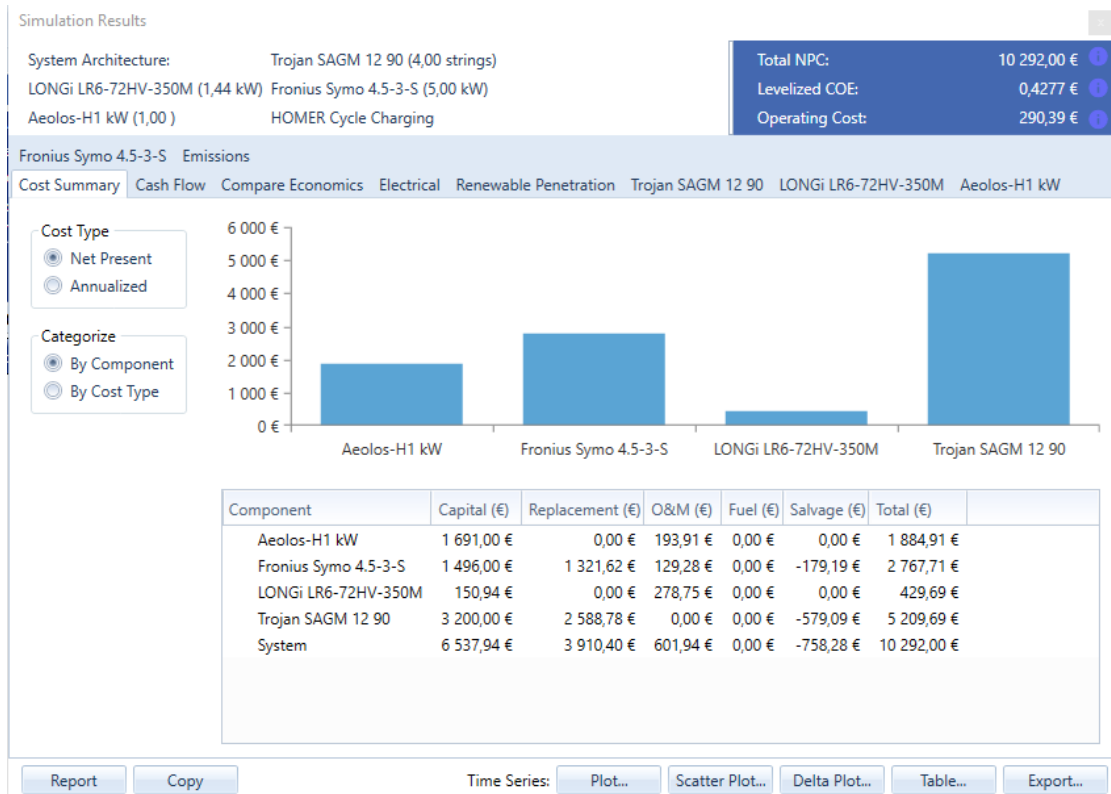


Figure III.21 : Répartition des coûts de l'installation.

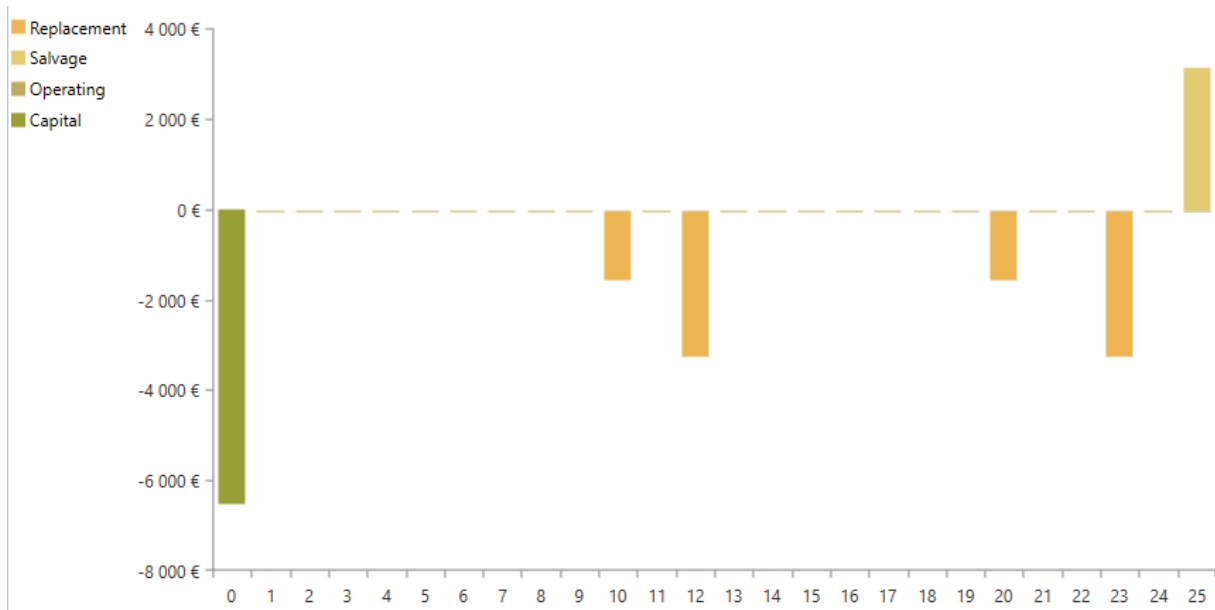


Figure III.22 : les flux de trésorerie.

L'interprétation de la figure III.22 révèle l'investissement sans profit à long terme chose qui n'interviendra qu'après 25 ans.

Calcule le prix totale de l'installation par la méthode itérative :

- **PV :**

Puissance nominale du champ PV (méthode itérative) = 1.70KWh

Puissance nominale du champ PV (logiciel Homer) = 1.44KWh

$$1.70 = 100\%$$

$$1.44 = X \quad \mathbf{X=118}$$

Prix totale (Homer) = 429.69

$$429.69\text{€} = 100\%$$

$$X = 118$$

Prix de PV = 506.98€

- **Eolienne :**

$$S = \pi * r^2$$

$$r^2 = S / \pi = 1.0859 \quad /S = 3.41\text{m}^2$$

$$\sqrt{r^2} = 1.04\text{m}$$

$$d = 2 * 1.04 = 2.08\text{m}$$

$$d = 3.2\text{m}$$

$$3.2m=1884.91\text{€}$$

$$2.08=X$$

Prix de l'éolienne =1225.19€

- **Batterie :**

Capacité de la batterie =16KWh (par Homer et la méthode itérative)

$$16\text{KWh}=100\%$$

$$16\text{KWh}=X \qquad X=100\%$$

$$5209.69\text{€}=100\%$$

Prix de Batterie =5209.69€

- **L'onduleur :**

Puissance de l'onduleur=5KW (par Homer et la méthode itérative)

$$5\text{KW}=100\%$$

$$5\text{KW}=X \qquad X=100\%$$

$$2767.71\text{€}=100\%$$

Prix de L'onduleur =2767.71€

Le Prix totale des composant =9709.57 €

III.5. La comparaison entre les résultats des deux dimensionnements:

Donc après la simulation et l'obtention des résultats du logiciel Homer on peut faire une comparaison générale entre tous les résultats de dimensionnement de notre système multi sources.

Tableau III. 9 : Comparaison des résultats principaux.

	Les résultats de la méthode itérative	Les résultats de Homer
Consommation journalière	5.1 KW	5.10KW
Puissance nominale du champ PV	1.7KW	1.44KW
Capacité de la batterie	16 KWh	16 KWh
Puissance de l'onduleur	5KW	5KW

La puissance de l'énergie complémentaire	273.6 kWh/ans	273.6 kWh/ans
L'énergie produite annuellement	273.6 kWh/ans	846 kWh/ans
Coût Total de l'investissement	9709.57 €	10292. 00€

La comparaison des résultats trouvés avec les deux méthodes (Itérative et Homer) montre que ces résultats sont approximativement égaux et proches avec une légère différence dans les puissances dans le système PV (1.7KW) (1.44KW).

De plus, nous avons trouvé un nombre égal des batteries calculées par Homer et calculées par la méthode itérative, On note également que le prix total de l'installation multi sources à énergies renouvelables trouvé par Homer est supérieur au prix trouvé par la méthode itérative, parce que le diamètre de l'éolienne (3.2m) utilisée dans le dimensionnement du système multi source dans le logiciel Homer est supérieur au diamètre de l'éolienne trouvé par la méthode itérative égale à (2.08m).

Donc on a surdimensionnement du système multi sources dans Homer car l'énergie éolienne est intermittente en plus elle est imprévisible.

En raison de l'interaction dans les systèmes hybrides de nombreuses ressources énergétiques, de nombreuses technologies avec leurs prix fixes, différents profils d'utilisateurs d'énergie, diverses contraintes, etc. Il convient d'utiliser un outil de simulation suffisamment puissant tel que Homer pour obtenir le choix optimal et comparer différents scénarios.

III.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons appliqué le dimensionnement de notre système multi sources à énergies renouvelables par le logiciel 'Homer 'composé de deux sources renouvelable (PV, éolienne) et un système de stockage (batteries). Homer a déterminé que le système est faisable, or il peut en juste proportion satisfaire la charge électrique demandée. On peut alors envisager l'installation d'un système de production à base d'énergie solaire photovoltaïque et éolienne. En effet, les équipements ont une bonne efficacité énergétique, ce qui permet de tirer le meilleur profit du système. Les solutions recherchées sont réalisables techniquement parlant, ayant une fiabilité économique tout en répondant aux exigences en

matière de durabilité. Il a l'avantage d'optimiser les résultats ; ce qui justifie également une approche systématique de la conception énergétique de l'ensemble.



CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Conclusion générale:

Dans ce mémoire, nous avons effectué une étude technicoéconomique d'un système multi sources à énergies renouvelables optimale pour alimenter une maison de 7 personnes dans la région de KHENCHELA. Ce système d'alimentation est composé de modules PV, une éolienne et des batteries plomb acide solaires.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons fixé des objectifs auxiliaires qui ont été accomplis avec succès.

En effet, nous avons commencé ce mémoire par une introduction générale, où nous avons identifié les problématiques trouvés dans un SMS à base des énergies renouvelables. Ensuite, une description générale des systèmes multi-sources a été effectuée et le choix de la configuration adoptée pour cette étude a été justifié.

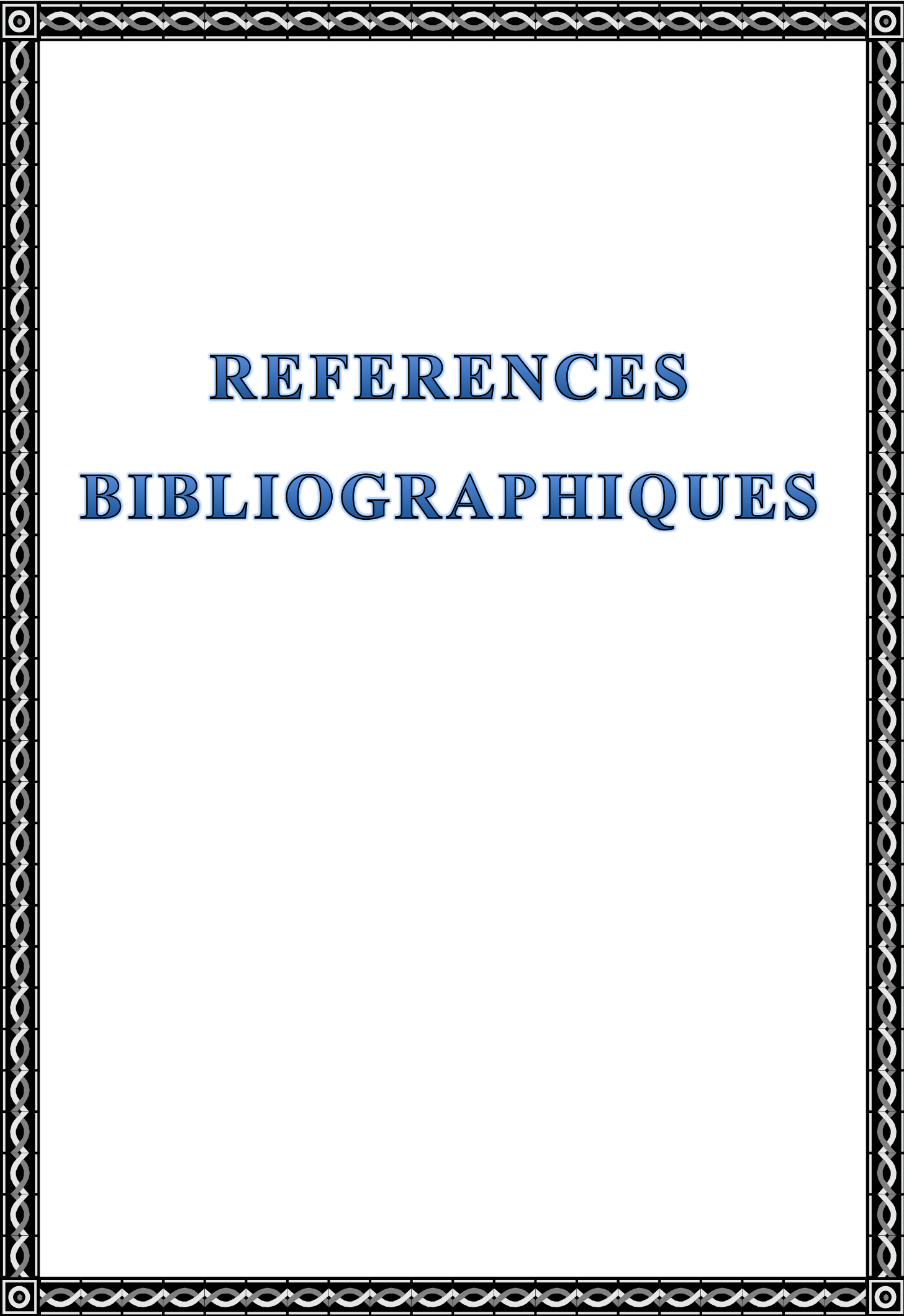
En second lieu, nous Avon déterminé les dimensions du système hybride (PV/Eolien) par une méthode itérative à partir des données météorologiques de la wilaya de KHENCHELA (Algérie), qui recèle de très grands gisements d'énergie solaire et éolienne, en plus d'estimer le besoin de la maison, afin d'obtenir une bonne fiabilité à un coût optimal pour éviter toute contraction ou expansion du système . Puis, nous avons exposé d'une façon plus détaillée une étude technicoéconomique des principaux composants choisi qui sont : les modules PV, l'éolienne, les batteries et les convertisseurs de puissances.

Dans le troisième chapitre, une simulation du système multi sources à l'aide du logiciel HOMER a été faite. Cette simulation nous a permis de valider notre Travail.

En outre, les résultats obtenus montrent la faisabilité et cout du système multi sources proposé. En plus les résultats obtenus par la méthode itérative et simulés par Homer sont très proches. Mais les résultats trouvés par Homer sont plus optimales.

Comme perspective (notre travail reste, comme toute œuvre humaine, perfectible) nous recommandons :

- Une amélioration de l'architecture du système hybride à énergie renouvelable.
- Tester d'autres sources d'énergie (Pile à combustibles...) et d'autres systèmes de stockage (Super condensateurs...).
- Intégration d'un système de supervision : Le SMS étudié présentant une structure complexe, il faut non seulement des systèmes de commandes individuelles, mais aussi un système global de supervision pour une meilleure intégration de toutes les sources interconnectées.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques:

- [1] IONEL VECHIU. ‘Modelisation Et Analyse De L’integration Des Energies Renouvelables Dans Un Reseau Autonome’. Thèse De Doctorat, Université Du Havre, France 2005.
- [2] E. IAN BARING-GOULD, L. Flowers, P. Lundsager, “Worldwide Status Of Wind-Diesel Applications”, Pre-Workshop Wind-Diesel 101, 2004, Anchorage, ALASKA.
- [3] IONEL VECHIU. ‘Modelisation Et Analyse De L’integration Des Energies Renouvelables Dans Un Reseau Autonome’. Thèse De Doctorat, Université Du Havre, France 2005.
- [4] P. LUNDSAGER, H. BINDNER, N. CLAUSEN, S. FRANSEN, L. H. HANSEN, J. C. HANSEN, “Isolated Systems With Wind Power”, Risø-R-1256(En), 2001.
- [5] A. ENGLER ET AL., “Standard Interface For Pv And Hybrid Systems”, 14th European photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelone , Espagne , P.P. 1074- 1077, Juillet 1997.
- [6] S. ROUSSIN, “Le Journal Semestriel Des Systemes Photovoltaïques Hybrides Au Canada”, Centre De La Technologie De L’énergie De Canmet—Varenes Programme Photovoltaïque Et Systèmes Hybrides, P 4, Numero 7, Ete 2004.
- [7] J .LABBE, “L’hydrogene Electrolytique Comme Moyen De Stockage D’électricite Pour Systemes Photovoltaïques Isoles”, Thèse De Doctorat, L’ecole Des Mines De Paris, Pp. 5-17-18-21-50-68-69 , 21 Décembre 2006.
- [8] BERREGUI ABDEL FETTAH .ABSA AMJED. Etude Technicoéconomique D’une Installation Photovoltaïque Pour Application Dans La Région D’OUARGLA. Mémoire Master Académique P : 12
- [9] Université de LORRIANE .Contact :Ddoc_Theses_Contct@Univ_Lorriane.Fr
Code De La Propriété Intellectuelle. Articles L 122. 4 ; Code De La Propriété Intellectuelle. Articles l 335.2- l 335.10 http://www.cfcopies.com/v2/leg/leg_droi.php;
- [10] A. ABDELLI, “ Optimisation Multicritère D’une Chaîne Eolienne Passive”, Thèse De Doctorat, L’institut National Polytechnique De Toulouse, P 9-13,15 Octobre 2007.
- [11] I. CRUZ, F. ARIAS, F. AVIA, L. M. ARRIBAS, R. P. FIFFE, “Assessment Of Different Energy Storage Systems For Wind Energy Integration”, European Wind Energy Conference 2001.
- [12] M.ASHARI, C. V. NAYAR, “An Optimum Dispatch Strategy Using Set Points For A Photovoltaic (Pv)-Diesel-Battery Hybrid Power System”, Renewable Energy, Vol. 66, No. 1, Pp. 1–9, Elsevier Science 1999.

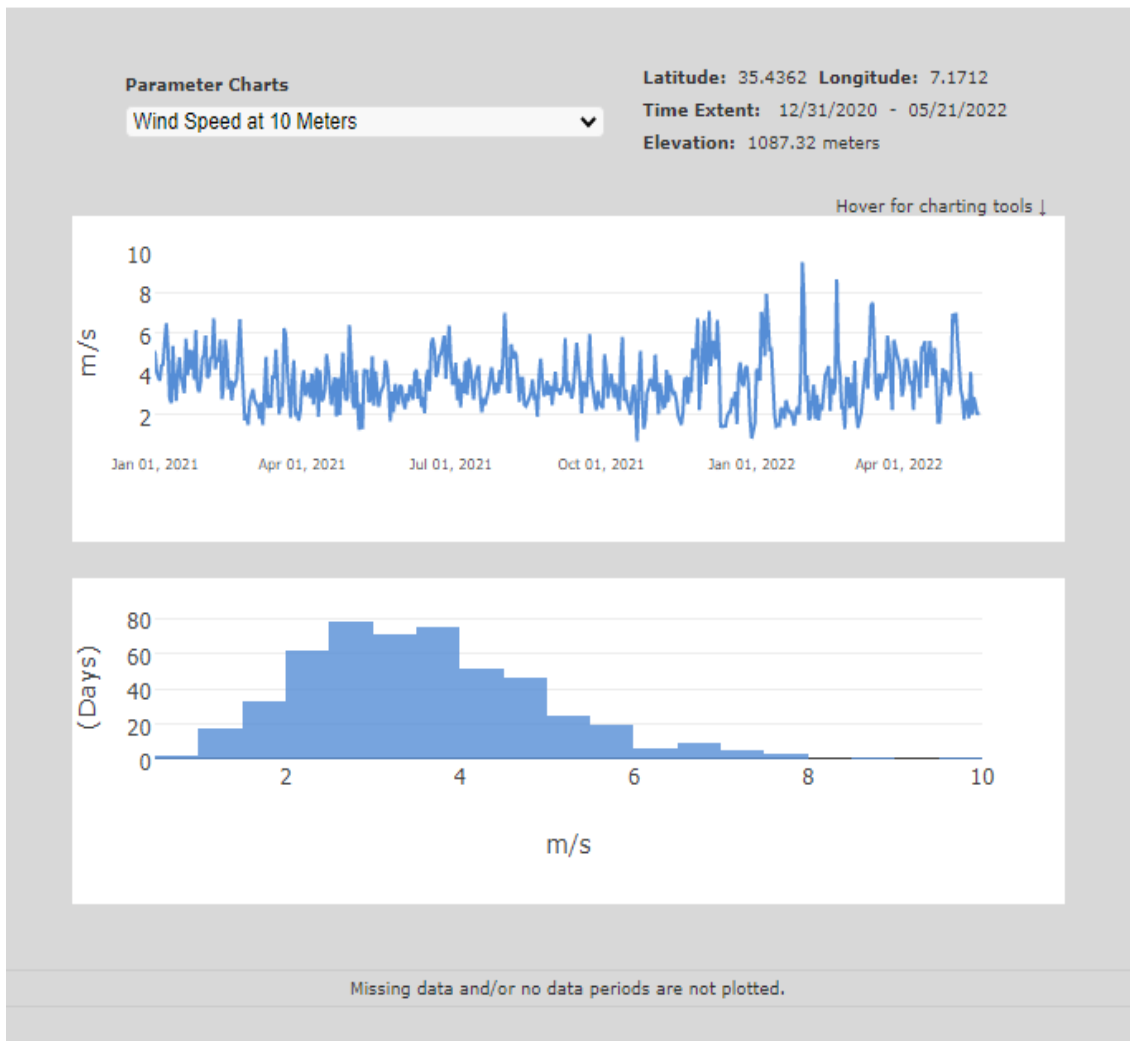
- [13] C. D. BARLEY AND C. B. WINN, "Optimal Dispatch Strategy In Remote Hybrid Power Systems", Solar Energy Vol. 58, No. 4-6, Pp. 165-179, 1996.
- [14] Site De Nasa <Http://Eoweb.Larc.Nasa.Gov>
- [15] ZOHRA BENHACHAN. Elaboration D'un Modele De Dimensionnement D'un Systeme Hybride (Solaire-Eolien) Alimentant Une Ferme Dans La Region Des Aure. Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De Magister En Electrotechnique 2011/2012
- [16] Site De METENORME <Https://Meteonorm.Com/En/>
- [17] TOUMI NABIL « Etude D'une Pompe A Eau Solaire Pour Alimenter » Mémoire De Magister En Génie Pétrolier Université KASDI MERBAH, OUERGLA 2013
- [18] A. DERAÏ, A. KAABECHE ET S. DIAF ; Etude De Faisabilité Technico-Economique De Fermes Eoliennes En Algérie. Département De Physique, Faculté Des Sciences Université M'HAMED BOUGARA, BOUMERDES. Revue Des Energies Renouvelables Vol. 20 N°4 (2017) 693 – 712
- [19] I. VAN DER AUWERA, F. DE MEYER, L. M. MALET, "The Use Of The Weibull Three Parameter Model For Estimating Mean Wind Power Densities," Journal Of Applied Meteorology, Vol. 19, N° 7, Pp. 819 - 825, 1980.
- [20] ERICK ACHI « Dimensionnement Photovoltaïque » Mémoire Master 2 Génie Electrique Energétique, Université BURKINA FASO, 2016.
- [21] JOSEANNE BELANGER-GRAVEL. Analyse Technico-Economique D'un Système Hybride Eolien-Photovoltaïque En Comparaison Avec Les Systèmes Photovoltaïque Et Eolien Seuls. Mémoire Présenté En Vue De L'obtention Du Diplôme De Maîtrise Es Sciences Appliquées
- [22] o. GERGAUD, 'Modélisation Energetique Et Optimisation Economique D'un Systeme De Production Eolien Et Photovoltaïque Couple Au Reseau Et Associe A Un Accumulateur', Thèse De Doctorat, L'ens De Cachan France, P 6, 2002
- [23] BAGHDADI FAZIA, 'Modelisation Et Simulation Des Performances D'une Installation Hybride De Conversion D'energies Renouvelables', Thèse De Magistère Université De Tizi - Ouzou, 2011



Annexes

Annexe 01

Données de Vitesse du vent à 10m



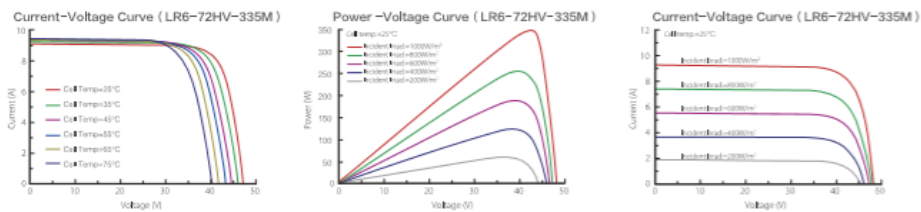
Annexe 02

Fiche technique du panneau solaire choisie

Temp. Coefficient (STC Testing) Load

Temperature Coefficient of Isc	+0.059%/°C	Maximum Front Static Load (Snow)	8100Pa
Temperature Coefficient of Voc	-0.330%/°C	Maximum Rear Static Load (Wind)	3600Pa
Temperature Coefficient of Pmax	-0.410%/°C	Pass the Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

I-V Curve

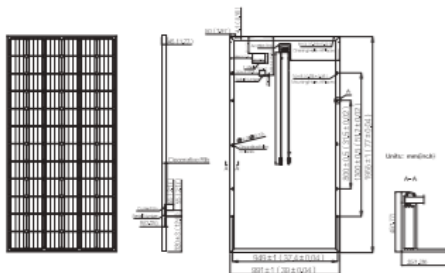


Room 201, Building 8, Sandhill Plaza, Lane 2290, Zuchongzhi Road, Pudong New District, Shanghai, 201203
Tel: 86-21-61047332 Fax: 86-21-61047377 Email: module@longi-sell.com

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. Longi Solar has the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

LR6-72HV 330~350W

Mechanical Detail (mm) Mechanical Parameters Operating Parameters



Number of Cells: 72 (6x12)	Operating Temperature: -40°C~+85°C
Junction Box: IP68, three diodes	Power Tolerance: 0~+5W
Output Cable: 4mm², 1000mm inlength	Maximum System Voltage(V): DC1500V(IEC)
Connector: MC4 or compatible with MC4	Maximum Series Fuse Rating: 15A
Weight: 26.5kg	NOCT: 45°C±2°C
Dimension: 1956x991x45mm	Application Class: Class A
Packaging: 23pcs per pallet	

Electrical Characteristics

Type	LR6-72HV-330M		LR6-72HV-335M		LR6-72HV-340M		LR6-72HV-345M		LR6-72HV-350M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	330	238.6	335	242.2	340	245.8	345	249.4	350	253.0
Open Circuit Voltage (Voc/V)	46.1	42.4	46.3	42.6	46.5	42.8	46.7	43	46.9	43.1
Short Circuit Current (Isc /A)	9.30	7.50	9.40	7.58	9.49	7.65	9.58	7.72	9.68	7.80
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	37.6	34.0	37.7	34.1	37.9	34.2	38.1	34.5	38.2	34.6
Current at Maximum Power (Imp /A)	8.78	7.02	8.89	7.11	8.97	7.18	9.05	7.24	9.16	7.32
Module Efficiency (%)	17.0	/	17.3	/	17.5	/	17.8	/	18.1	/

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/s

Annexe03

Les factures trimestrielles de la maison étudiée



الشركة الجزائرية لتوزيع الكهرباء والغاز
Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz

Facture de consommation de l'Electricité et du Gaz

فاتورة استهلاك الكهرباء والغاز
نسخة **DUPLICATA**

Société par action au capital social de: 64 000 000 000,00 DA
Direction de distribution: KHENCHELA
RC N°: 40/73-0805455B06
NIS: 625019001848001
NIF: 625019001848001
RIB N°: 00100323030030004621
RIP N°: 00799999000038026825
Agence commerciale: KHENCHELA-1
ROUTE POIDS LOURD

Facture n°: 264200510743
Etablie le: 21/05/2020
Référence/PDL: 40101 02 27780 1 76
Lieu de consommation: 39 CITE 78 LOGTS BLOC 07
Prochaine relève vers le: 23/08/2020
Client n°: 2602P004717
BEGHZOU MOHAMED
NIF:
RC N°:

Assistance
Dépannage
Réclamation
Pour Plus d'informations



مساعدة
إصلاح الأعطال
شكاوي
للمزيد من المعلومات

3303

الفترة: الثالثي الثاني 2020

Vos consommations

الإستهلاك	المبلغ بالدينار	الإستهلاك	المبلغ بالدينار
Consommation	Montant en DA HT	الكهرباء	الغاز
Electricité	408,00 kWh	1 505,00	
Gaz	3 932,40 Th	1 211,96	
Redevances fixes HT(Abonnement)(DA)	164,16	الانقوت الثابتة (المشارك) (دج)	
Frais & Prestation HT(DA)	0,00	رسوم وخدمات (دج)	
Montant HT (DA)	2 881,12	المبلغ بدون رسوم (دج)	
TVA à 9% (DA)	138,99	ر.ت.م 9% (دج)	
TVA à 19% (DA)	254,00	ر.ت.م 19% (دج)	
Total TVA (DA)	392,99	ر.ت.م (دج)	
Droit Fixe sur consommation (DA)	100,00	المستحقات الثابتة على الإستهلاك (دج)	
Taxe d'habitation (DA)	150,00	رسم على المسكن (دج)	
Contribution (DA)	0,00	مساهمة (دج)	
Montant REPE (DA)	0,00	مبلغ ر.ك.د.ت (دج)	
Montant RGPE (DA)	0,00	مبلغ ر.غ.د.ت (دج)	
Net à payer TTC (DA)	3 524,11	المبلغ النهائي بعد خصم جميع الرسوم (دج)	

Trois mille cinq cent vingt-quatre Dinar(s) et onze centime(s)

Vos contrats

البيان الجديد	البيان السابق	المعامل	استفاضة	تعريفة	رقم العداد
N. index	A. index	Coef	PMD	Tarif	N° Compteur
20 299 R	19 891 R	1.0	6kw	54M	219282
الكهرباء					
البيان الجديد					
البيان السابق	المعامل	التدفق	تعريفة	رقم العداد	
N. index	PCS	DMD	Tarif	N° Compteur	
18 744 R	18 292 R	8.7	5m ³ h	23M	601190
الغاز					

المعلومات

مبلغ استهلاككم اليومي: 38.73 DA/jour

المساهمة الذاتية في تكاليف صيانة نظام الشبكة: 5.81 DA

مبلغ استهلاككم اليومي: 38.73 DA/jour

Espace information

Evolution de votre Consommation



معلومات مهمة: Vous pouvez régler votre facture au niveau de n'importe quelle agence commerciale, au niveau des bureaux d'Algérie poste, par virement, Par chèque bancaire ou postal, par paiement en ligne

أو اقربوا من أي وكالة تجارية. للحصول على تفاصيل أكثر حول فاتورتكم تصفحوا موقع الشركة www.sadeg.dz أو اadresser-vous à n'importe quelle agence commerciale.

ملاحظة نهائية: يمكنكم تسديد فاتورتكم، في أي وكالة تجارية، في مكاتب بريد الجزائر، عبر حيك بنكي أو بريدي، عبر التحويل المصرفي عبر الموقع الإلكتروني



الشركة الجزائرية لتوزيع الكهرباء والغاز
Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz

Facture de consommation
de l'Electricité et du Gaz

فاتورة استهلاك
الكهرباء والغاز

Société par action au capital social de: 64 000 000 000,00 DA
Direction de distribution : KHENCHELA
RC N°: 40/73-0805455806
NIS : 625019001848001
NIF : 625019001848001
RIB N°: 00100323030030004621
RIP N°: 0079999900038026825
Agence commerciale : KHENCHELA-1
ROUTE POIDS LOURD

فاتورة رقم : 264200210837
حررت في : 12/03/2020
المرجع : 40101 02 27780 1 76
مكان الاستهلاك : 39 CITE 78 LOGTS BLOC 07
الرصد القادم حوالي : 22/05/2020

Assistance
Dépannage
Réclamation
Pour Plus d'informations



مساعدة
اصلاح الاطراب
شكاوي
للمزيد من المعلومات

Client n° : 2602P004717
BEGHZOU MOHAMED
NIF :
RC N° :

Période du : 1^{er} Trimestre 2020

الفترة : الثلاثي الأول 2020

Vos consommations

استهلاكاتكم

الاستهلاك	المبلغ بالدينار	Montant en DA HT	
Electricité	332,00 kWh	1 139,28	الكهرباء
Gaz	6 507,60 Th	2 248,48	الغاز
Redevances fixes HT(Abonnement)(DA)	164,16		الاشتراكات الثابتة (التكاليف) (دج)
Frais & Prestation HT(DA)	0,00		رسوم وخدمات (دج)
Montant HT (DA)	3 551,92		المبلغ بدون رسوم (دج)
TVA à 9% (DA)	138,99		رقم 9 % (دج)
TVA à 19% (DA)	381,45		رقم 19 % (دج)
Total TVA (DA)	520,44		رقم (دج)
Droit Fixe sur consommation (DA)	50,00		المستحقات الثابتة على الاستهلاك (دج)
Taxe d'habitation (DA)	150,00		رسوم على المسكن (دج)
Contribution (DA)	0,00		مساهمة (دج)
Montant REPE (DA)	0,00		مبلغ ر.ك.د.ت (دج)
Montant R.G.P.E (DA)	0,00		مبلغ ر.غ.د.ت (دج)

Net à payer TTC (DA) 4 272,36
أدنى الدفع متضمن جميع الرسوم (دج)
أربع آلاف ومائتان وثمانون دينار جزائري وست وثمانون سنتيم

Timbre (paiement en espèces)(DA) 43,00
الطابع (دفع نقدا)
Total à payer (en espèces)(DA) 4 315,36
المستحق الإجمالي (نقدا)
أدنا خطأ أو نسيان

Date limite du paiement 30/03/2020
أجل الدفع
بعد مرور هذا الأجل، يمكننا فصل تروينكم
بالتفاهة

Nous vous informons qu'en application des dispositions de l'article R5 du Décret Exécutif 10-95 du 17.03.2010, vous êtes redevable d'un montant de DA, faute de quoi la fourniture d'énergie sera suspendue.

نعلمكم أنه تطبيقا لأحكام المادة 85 من المرسوم التنفيذي 95-10 بتاريخ 17.03.2010، أنكم متبوعون بمبلغ (دج)، وإلا سيتم فصل تروينكم بالتفاهة.

Clé EBP

754



Clé EBB

896

Vos contrats

عقدكم

نوع العقد	رقم العداد	تعريفة	المعامل المتبادلة	Coef	A. index	N. index
الكهرباء	219282	54M	6kW	1.0	19 559 R	19 891 R
الغاز	601190	23M	5m ³ h	8,7	17 544 R	18 292 R

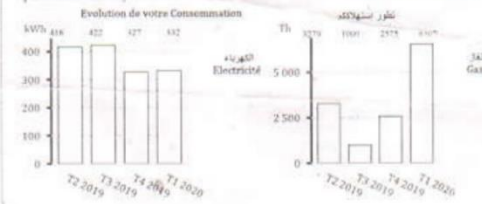
نوع العقد	رقم العداد	تعريفة	المعامل المتفق	DMD	PCS	A. index	N. index
الكهرباء	219282	54M	6kW	1.0	1.0	19 559 R	19 891 R
الغاز	601190	23M	5m ³ h	8,7	1.0	17 544 R	18 292 R

نوع العقد	رقم العداد	تعريفة	المعامل المتفق	DMD	PCS	A. index	N. index
الكهرباء	219282	54M	6kW	1.0	1.0	19 559 R	19 891 R
الغاز	601190	23M	5m ³ h	8,7	1.0	17 544 R	18 292 R

Espace information

معلومات

متوسط استهلاككم 49,68 DA/jour
متوسط استهلاككم اليومي
7,05 DA
المساهمة الدائمة في تكاليف صيانة نظام الشبكة
المستمرة من النظام



Information Importante: Vous pouvez régler votre facture au niveau de n'importe quelle agence commerciale, au niveau des bureaux d'Algérie poste, par virement, Par chèque bancaire ou postal, par paiement en ligne

معلومة نهمكم : يمكنكم تسديد فاتورتكم، في أي وكالة تجارية، في مكاتب بريد الجزائر، عبر بنككم أو بريدي، عبر التحويل المصرفي عبر المواقع الإلكترونية

Pour plus de détails sur votre facture, veuillez consulter le site www.sdc.dz ou adresser-vous à n'importe quelle agence commerciale.



الشركة الجزائرية لتوزيع الكهرباء والغاز
Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz

Facture de consommation de l'Electricité et du Gaz

فاتورة استهلاك الكهرباء والغاز

Société par action au capital social de: 64 000 000 000,00 DA
Direction de distribution: KHENCHELA
RC N°: 40/73-0805455B06
NIS: 625019001848001
NIF: 625019001848001
RIB N°: 00100323030030004621
RIP N°: 00799999000038026825
Agence commerciale: KHENCHELA-1
ROUTE POIDS LOURD

فاتورة رقم: 264200811043
حجرت في: 01/09/2020
المرجع: 40101 02 27780 176
مكان الاستهلاك: 39 CITE 78 LOGTS BLOC 07

الرصدة القادم حوالي: 22/11/2020

Client n°: 2602P004717

BEGHZOU MOHAMED

NIF:
RC N°:

Assistance
Dépannage
Réclamation



مساعدة
إصلاح الأعطاب
شكوي
للمزيد من المعلومات

Pour Plus d'informations
3303

الفترة: الثلاثي الثالث 2020

Vos consommations		استهلاكاتكم	
الإستهلاك	المبلغ بالدينار	المبلغ بالدينار	الكمية
Consommation	Montant en DA HT	Montant en DA HT	
Electricité	226,00 kWh	644,41	الكهرباء
Gaz	661,20 Th	111,21	الغاز
Redevances fixes HT (Abonnement) (DA)	164,16	الأتونات الثابتة (اشراك) (دج)	
Frais & Prestation HT (DA)	0,00	رسوم وخدمات (دج)	
Montant HT (DA)	919,78	المبلغ دون رسوم (دج)	
TVA à 9% (DA)	82,79	رقم 9 % (دج)	
TVA à 19% (DA)	0,00	رقم 19 % (دج)	
Total TVA (DA)	82,79	رقم (دج)	
Droit Fixe sur consommation (DA)	50,00	المستحققات الثابتة على الإستهلاك (دج)	
Taxe d'habitation (DA)	150,00	رسم على المسكن (دج)	
Contribution (DA)	0,00	مساهمة (دج)	
Montant REPE (DA)	0,00	مبلغ ركب دت (دج)	
Montant RGPE (DA)	0,00	مبلغ ركب دت (دج)	
Net à payer TTC (DA)	1 202,57	المبلغ النهائي مع الرسوم (دج)	

الف ومائتان واثنتان مائة دينار جزائري و مئتين وخمسون سنتيم

Mille deux cent deux Dinar(s) et cinquante-sept centime(s)

الدفع (دفع نقدا) 13,00
المستحق الإجمالي (نقدا) 1 215,57
Sauf erreur ou omission
عدا خطأ أو نسيان

آخر أجل للدفع 19/09/2020
Passé ce délai, nous nous réservons le droit de procéder à la suspension de la fourniture d'énergie
بعد مرور هذا الأجل، يمكننا فصل تزويدكم بالطاقة

Nous vous informons qu'en application des dispositions de l'article 85 du Décret Exécutif 10-95 du 17.03.2010, vous êtes redevable d'un montant de 3 524,11 DA, faute de quoi la fourniture d'énergie sera suspendue.
ننصركم انه تطبيقا لأحكام المادة 85 من المرسوم التنفيذي 95-10 بتاريخ 17.03.2010، فتمت تعليق تزويدكم بالطاقة، في حال عدم سداد مبلغ 3 524,11 دج، وإلا سيتم فصل تزويدكم بالطاقة.

Clé EBP

695



Clé EBB

695

Vos contrats

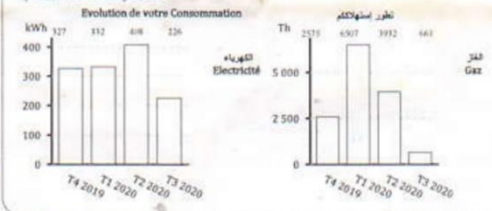
عقودكم

البيان الجديد	البيان السابق	المعامل	تعرفة	رقم العداد
N. index	A. index	Coef	FMD	N° Compteur
20 525 R	20 299 R	1.0	54M	219282
الكهرباء				
Electricité				
شروطه				
Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3	Tranche 4	
125,00	101,00	0,00	0,00	
1,7787	4,1789			
المبلغ در (%9)				
644,41				
المبلغ در (%19)				
0,00				
البيان الجديد	البيان السابق	المعامل	تعرفة	رقم العداد
N. index	A. index	PCS	DMD	N° Compteur
18 820 R	18 744 R	8.7	23M	001190
الغاز				
Gaz				
شروطه				
Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3	Tranche 4	
661,20	0,00	0,00	0,00	
0,1682				
المبلغ در (%9)				
111,21				
المبلغ در (%19)				
0,00				

Espace information

معلومات

- Montant de votre consommation moyenne par jour 12.93 DA/jour متوسط استهلاككم اليومي
- Contribution au coût permanent du système 2.16 DA المساهمة الدائمة في تكاليف صيانة نظام الشركة



مطومة نهتمكم: يمكنك تمديد فواتيركم، في أي وكالة تجارية، في مكاتب بريد الجزائر، عبر صك بنكي أو بريدي، عبر التحويل المصرفي عبر الموقع الإلكتروني للحصول على تفاصيل أكثر حول فواتيركم تصفحوا موقع الشركة أو اadresser-vous à n'importe quelle agence commerciale.

أو اقبروا من أي وكالة تجارية.

Pour plus de détails sur votre facture, veuillez consulter le site

www.sdc.dz

ou adresser-vous à n'importe quelle agence commerciale.



الشركة الجزائرية لتوزيع الكهرباء والغاز
Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz

Facture de consommation
de l'Electricité et du Gaz

فاتورة استهلاك
الكهرباء والغاز

Société par action au capital social de: 64 000 000 000,00 DA
Direction de distribution: KHENCHELA
RC N°: 40/73-0805455B06
NIS: 625019001848001
NIF: 625019001848001
RIB N°: 00100323030030004621
RIP N°: 00799999000038026825
Agence commerciale: KHENCHELA-1
ROUTE POIDS LOURD

Facture n°: 264201111074
Etablie le: 13/12/2020
Référence/PDL: 40101 02 27780 1 76
Lieu de consommation: 39 CITE 78 LOGTS BLOC 07
Prochaine relève vers le: 22/02/2021

فاتورة رقم:
حورت في:
المرجع:
مكان الاستهلاك:

الرقم القادم حوالي:

Client n°: 2602P004717

BEGHZOU MOHAMED

NIF:
RC N°:

Assistance
Dépannage
Réclamation
Pour Plus d'Informations



مساعدة
اصلاح الاعطاب
شكوى
للمزيد من المعلومات

Période du: 4^{ème} Trimestre 2020

الفترة: الثلاثي الرابع 2020

Vos consommations		استهلاكاتكم	
الإستهلاك	المبلغ بالدينار	Consumption	Montant en DA HT
Electricité	474,00 kWh	الكهرباء	1 822,59
Gaz	3 558,30 Th	الغاز	1 061,39
Redevances fixes HT (Abonnement) (DA)	164,16	الاشتراكات الثابتة (الاشتراك) (دج)	
Prais & Prestation HT (DA)	0,00	رسوم وخدمات (دج)	
Montant HT (DA)	3 048,14	المبلغ دون رسوم (دج)	
TVA à 9% (DA)	130,99	رقم 9 % (دج)	
TVA à 19% (DA)	285,73	رقم 19 % (دج)	
Total TVA (DA)	424,72	رقم (دج)	
Droit-Fixe sur consommation (DA)	100,00	المصفقات الثابتة على الاستهلاك (دج)	
Taxe d'habitation (DA)	150,00	رسوم على المسكن (دج)	
Contribution (DA)	0,00	مساهمة (دج)	
Montant REPE (DA)	0,00	مبلغ ركدت (دج)	
Montant RGPE (DA)	0,00	مبلغ ركدت (دج)	

Net à payer TTC (DA) 3 722,86
مبلغ الدفع متضمن جميع الرسوم (دج)
ثلاث آلاف وسبع مائة واثنان وعشرون دينار جزائري وست وثمانون سنتيم
Trois mille sept cent vingt-deux Dinar(s) et quatre-vingt-six centime(s)

Timbre (paiement en espèce) (DA) 38,00
الطابع (دفع نقدا)
Total à payer (en espèces) (DA) 3 760,86
المستحق الإجمالي (نقدا)
عدا خطأ أو omission

Date limite du paiement 31/12/2020
آخر أجل للدفع
Passe ce délai, nous nous réservons le droit de procéder à la suspension de la fourniture d'énergie
بعد مرور هذا الأجل، يمكننا فصل تزويدكم بالطاقة

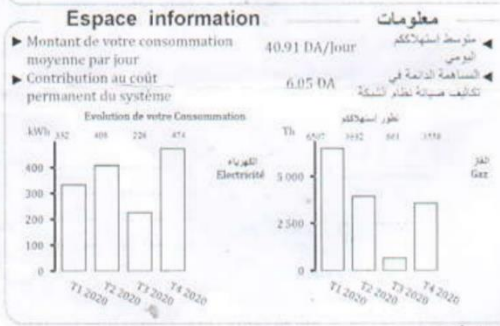
Nous vous informons qu'en application des dispositions de l'article 85 du Décret Exécutif 10-95 du 17.03.2010, vous êtes redevable d'un montant de 3 524,11 DA, faute de quoi la fourniture d'énergie sera suspendue.
نعلمكم انه تطبيقا لأحكام المادة 85 من المرسوم التنفيذي 95-10 بتاريخ 17.03.2010، انكم مدينون بمبلغ 3 524,11 دج، والا سيتم فصل تزويدكم بالطاقة.

Clé EBP 701
Clé EBB 701



Vos contrats		عقودكم	
العداد	البيان	المعامل	البيان
N° Compteur	Tarif	PMD	Coef
219282	54M	1.0	20 525 R
N° Compteur	Tarif	DMD	PCS
001190	23M	5m ³ h	8,7

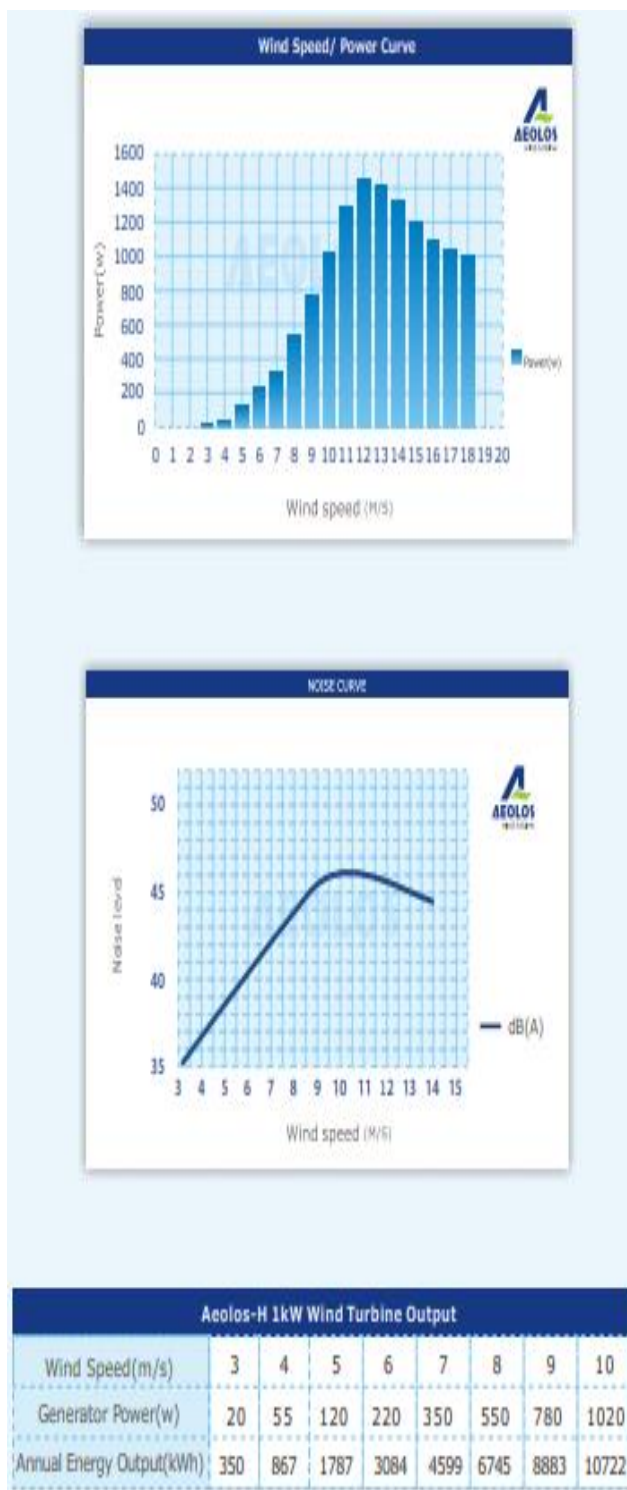
Electricité		الغاز	
N° Compteur / رقم العداد	البيان	N° Compteur / رقم العداد	البيان
219282	البيان	001190	البيان
Quantité / الكمية	125,00	Quantité / الكمية	1 125,00
Prix unitaire / السعر الوحدة	1,7707	Prix unitaire / السعر الوحدة	0,1602
Montant HT (9%)	744,70	Montant HT (9%)	635,42
Montant HT (19%)	1 077,09	Montant HT (19%)	425,97



Information importante: Vous pouvez régler votre facture au niveau de n'importe quelle agence commerciale, au niveau des bureaux d'Algérie poste, par virement, Par chèque bancaire ou postal, par paiement en ligne
مغومة نهتمكم: يمكنكم تسديد فواتيركم، في أي وكالة تجارية، في مكاتب بريد الجزائر، عبر حيك بنكن أو بردي، عبر التحويل المصرفي عبر الموقع الإلكتروني
www.sdc.dz
www.sdc.dz
Pour plus de détails sur votre facture, veuillez consulter le site
للتحويل على تفاصيل أكثر حول فاتورتكم تصفحوا موقع الشركة أو اadresser-vous à n'importe quelle agence commerciale.

Annexe 04

Fiche technique d'éolienne choisie

**TURBINE**

Rated power	1 kW
Start wind speed	2.5 m/s
Cut-in wind speed	3.0 m/s (6.7 mph)
Cut-out wind speed	25 m/s (55.9 mph)
Survival wind speed	45 m/s (100.7 mph)
Design lifetime	25 years
Overall weight	60 kg (132.3 lbs) including generator and blades

ROTOR

Rotor diameter	3.2 m (10.5 ft)
Rotor speed	350 rpm
Blade material	Glass fiber

GENERATOR

Frequency	50 Hz or 60 Hz (System Output)
Voltage	48 VDC
Type	Three phase permanent magnetic generator
Generator efficiency	> 0.96

CONTROL & SAFETY SYSTEM

Power control	Lateral deflection of the wind wheel
Secondary safety system	Electronic brake system

TOWERS

Free standing tower	9 m
Guyed tower	9 m

WARRANTY

Standard warranty	5 years
extended warranty	10 years

Annexe 05

Fiche technique d'onduleur choisie

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO

Maximum flexibility for the applications of tomorrow



SnapInverter technology



Integrated data communication



Dynamic Peak Manager



Smart Grid Ready



SuperFlex Design



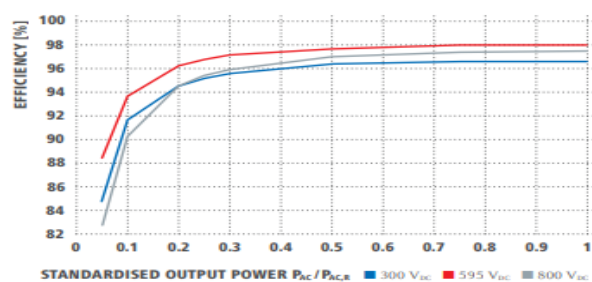
Zero feed-in

With power categories ranging from 3.0 to 20.0 kW, the transformerless Fronius Symo is the three-phase inverter for systems of every size. Owing to the SuperFlex Design, the Fronius Symo is the perfect answer to irregularly shaped or multi-oriented roofs. The standard interface to the internet via WLAN or Ethernet and the ease of integration of third-party components make the Fronius Symo one of the most communicative inverters on the market. Furthermore, the meter interface permits dynamic feed-in management and a clear visualisation of the consumption overview.

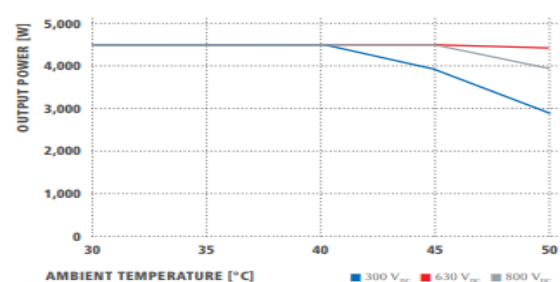
TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

INPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Number MPP trackers		1			2	
Max. input current ($I_{DC,max} 1 / I_{DC,max} 2$)		16.0 A			16.0 A / 16.0 A	
Max. array short circuit current (MPP ₁ / MPP ₂)		24.0 A			24.0 A / 24.0 A	
DC input voltage range ($U_{DC,MIN} - U_{DC,MAX}$)				150 - 1000 V		
Feed-in start voltage ($U_{DC,START}$)				200 V		
Usable MPP voltage range				150 - 800 V		
Number of DC connections		3			2+2	
Max. PV generator output ($P_{DC,max}$)	6.0 kW _{peak}	7.4 kW _{peak}	9.0 kW _{peak}	6.0 kW _{peak}	7.4 kW _{peak}	9.0 kW _{peak}
OUTPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
AC nominal output ($P_{AC,N}$)	3,000 W	3,700 W	4,500 W	3,000 W	3,700 W	4,500 W
Max. output power	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA
AC output current ($I_{AC,MAX}$)	4.3 A	5.3 A	6.5 A	4.3 A	5.3 A	6.5 A
Grid connection (voltage range)				3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)		
Frequency (Frequency range)				50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Total harmonic distortion				< 3 %		
Power factor ($\cos \phi_{AC}$)		0.70 - 1 ind. / cap.			0.85 - 1 ind. / cap.	
GENERAL DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensions (height x width x depth)			645 x 431 x 204 mm			
Weight		16.0 kg			19.9 kg	
Degree of protection			IP 65			
Protection class			1			
Overvoltage category (DC / AC) *			2 / 3			
Night time consumption			< 1 W			
Inverter design			Transformerless			
Cooling			Regulated air cooling			
Installation			Indoor and outdoor installation			
Ambient temperature range			-25 - +60 °C			
Permitted humidity			0 - 100 %			
Max. altitude			2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)			
DC connection technology		3x DC+ and 3x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²		4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16mm ² **		
AC connection technology		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16mm ² **		
Certificates and compliance with standards		OVE / ONORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 °, CEI 0-21 °, NRS 097				

FRONIUS SYMO 4.5-3-S EFFICIENCY CURVE



FRONIUS SYMO 4.5-3-S TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. efficiency			98.0 %			
European efficiency (η _{EU})	96.2 %	96.7 %	97.0 %	96.5 %	96.9 %	97.2 %
MPP adaptation efficiency			> 99.9 %			
PROTECTIVE DEVICES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
DC insulation measurement				Yes		
Overload behaviour				Operating point shift, power limitation		
DC disconnect				Yes		
Reverse polarity protection				Yes		
RCMU				Yes		

Annexe 06

Resultants ET discussion de la simulation



System Simulation Report

www.homerenergy.com

File: KHENCHLA_DOUNIA - CORRECT.homer

Author:

Location: C4GW+QC Khenchela, Algeria (35°25,6'N, 7°8,8'E)

Total Net Present Cost: 10 292,00 €

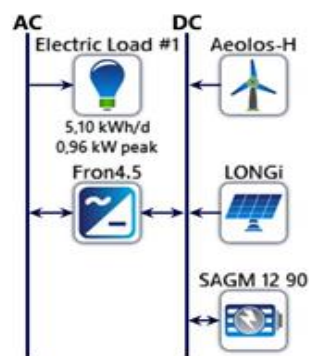
Levelized Cost of Energy (€/kWh): 0,428 €

Notes

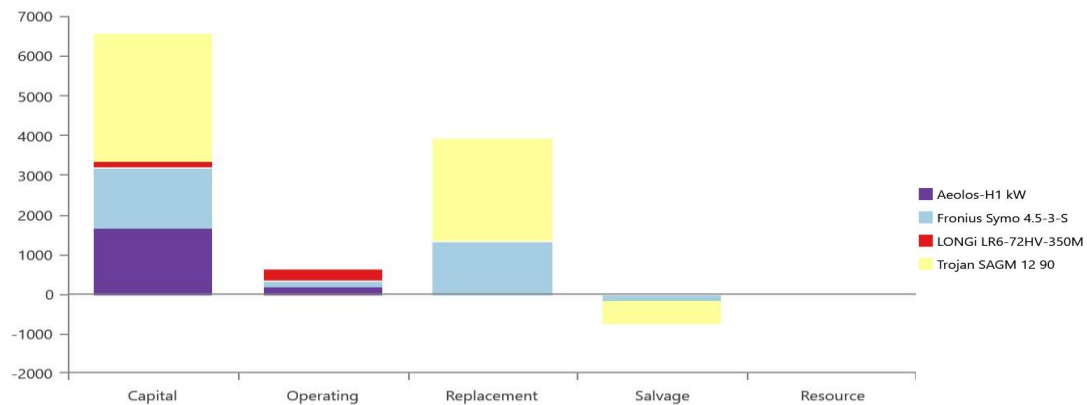
System Architecture

Component	Name	Size	Unit
PV	LONGi LR6-72HV-350M	1,44	kW
Storage	Trojan SAGM 12 90	4	strings
Wind turbine	Aeolos-H1 kW	1	ea.
System converter	Fronius Symo 4.5-3-S	5,00	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

Schematic



Cost Summary



Net Present Costs

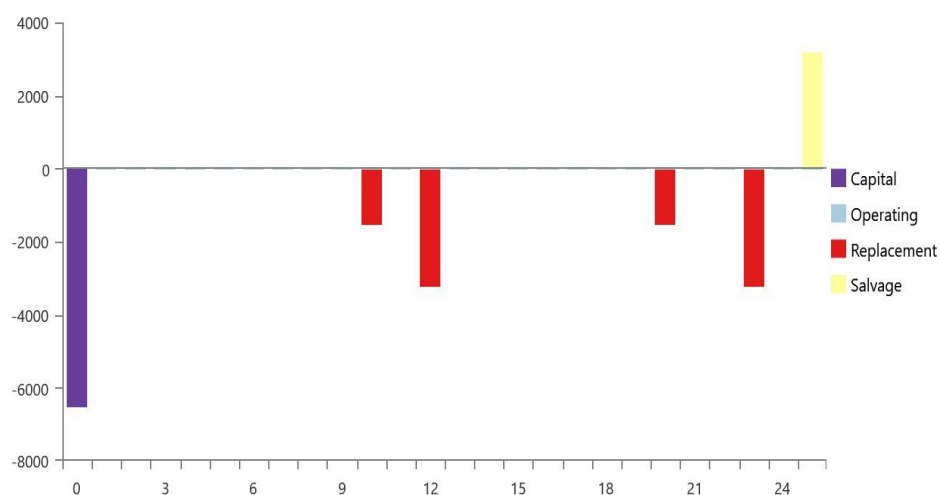
Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
Aeolos-H1 kW	1 691 €	193,91 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1 885 €
Fronius Symo	1 496 €	129,28 €	1 322 €	-179,19 €	0,00 €	2 768 €

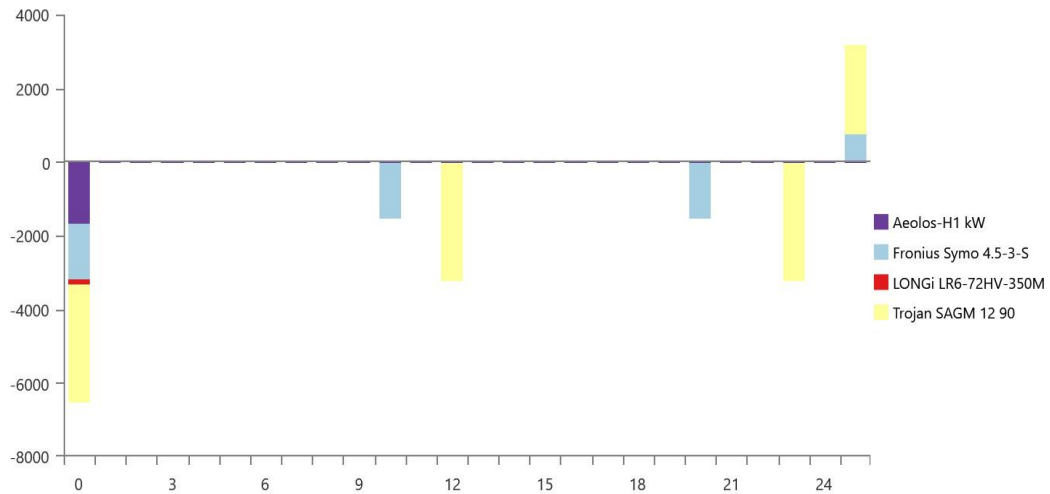
4.5-3-S						
LONGi LR6-72HV-350M	150,94 €	278,75 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	429,69 €
Trojan SAGM 12 90	3 200 €	0,00 €	2 589 €	-579,09 €	0,00 €	5 210 €
System	6 538 €	601,94 €	3 910 €	-758,28 €	0,00 €	10 292 €

Annualized Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
Aeolos-H1 kW	130,81 €	15,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	145,81 €
Fronius Symo 4.5-3-S	115,72 €	10,00 €	102,23 €	-13,86 €	0,00 €	214,09 €
LONGi LR6-72HV-350M	11,68 €	21,56 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	33,24 €
Trojan SAGM 12 90	247,53 €	0,00 €	200,25 €	-44,80 €	0,00 €	402,99 €
System	505,74 €	46,56 €	302,49 €	-58,66 €	0,00 €	796,13 €

Cash Flow





Electrical Summary

Excess and Unmet

Quantity	Value	Units
Excess Electricity	1 113	kWh/yr
Unmet Electric Load	0	kWh/yr
Capacity Shortage	0	kWh/yr

Production Summary

Component	Production (kWh/yr)	Percent
LONGi LR6-72HV-350M	2 313	73,2
Aeolos-H1 kW	846	26,8
Total	3 159	100

Consumption Summary

Component	Consumption (kWh/yr)	Percent
AC Primary Load	1 862	100
DC Primary Load	0	0
Total	1 862	100

PV: LONGi LR6-72HV-350M

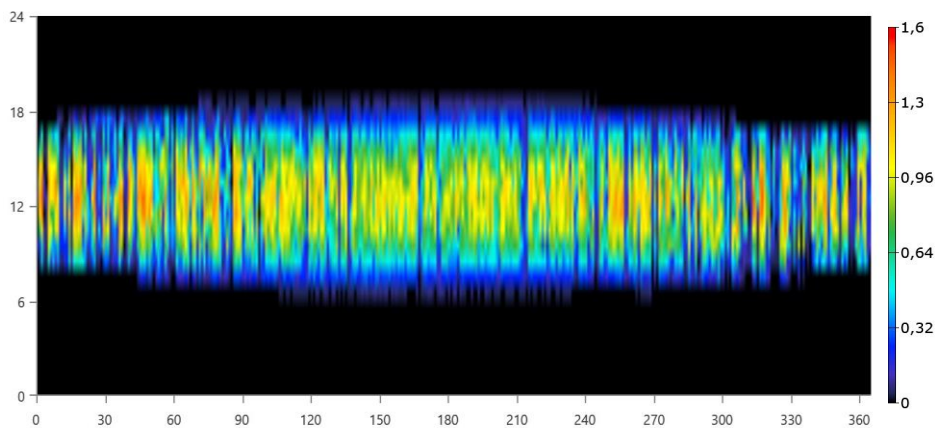
LONGi LR6-72HV-350M Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,53	kW
PV Penetration	124	%
Hours of Operation	4 379	hrs/yr
Levelized Cost	0,0144	€/kWh

LONGi LR6-72HV-350M Statistics

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	1,44	kW
Mean Output	0,264	kW
Mean Output	6,34	kWh/d
Capacity Factor	18,4	%
Total Production	2 313	kWh/yr

LONGi LR6-72HV-350M Output (kW)



Wind Turbine: Aeolos-H1 kW

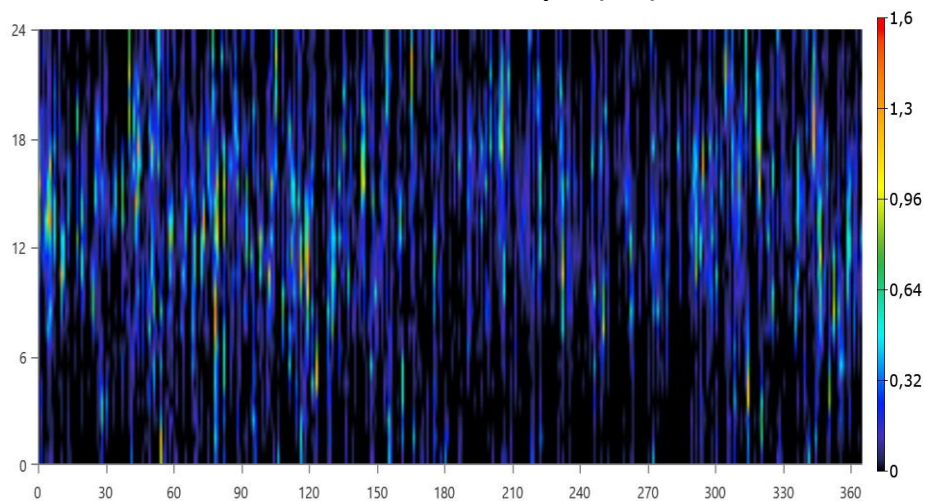
Aeolos-H1 kW Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0,000217	kW
Maximum Output	1,43	kW
Wind Penetration	45,4	%
Hours of Operation	8 760	hrs/yr
Levelized Cost	0,172	€/kWh

Aeolos-H1 kW Statistics

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	1,00	kW
Mean Output	0,0966	kW
Capacity Factor	9,66	%
Total Production	846	kWh/yr

Aeolos-H1 kW Output (kW)



Storage: Trojan SAGM 12 90

Trojan SAGM 12 90 Properties

Quantity	Value	Units
Batteries	16,0	qty.
String Size	4,00	Batteries
Strings in Parallel	4,00	Strings
Bus Voltage	48,0	V

Trojan SAGM 12 90 Result Data

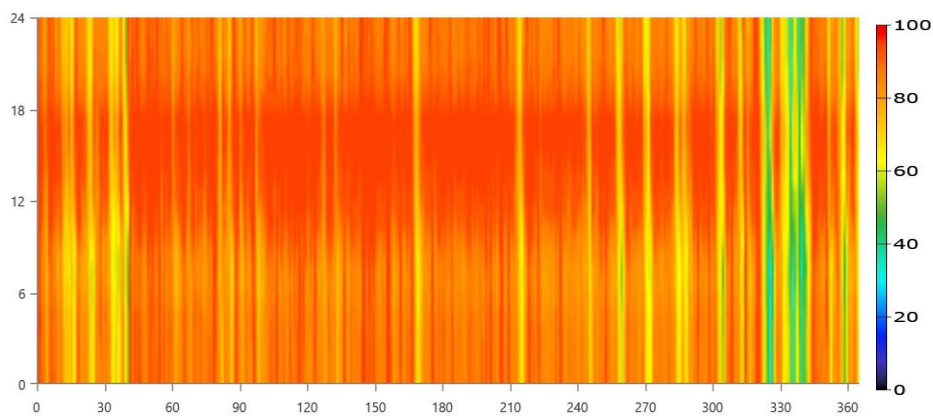
Quantity	Value	Units
Average Energy Cost	0	€/kWh
Energy In	919	kWh/yr
Energy Out	789	kWh/yr
Storage Depletion	7,76	kWh/yr
Losses	139	kWh/yr

Annual Throughput	855	kWh/yr
--------------------------	-----	--------

Trojan SAGM 12 90 Statistics

Quantity	Value	Units
Autonomy	72,2	Hr
Storage Wear Cost	0,364	€/kWh
Nominal Capacity	19,2	kWh
Usable Nominal Capacity	15,4	kWh
Lifetime Throughput	9 526	kWh
Expected Life	11,1	Yr

Trojan SAGM 12 90 State of Charge (%)



Converter: Fronius Symo 4.5-3-S

Fronius Symo 4.5-3-S Electrical Summary

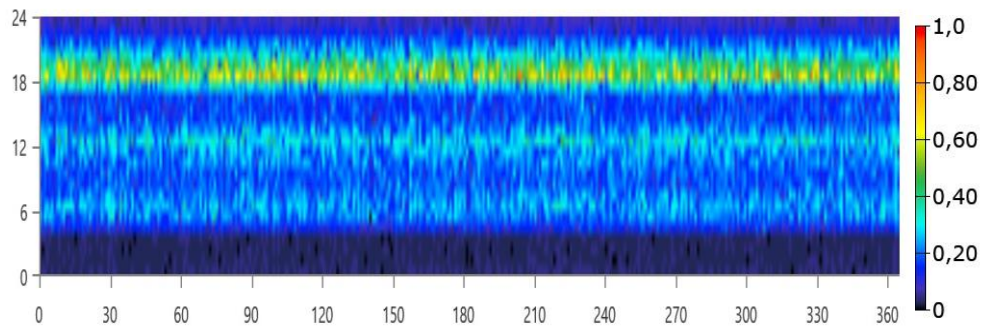
Quantity	Value	Units
Hours of Operation	8 760	hrs/yr
Energy Out	1 862	kWh/yr
Energy In	1 915	kWh/yr
Losses	53,6	kWh/yr

Fronius Symo 4.5-3-S Statistics

Quantity	Value	Units
Capacity	5,00	kW
Mean Output	0,213	kW
Minimum Output	0,00942	kW

Maximum Output	0,958	kW
Capacity Factor	4,25	%

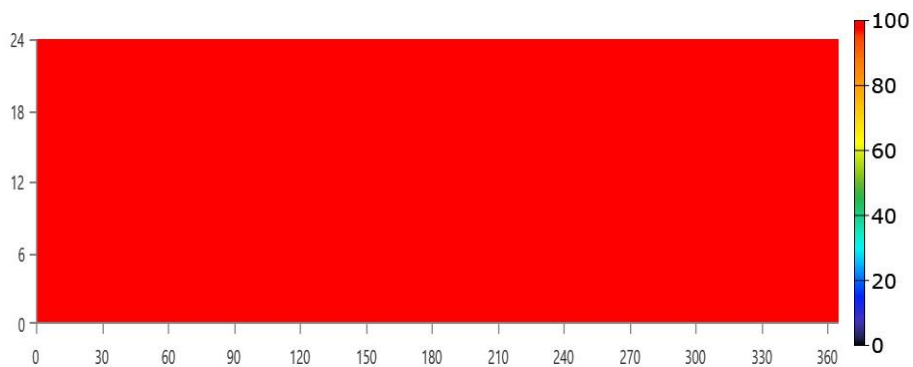
Fronius Symo 4.5-3-S Inverter Output (kW)



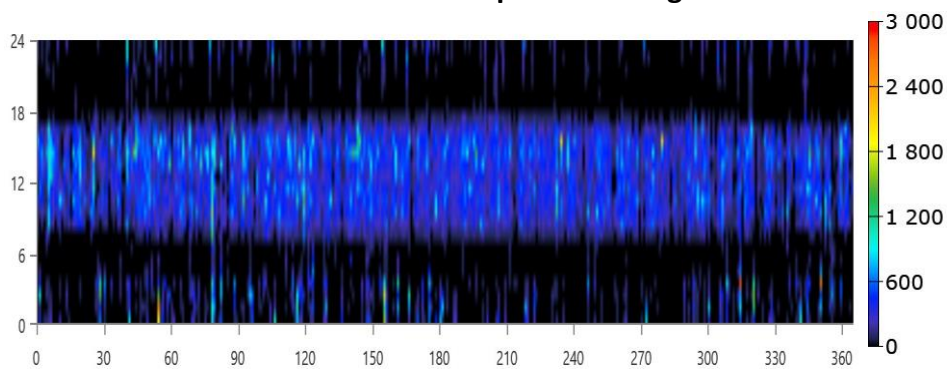
Renewable Summary

Capacity-based metrics	Value	Unit
Nominal renewable capacity divided by total nominal capacity	100	%
Usable renewable capacity divided by total capacity	100	%
Energy-based metrics	Value	Unit
Total renewable production divided by load	170	%
Total renewable production divided by generation	100	%
One minus total nonrenewable production divided by load	100	%
Peak values	Value	Unit
Renewable output divided by load (HOMER standard)	2 994	%
Renewable output divided by total generation	100	%
One minus nonrenewable output divided by total load	100	%

Instantaneous Renewable Output Percentage of Total Generation



Instantaneous Renewable Output Percentage of Total Load



100% Minus Instantaneous Nonrenewable Output as Percentage of Total Load

