REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de **T**echnologie

Département du **G**énie **E**lectrique

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : ***Electrotechnique***

Spécialité : ***Commandes Electriques***

Optimisation d'un système hybride en utilisant des sources renouvelables

---

Présentés par :

SELLANI Zakaria

YOUS Mustapha

Proposés et Dirigés par :

Dr. Yahiaoui Adel

Promotion 2023

Remerciement

Avant toute chose, nous souhaitons exprimer notre gratitude à Dieu qui nous a soutenus et nous a accordé la patience et le courage nécessaires pour achever ce mémoire. Bien entendu, nous aimerions commencer ces remerciements en témoignant notre respect profond et notre reconnaissance envers le

Dr. Yahiaoui Adel, docteur à l'université Médéa, pour son encadrement et ses conseils patiemment tout au long de ce travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements aux membres du jury. Nous ne pouvons pas oublier de mentionner tous les enseignants du département de Génie électrique de l'Université Médéa qui ont contribué à notre parcours académique.

Dédicace

Je dédie ce travail,
Mes chers parents qui ont sacrifié leur vie pour Mon succès et encouragé que dieu
Garde heureux pour toujours
A mon frère et mes sœurs, et leurs enfants
A toute la famille Sellani
Sans oublier tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation, depuis le primaire jusqu'à ce jour, En particulier :
Dr. Yahiaoui Adel
A toute mes amis surtout et mes collègues surtout Mustapha et Yazid à tous ceux qui m'ont aidé pour réaliser ce mémoire
A l'ensemble des étudiant de ma promotion, particulièrement ceux d'électrotechnique
Enfin, à tous ceux que j'aime, et qui m'aiment.

Zakaria

Dédicace

Je dédie ce travail,
Mes chers parents qui ont sacrifié leur vie pour Mon succès et encouragé que dieu
Garde heureux pour toujours
A toute la famille Yous
Sans oublier tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation, depuis le primaire jusqu'à ce jour, En particulier :
Dr. Yahiaoui Adel
A toute mes amis (Djamel , Souhib et Said),(imane) et mes collègues surtout (Zakaria et yazid) à tous ceux qui m'ont aidé pour réaliser ce mémoire
A l'ensemble des étudiant de ma promotion, particulièrement ceux d'électrotechnique
Enfin, à tous ceux que j'aime, et qui m'aiment.

Mustapha

الملخص

في هذه العمل، قمنا بمحاكاة النظام الهجين باستخدام برنامج الطاقة هومر، حيث يتكون النظام الهجين من (الألواح الشمسية، وتوربينات الرياح) مع بطاريات التخزين لتزويد 20مسكنا غير مزود بالكهرباء بمطقة (وزرة) وبأخذ النتائج المقدمة ببرنامج هومر لمنطقة ووزرة وحصلنا على تكلفة كال يوم من كل فصل و تكلفة الطاقة (1 كيلو واط ساعة / دولار أمريكي) و كذلك العدد الأمثل والخصائص لكل من (الألواح الشمسية و توربينات الرياح) مع بطاريات التخزين.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، النظام الهجين، الطاقة الكهروضوئية، وتوربينات الرياح بطاريات ، هومر.

Abstract

In this work, we simulate the hybrid system using the Homer power program, where the hybrid system is composed from (solar panels, wind turbines) with storage batteries to supply 20 homes that are not equipped with electricity in the (Ouzzera) area

And by taking the results presented by the Homer program for the Ouzzera region, we obtained the cost of each day of each season and the cost of energy (1kWh / USD), as well as the optimal number and characteristics for each of (solar panels and wind turbines) with storage batteries.

Keywords: renewable energy, hybrid system, photovoltaic energy, wind turbines, batteries, Homer.

Résumé

Dans ce travail, nous simulons le système hybride en utilisant le programme de puissance Homer, où le système hybride est composé De (panneaux solaires, éoliennes) avec des batteries de stockage pour alimenter 20 foyers non équipés en électricité dans la zone de (Ouzzera).

Et en reprenant les résultats présentés par le programme Homer pour la région de Ouzzera, nous avons obtenu le coût de chaque jour de chaque saison et le coût de l'énergie (1kWh / USD), ainsi que le nombre optimal et les caractéristiques de chacun (panneaux solaires et éoliennes) avec batteries de stockage.

Mots clés: énergie renouvelable, système hybride, énergie photovoltaïque, éoliennes, batteries, Homer.

Table des matières

Introduction générale…….....I

Chapitre I Généralités

I .1 Introduction……1

I .2 Energies renouvelables……...1

I .3. Types d'énergies renouvelables……2

I .3.1. La biomasse……2

I.3.2. L'hydraulique……...3

I.3.3. La géothermique……...4

I.3.4. Énergie solaire……..4

I.3.4.1. Energie solaire photovoltaïque……5

I.3.4.2. Description d'un système PV……6

I.3.4.3. Fonctionnement et constituants d'un système photovoltaïque……7

I .3.5. Avantages et inconvénients des systèmes photovoltaïques……7

I .3.6. Énergie éolienne ……....8

I .3.6.1. Description d'une chaine de conversion éolienne…….....9

I .3.6.2. Puissance récupérable par une éolienne…….....9

I .3.6.3. Les types d'éolienne……...10

I .3.6.4. Type d'installation……..10

I .3.6.5. Composants d'une éolienne……...11

I .4. La nécessité des systèmes hybrides ……...12

I .4.1. Définition ……...12

I .4.2. Les avantages et les inconvénients d'un système hybride…….....13

I .4.3.System hybride étude ……...13

I .4.3.1.Système hybride photovoltaïque-éolien ……...13

I .4.3.2. Principaux composantes d'un système d'étude ……14

I .5. Conclusion ……...14

Chapitre II Modélisation du système proposé

II.1.Introduction……...15

II.2.Modélisation des composants du système……...15

II.2.1.Les panneaux photovoltaïque…….....15

II.2.2. Les Eoliens…….16

II.2.3. Les batteries……..16

II.2.4.Les convertisseurs…….....17

II.3.Paramètres économique pour système d'énergie renouvelable Hybride……20

II.3.1.Coût de l'énergie (COE)……...20

II.3.2.Valeur actuelle net (NPC)…….21

II.4.Le choix des composants …….....24

II.4.1.Caractéristiques technique de chaque composant ……24

II.4.2.Caractéristiques économique de chaque composant …….....26

II.5.Conclusion…….....27

Chapitre III Présentation de logiciel

III.1.Introduction…….28

III.2.Présentation du logiciel HOMER……..28

III.3.Principal caractéristiques…….....29

III.4. Interfaces …….....30

III.5. Données d'entrée……34

III.6. Résultats pouvant être obtenus…….35

III.7.Méthodologies spécifiques aux simulations……..38

III.8.Résultats à analyser…….38

III.9.Conclusion.....38

Chapitre IV Résultats de simulation et discussions

IV.1 Introduction…….39

IV.2.Présentation des données du site……39

IV.3. Les données Météorologique……40

IV.3.1.Données relative à l'irradiation……...40

IV.3.2.Données relative à vitesse de vent ……..41

IV.3.3.Données relative à la température……42

IV.3.4.Données relative à profile de charge……..43

IV.4.Construction de système hybride de génération d'énergie…….43

IV.5. Résultats de système……..44

IV.5.1.Le générateur photovoltaïque ……...49

IV.5.2. Le générateur éolienne ……..50

IV.5.3.Résultats obtenue par les batteries ……51

IV.5.4.Résultats obtenue par les convertisseurs bidirectionnels…….53

IV.5.5.Interprétation des résultats optimisent……..…....55

IV.6. Comparaison de résultats de quatre saisons……..57

IV.7. Comparaison de COE et NPC par rapport PV et éolienne……61

IV.8. Conclusion……..65

Conclusion générale…….....III

Chapitre I Généralités

Figure I.1. Différents types d'énergies renouvelables. ……2

Figure I.2. La Production d'énergie par la biomasse. ……..3

Figure I.3. Les Energies de L'hydraulique ……3

Figure I.4. Le principe d'énergie géothermique ……4

Figure I.5. Procédé d'utilisation de l'énergie solaire. ……5

Figure I.6. Système Photovoltaïque ……6

Figure I.7. Le déplacement des électrons dans une cellule photovoltaïque. ……...6

Figure I.8. Chaine de conversion photovoltaïque autonome. …….....7

Figure I.9. Les énergies de l'éoliens. ……9

Figure I.9. Type d'éolienne : (a) : à axe horizontal, (b) : à axe vertical……..10

Figure I.10. Les constituants d'une éolienne…….11

Figure I.11. Schéma d'une chaine de conversion d'énergie éolienne……..12

Chapitre III Présentation de logiciel

Figure III.1.Modèle conceptuel du logiciel HOMER ……..29

Figure III.2.Interface HOMER – Fichier vierge……...31

Figure III.3.Interface HOMER – Équipements à ajouter……...31

Figure III.4.Interface HOMER – Équipements sélectionnés……...32

Figure III.5.Interface HOMER – Ressources ……..32

Figure III.6.Interface HOMER – Fichier complété……..33

Figure III.7.Interface HOMER – Résultats des calculs……...34

Figure III.8.Données à fournir……...35

Figure III.9.Résultats obtenus après simulation.....35

Figure III.10.Résumé des résultats ……..…….....36

Figure III.11.Fenêtre des résultats détaillés…….…….37

Chapitre IV Résultats de simulation et discussions

Figure IV.1. Localisation géographique du site en étude. ……...39
Figure IV.2. L'irradiation pendant une journée de chaque saison ……...40
Figure IV.3. Profile de vitesse de vent pendant une journée de chaque saison……..41
Figure IV.4. Profile de température pendant un jour de chaque saison……...42
Figure IV.5. Le profil de charge pendant une journée de chaque saison……..43
Figure IV. 6. Montage électrique du système hybride…….44
Figure IV.7. Tous les résultats optimisés de système hybride (A B C D) ……..45
Figure IV. 8. Résultats optimale pour le système hybride……...46
Figure IV. 9. Résultats optimisés d'un système…….47
Figure IV. 10. Quantité de production d'électricité d'une journée de chaque saison……...48
Figure IV.11. Fonctionnement de générateur photovoltaïque……50
Figure IV. 12 .Fonctionnement de générateur éolienne photovoltaïque……51
Figure IV. 13. Statistiques saisonnières pour le chargement des batteries une journée pour chaque saison……53
Figure IV. 14. Résultats obtenues par le redresseur. ……...55
Figure IV.15.Résultats obtenue par l'onduleur……55
Figure IV. 16.Les différents coûts de quatre systèmes. ……..55
Figure IV. 17. Résumé des coûts des diverses composantes. ……...56
Figure IV. 18. Les résultats simulation de système en hiver……57
Figure IV. 19. Les résultats simulation de système en printemps……...58
Figure IV. 20. Les résultats simulation de système en été……59
Figure IV. 21. Les résultats simulation de système en automne……..60
Figure IV. 22. NPC par rapport PV……...61
Figure IV. 23. NPC par rapport éolienne……..62
Figure IV.24. NPC par à pour PV……..63
Figure IV. 25. COE par à pour éolienne……64

Liste des tableaux

Chapitre II Modélisation du système proposé

Tableau II.1.Tableau technique du Panneau solaire choisi…….24
Tableau II.2.Tableau technique du convertisseur choisi…….25
Tableau II.3.Tableau technique de la batterie choisie…….25
Tableau II.4.Tableau technique de l'éolienne choisie……..26
Tableau II.5.Tableau économique du Panneau solaire choisi…….26
Tableau II.6.Tableau économique du convertisseur choisi…….26
Tableau II.7.Tableau économique du convertisseur choisi…….27
Tableau II.7.Tableau économique du l'éolienne choisie…….27

Chapitre III Présentation de logiciel

Tableau III.1.Significatif de logiciel HOMER ci-dessous……28

Chapitre IV Résultats de simulation et discussions

Tableau IV. 1. Quantité de production d'électricité d'une journée pour chaque saison ……...48

Tableau IV. 2. Information concernant la production d'énergie par le PV une journée pour chaque saison……49
Tableau IV. 3. Information concernant la production de l'énergie éolienne une journée pour chaque saison……...50
Tableau IV.4. Résultats obtenue par les batteries une journée pour chaque saison…….....52

Tableau IV.5. Résultats obtenue par le convertisseur une journée pour chaque saison…….54

Notations

PV : Photovoltaïque

Ppv : Puissance de photovoltaïque

Npv : Nombre des cellules photovoltaïque

ER : énergie renouvelable

Ci : Coût initial

Epv : l'énergie produite par le générateur photovoltaïque

Ew : l'énergie produite par l'éolienne

Ech : l'énergie demandée par la charge

PV-E : Système hybride photovoltaïque-éolienne

I : Courant

V : Tension

Homer : Hybride model d'Optimisation pour l'énergie renouvelable

(Logiciel produit par le Laboratoire National de l'énergie renouvelable).

NREL : Laboratoire national des énergies renouvelables

NPC : coût à valeur actuelle (Net present cost)

COE : Le coût d'énergie

EH : Système énergie hybride

KW : Kilo Watt

CC : Courant continu

CA : Courant alternatif

Pmpp : Puissance max

Impp : Courant à puissance max

Vmpp : Tension à puissance max.

Isc : Courant de court-circuit

Voc : Tension en circuit ouvert

Isc : Coefficient de température

Ah : Ampère par heure

Cin : le coût initial en capital

Crep : le coût de remplacement

Com : le coût d'opération et maintenance

$: Dollar

CRF : Facteur de Récupération du Capital

PVsal : la valeur actuelle de récupération du système hybride

η: Rendement énergétique

Notations

Pcon: Puissance de convertisseur

A : une journée hivernal

B : une journée de printemps

C : une journée d'été

D: une journée d'automne

Introduction Générale

Introduction générale

La consommation d'énergie ne cesse d'augmenter. La grande partie de l'énergie consommée provient des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon, …etc.) dont l'utilisation massive peut conduire à l'épuisement de ces réserves et menace réellement l'environnement. Cette menace s'est manifestée principalement à travers la pollution et le réchauffement global de la terre par effet de serre [1].

Les énergies renouvelables appelées aussi les énergies vertes, alternatives ou propres ont apportés énormément de solutions aux problèmes rencontrés lors de l'exploitation des énergies fossiles. En effet, les énergies renouvelables présentent un impact écologique positif, et elles répondent aux normes internationales en matière de la lutte contre la pollution.

Les énergies renouvelables les plus utilisées sont les énergies solaires, éoliennes et hydrauliques. Cependant, les vitesses de vent et l'irradiation solaire ne sont pas constantes et dépendent des conditions météorologiques. D'où l'intérêt de les hybrider afin d'atténuer l'effet intermittent de ces dernières, en compensant l'une avec l'autre. Cela permet d'équilibrer le flux de production et dépondre au besoin de la charge. De plus, pour une utilisation en autonome (off-grid), un système de stockage sera indispensable. En général, les batteries sont les plus utilisées [2] [3].

Dans cette étude, nous allons utiliser deux sources d'énergie renouvelable, l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne, pour approvisionner en électricité 20 habitations autonomes. Afin d'assurer un fonctionnement optimal, il est essentiel de dimensionner précisément l'ensemble du système. De plus, une gestion de l'énergie est nécessaire pour réguler le flux de puissance entre les différents sous-systèmes : le générateur éolien, le générateur photovoltaïque et le système de stockage par batteries.

Ce mémoire sera structuré comme suit :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous présenterons des généralités sur les systèmes hybrides et les différentes configurations possibles.
- ✓ Le deuxième chapitre se concentre sur la modélisation des composants ainsi que sur les caractéristiques techniques et économiques de chaque élément du système. Ce chapitre examine en détail la manière dont les composants sont conçus et modélisés, en mettant l'accent sur leurs caractéristiques techniques spécifiques.

- ✓ Le chapitre trois de ce travail consistera en une présentation détaillée du logiciel "HOMER".
- ✓ Au dernier chapitre, une étude économique sera faite en utilisant le logiciel "HOMER".

À la clôture de ce document, une conclusion exhaustive ainsi que des perspectives futures seront exposées.

Chapitre I. Généralités

I .1 Introduction

Les questions soulevées par la consommation mondiale d'énergie portent sur l'impact du changement climatique et l'épuisement des ressources énergétiques. Actuellement, plus de 85 % de l'énergie produite provient de matières fossiles telles que le pétrole, le charbon, le gaz naturel ou l'énergie nucléaire, ce qui rend la production d'électricité largement dépendante des sources d'énergie classiques qui s'épuiseront à terme. Les formes de production d'électricité conventionnelles ont des impacts environnementaux considérables tels que les émissions de gaz à effet de serre causant un changement climatique irréversible ou les problèmes de stockage des déchets radioactifs résultant de la contamination radioactive nucléaire à long terme.

Les technologies d'énergie renouvelable, telles que le photovoltaïque et les éoliennes, sont en croissance et peuvent produire de l'électricité ou de la chaleur. Cependant, leur déploiement est limité par les coûts et les problèmes technologiques. Au fil des dernières décennies, les générateurs photovoltaïques et les éoliennes ont connu une amélioration considérable de leur efficacité et de leur fiabilité, tandis que les coûts d'investissement ont été réduits.

Le premier chapitre de ce texte se concentrera sur l'étude des systèmes d'énergie renouvelable, leur nécessité d'hybridation, leurs propriétés physiques et électriques, leurs limites, leurs modèles, ainsi que leurs avantages et inconvénients. Les différentes composantes de ces sources d'énergie seront également examinées.

I .2 Energies renouvelables

On appelle énergie renouvelable un ensemble de ressources d'énergie qui sont inépuisables à l'échelle humaine, infiniment disponibles, particulièrement gratuites et sont compatibles avec quelque considération environnementale. Une source d'énergie est dite renouvelable à cause de sa disponibilité d'utilisation. Les technologies des énergies renouvelables offrent la promesse d'une énergie propre et abondante recueillie à partir de ressources auto-renouvelables telles que le soleil, le vent, l'eau, la terre et les plantes. L'intérêt croissant pour le développement des énergies renouvelables est motivé par plusieurs constats : le changement climatique, l'augmentation de la demande d'énergie, la limitation des réserves de combustibles fossiles, le faible rendement global du système énergétique en particulier des pays occidentaux [4].



Figure I.1. Différents types d'énergies renouvelables.

I .3. Types d'énergies renouvelables

Les énergies renouvelables se subdivisent en cinq types d'énergies, à savoir éolienne, solaire, biomasse, géothermique et hydraulique.

I .3.1. La biomasse

La biomasse est la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture et de l'élevage des animaux, de la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux. La biomasse peut être utilisée principalement de deux manières :

- Lors de la fermentation des déchets, le gaz méthane peut être capté et utilisé comme source d'énergie,
- La biomasse elle-même peut être incinérée.

Dans tous les deux cas, l'énergie thermique peut être utilisée pour produire de l'électricité dans des centrales thermiques.

L'intérêt est que le dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère lors de l'incinération de la biomasse ou le méthane est compensé par celui absorbé par la repousse des plantes qui, entre outre, sont la source principale de biomasse. De cette manière, le bilan carbone peut être proche de zéro [5].



Figure I.2. La Production d'énergie par la biomasse [6].

I.3.2. L'hydraulique

L'énergie électrique est produite par la transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie électrique par l'intermédiaire d'un rotor alternateur relié à un ensemble mécanique situé autour de la roue motrice. La quantité d'énergie extraite de l'eau retenue derrière un barrage dépend du volume d'eau et de la hauteur de chute. Cette source à l'avantage de ne pas être polluante. On peut maitriser le stockage de l'énergie d'une manière assez simple afin de débarrasser les cours d'eau des déchets grâce aux différents filtres des barrages, la technologie nécessaire pour son utilisation est maîtrisée. Le bruit, l'impact sur la vie aquatique, des installations complexées, et des sites limités pour l'exploitation sont ses principaux inconvénients [7].

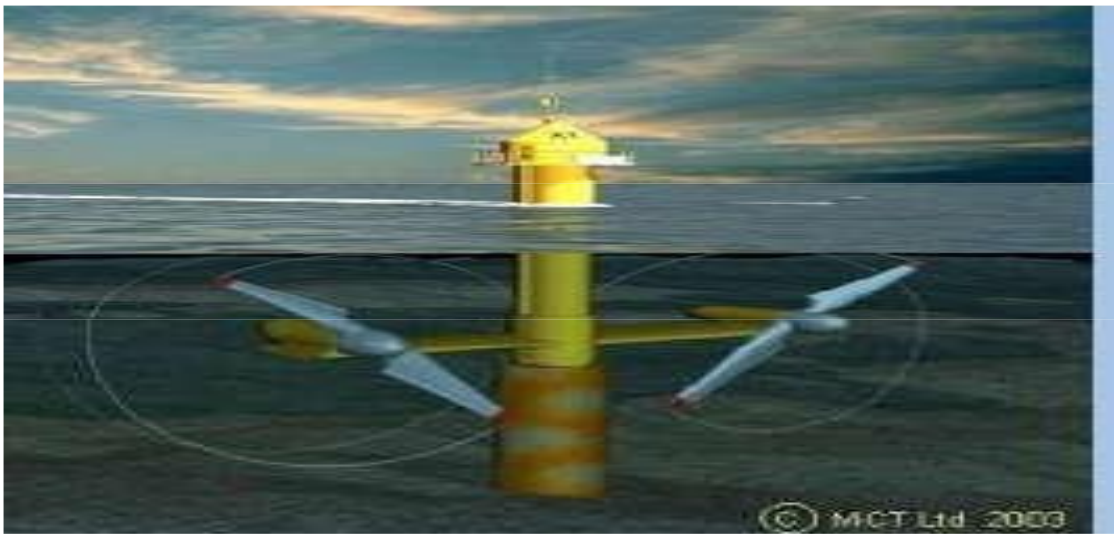


Figure I.3. Les Energies de L'hydraulique [8].

I.3.3. La géothermique

Dans le contexte des sciences pour l'ingénieur, le terme de « géothermie » regroupe des moyens de capter l'énergie thermique de l'intérieur du globe terrestre et de l'utiliser comme source de chaleur ou de la convertir en électricité par des turbines et générateurs électriques. Pour capter l'énergie géothermique, un fluide est mis en circulation dans les profondeurs de la terre. Ce fluide peut être celui d'une nappe captive naturelle, de l'eau injectée dans une roche chaude imperméable ou dans des puits spéciaux. Dans tous les cas, le fluide se réchauffe et remonte avec une température supérieure [5].



Figure I.4. Le principe d'énergie géothermique [8].

I.3.4. Énergie solaire

Ce type d'énergie renouvelable est directement issu de la capture du rayonnement solaire. Il utilise des dispositifs spécifiques pour absorber et redistribuer l'énergie solaire en deux modes de fonctionnement principaux. Le premier mode, appelé Solaire PV, utilise des panneaux solaires photovoltaïques pour capter l'énergie solaire et la transformer en électricité. Le deuxième mode, connu sous le nom d'énergie solaire thermique, utilise des capteurs solaires thermiques tels que des chauffe-eau solaires, des systèmes de chauffage et des panneaux solaires thermiques pour capter et redistribuer la chaleur du soleil. Cependant, contrairement au premier mode, l'énergie solaire thermique est rarement utilisée pour produire de l'électricité.

Non polluante, économique, disponible, aisément transformable, telle est l'énergie solaire. Grâce à des équipements robustes et fiables, les modules photovoltaïques, elle permet de produire de l'électricité [9].

L'énergie solaire est produite et utilisée selon deux procédés qui sont présentée dans la figure.

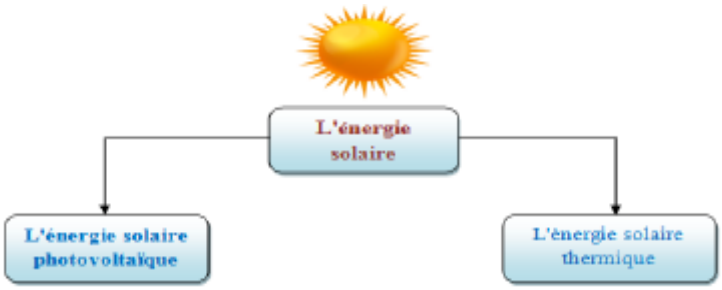


Figure I.5. Procédé d'utilisation de l'énergie solaire.

Notre recherche repose sur un système hybride qui incorpore en partie l'énergie solaire photovoltaïque.

I.3.4.1. Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque (PV) est générée par la conversion directe de l'énergie contenue dans les photons du rayonnement lumineux, qu'il provienne du soleil ou d'une autre source, en énergie électrique. Cette conversion est réalisée grâce à des modules photovoltaïques qui sont composés de cellules ou de photopiles. Ces composants sont fabriqués à partir de matériaux sensibles aux longueurs d'ondes du spectre visible de la lumière, et ils permettent de transformer cette énergie lumineuse en énergie électrique utilisable.

L'association de plusieurs cellules PV en série/parallèle donne lieu à un générateur photovoltaïque (GPV) qui a une caractéristique statique courant-tension I(V) non linéaire et présentant un point de puissance maximale (PPM). Cette caractéristique dépend du niveau de rayonnement et de la température de la cellule ainsi que du vieillissement de l'ensemble [7].

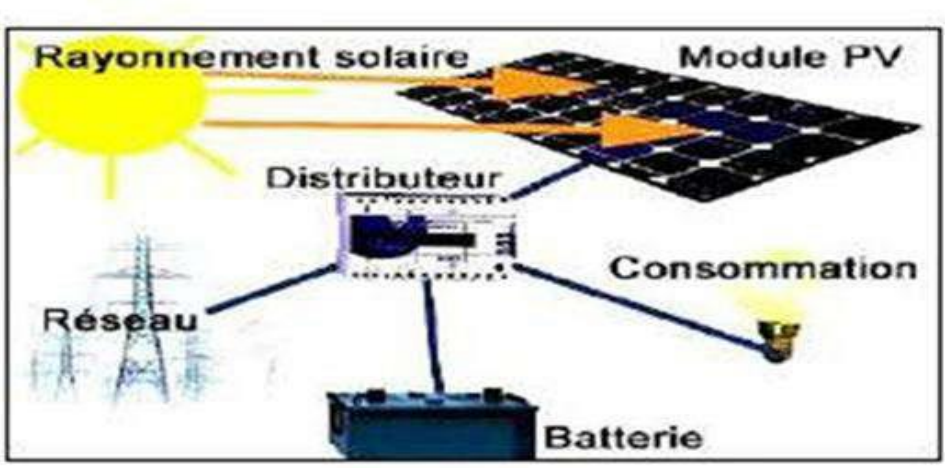


Figure I.6. Système Photovoltaïque [10].

I.3.4.2. Description d'un système PV

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie renouvelable, qui permet de produire l'électricité à partir du rayonnement solaire grâce à des cellules photovoltaïques montées en série et/ou en parallèle [11]. La cellule est composée de deux types de cristaux de silicium dits « dopés » une zone dopée « N » et l'autre dopée « P », le dopage permet de créer un déséquilibre entre les deux couches l'une sera en déficit l'autre en excédant.

Les électrons en excédant seront alors ramenés à circuler entre les deux couches pour trouver une place, lorsque les photons (l'énergie solaire) traversent la cellule, ils provoquent le déplacement d'électrons des deux couches N et P quittant alors leur zone respective. Cette agitation d'électrons est la définition même de l'électricité. L'addition des réactions de toutes les cellules du panneau solaire constituent donc l'électricité brute fournie par le panneau [12].

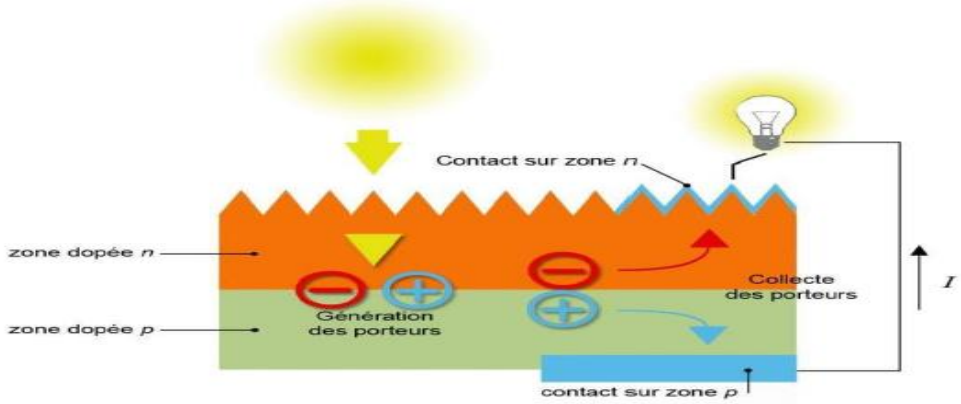


Figure I.7. Le déplacement des électrons dans une cellule photovoltaïque.

I.3.4.3. Fonctionnement et constituants d'un système photovoltaïque

Les systèmes photovoltaïques sont des équipements utilisés pour fournir de l'énergie électrique à partir des irradiations solaires, afin d'être consommé par l'homme. Les éléments qui constituent une chaine de conversion photovoltaïque sont notamment des panneaux photovoltaïques, un système de régulation, des convertisseurs statiques, éventuellement un système de stockage permettant de stocker le surplus d'énergie solaire et une charge [13].

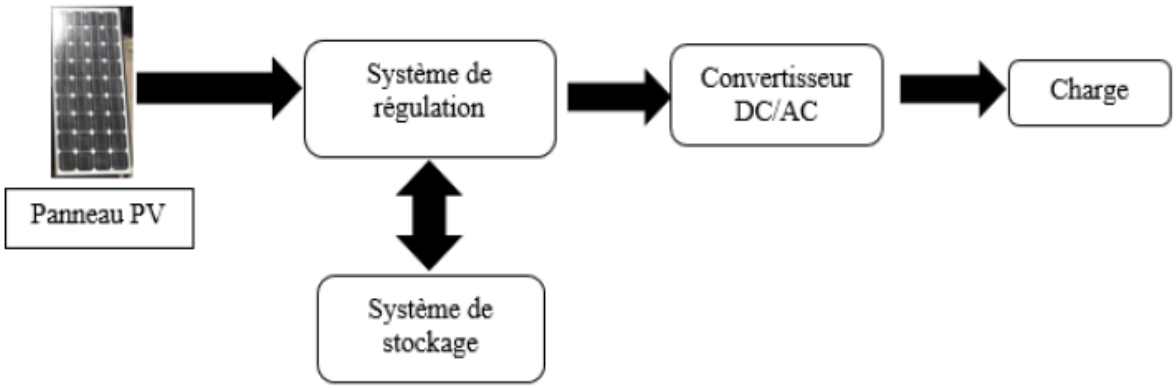


Figure I.8. Chaine de conversion photovoltaïque autonome.

I .3.5. Avantages et inconvénients des systèmes photovoltaïques

A. Avantages

- La nature modulaire des panneaux photovoltaïques permet un assemblage simple et adaptable pour répondre aux différents besoins énergétiques. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications électriques.
- La technologie photovoltaïque a des caractéristiques environnementales car le produit final est non polluant, silencieux et ne perturbe pas l'environnement.
- Haute fiabilité sans pièces mobiles, ce qui le rend particulièrement adapté aux zones isolées. C'est pour quoi il est utilise sur les engins spatiaux.
- Il a des coûts d'exploitation très faibles en raison d'un faible entretien et ne nécessite pas de carburant, de transport ou de personnel hautement spécialisé. [14].

B. Inconvenient

- La fabrication de modules photovoltaïques est de haute technologie et nécessite des investissements élevés.
- L'efficacité de conversion réelle de l'unité est faible, environ 10 à 15 %, les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs avec les générateurs diesel que pour les faibles besoins en énergie dans les zones isolées.
- La source n'est pas toujours disponible.
- Occupation de l'espace pour les grandes installations [14].

I .3.6. Énergie éolienne

L'énergie d'origine éolienne fait partie des énergies renouvelables. L'aérogénérateur utilise l'énergie cinétique du vent pour entraîner l'arbre de son rotor : celle-ci est alors convertie en énergie mécanique elle-même transformée en énergie électrique par une génératrice électromagnétique accouplée à la turbine éolienne. Ce couplage mécanique peut être soit direct si turbine et génératrice ont des vitesses du même ordre de grandeur, soit réalisé par l'intermédiaire d'un multiplicateur dans le cas contraire Enfin il existe plusieurs types d'utilisation de l'énergie électrique produite : soit elle est stockée dans des accumulateurs, soit elle est distribuée par le biais d'un réseau électrique ou soit elle alimente des charges isolées. Le système de conversion éolien est également siège de pertes : à titre indicatif, le rendement est de 59 % au rotor de l'éolienne, de 96% au multiplicateur ; il faut de plus prendre en compte les pertes de la génératrice et des éventuels systèmes de conversion [15].

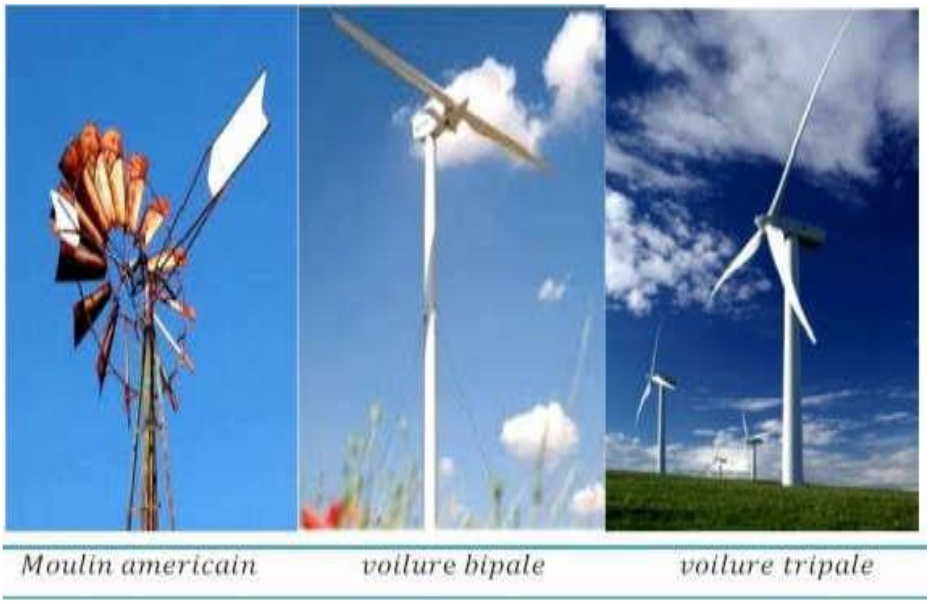


Figure I.9. Les énergies de l'éoliens.

I .3.6.1. Description d'une chaine de conversion éolienne

Une éolienne est un dispositif qui convertit la puissance de vent en énergie mécanique, dont le maximum d'énergie émis ne dépend pas seulement de la machine mais aussi des limites de la vitesse du vent [16]. L'aérogénérateur produit de l'électricité en transformant l'énergie cinétique éolienne en énergie mécanique en faisant tourner les pales du rotor, ce dernier est lié à un alternateur qui va générer une puissance électrique alternative de type éolienne.

I .3.6.2. Puissance récupérable par une éolienne

La turbine permet de convertir l'énergie cinétique extraite du vent en énergie électrique. La puissance mécanique récupérée par une turbine éolienne est convertit en énergie cinétique qui est transformée en énergie électrique [17].

Cette puissance est calculée en fonction de la vitesse du vent, la surface balayée par les pâles de la turbine et du coefficient de performance. La valeur de (Cp) dépend de la vitesse de rotation de la turbine et la vitesse du vent. Elle peut s'exprimer en fonction de λ [18]. Et λ est le rapport entre la vitesse périphérique en bout des pales et la vitesse du vent.

I .3.6.3. Les types d'éolienne

Il existe plusieurs sortes d'éoliennes on distingue deux grandes catégories [19] :

- **Les éoliennes à axe horizontale**

Les éoliennes modernes classiques tripales imposées sur le marché mondial pour des raisons de stabilité de la structure. Il existe également des éoliennes bipales et mono-pales, mais sont moins fiables. La hauteur totale de ces éoliennes varie entre 25 et 180 mètres pour une puissance qui va de 100 kW à 5 MW.

- **Les éoliennes à axe vertical**

Elles sont plus onéreuses que les éoliennes à axe horizontal et de conception plus complexes mais s'adaptent plus facilement à des zones de vent irrégulier. Une éolienne à axe vertical est surtout utile dans les endroits où il n'y a pas beaucoup de place : en ville, sur le toit d'un immeuble par exemple. Il existe deux modèles d'éoliennes à axe vertical : Savonnais et Darius.



(a) (b)

Figure I.9. Type d'éolienne : (a) : à axe horizontal, (b) : à axe vertical

I .3.6.4. Type d'installation

Une éolienne occupe une faible surface au sol. Ceci est un énorme avantage pour son installation qui perturbe peu les sites et permet de conserver des activités industrielles ou agricoles à proximité. Elles sont regroupées sous forme de fermes éoliennes. Les installations peuvent être réalisées sur terre ou de plus en plus en mer avec les fermes éoliennes offshore où la présence du vent est plus régulière [18].

I .3.6.5. Composants d'une éolienne

Une éolienne est composée classiquement de cinq parties [16] :

- Une turbine éolienne, avec ses annexes mécaniques (régulation, sécurité, réduction), qui, lorsqu'elle est exposée à un vent de vitesse V_v, tourne à la vitesse Ω_t et fournit sur son arbre un couple de turbine T_t.
- Un générateur électrique qui transforme l'énergie éolienne (mécanique) en énergie électrique alternative.
- Un convertisseur qui est généralement placé entre le générateur électrique et la charge et qui adapte la forme de l'énergie électrique fournie par le générateur à ce qu'exige la charge.
- Un système de commande et de régulation qui assure la conversion optimale en régime stationnaire et, éventuellement en régime dynamique.
- Coté consommateur avec une charge alternative.

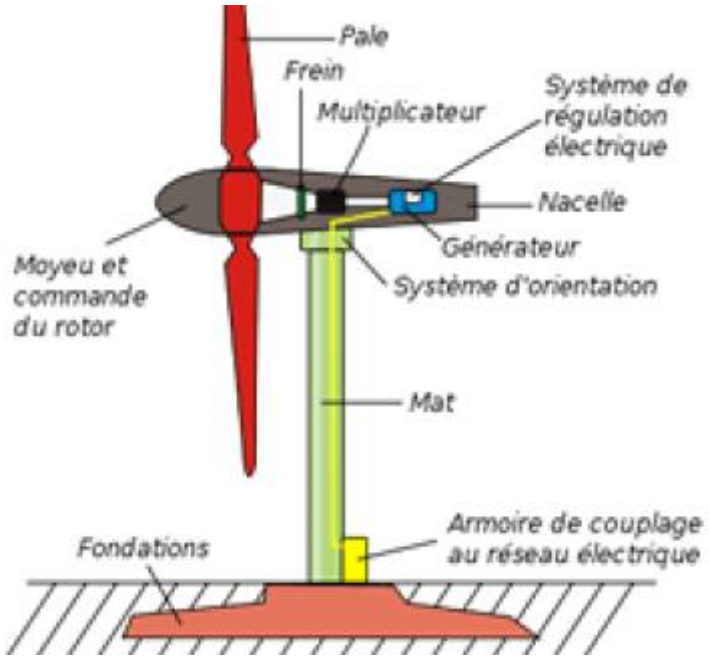


Figure I.10. Les constituants d'une éolienne [20]

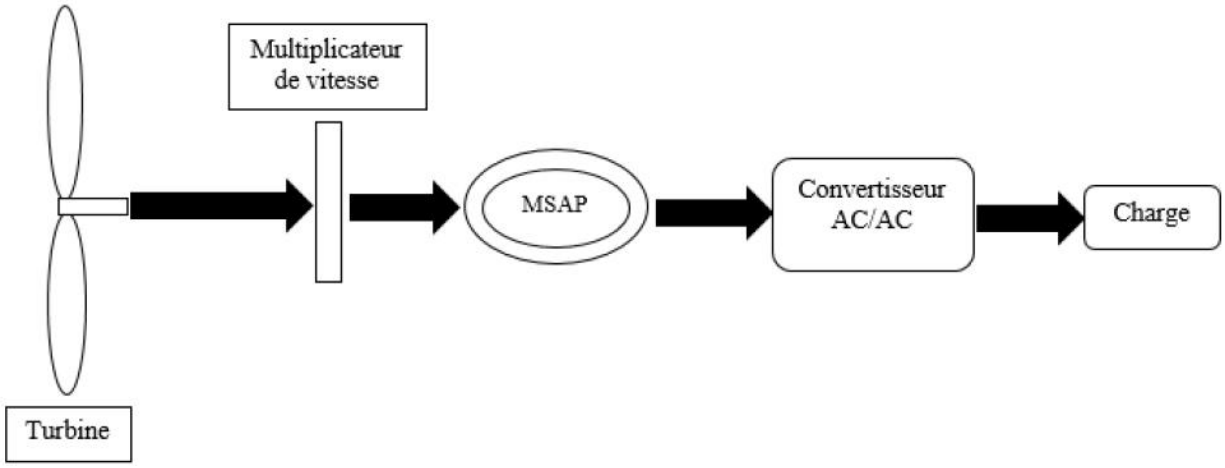


Figure I.11. Schéma d'une chaine de conversion d'énergie éolienne

I .4. La nécessité des systèmes hybrides

I .4.1. Définition

Un système hybride d'énergie est un système qui combine différents Systèmes de production, les systèmes hybrides d'énergie combinent au moins deux technologies complémentaires.

Aujourd'hui, les chercheurs ont trouvé important de manipuler des sources alternatives d'énergie propre et renouvelable. Les sources d'énergie propres et durables sont considérées comme respectueuses de l'environnement contrairement aux sources d'énergie conventionnelles, variant encore une fois selon l'heure de la journée, la saison et l'année.

La combinaison de plusieurs sources d'énergie, notamment renouvelables, permet d'exploiter au maximum les systèmes de production d'électricité, tant sur le plan technique qu'économique. L'hybridation permet de combiner deux ou plusieurs sources d'énergie renouvelables, offrant ainsi au système une disponibilité accrue et un approvisionnement constant des charges électriques.

Les systèmes hybrides d'énergies sont généralement autosuffisants dans les grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans des zones reculées. Les systèmes d'énergies renouvelables hybrides sont fiables, non polluants et répondent à la demande d'énergie sur de longues périodes. [21]

De plus, l'hybridation permet de :

- Lisser la puissance délivrée par la source d'énergie.
- Indisponibilité partielle ou totale de la source d'énergie pendant une durée limitée.

I .4.2. Les avantages et les inconvénients d'un système hybride

A) Avantages

- Ne comptez pas sur une seule source d'énergie
- Capable de satisfaire des charges évolutives.
- Fonctionnement simple et maintenance et réparation réduites.
- Réduction des coûts liés au cycle de vie électrique des applications.

B) Inconvénients

- Coût d'investissement élevé par rapport aux générateurs diesel.
- Plus complexes que les systèmes électriques isolés, nécessitant un stockage sur batterie et un conditionnement électrique. [22]

I.4.3. System hybride étude

I .4.3.1.Système hybride photovoltaïque-éolien

Un système de production d'énergie hybride est un système qui combine et exploite de nombreuses sources d'énergie. Les sources d'énergie renouvelables, comme l'éolien et les cellules photovoltaïques, ne fournissent pas une énergie constante, ce qui nécessite l'utilisation d'un système de stockage.

En plus des énergies renouvelables, un système hybride peut également inclure un système de distribution de courant alternatif (AC), un système de courant continu (DC), un système de stockage, des transducteurs, des charges, une séparation de charge et possibilité de système de gestion ou de supervision des charges.

Dans la plupart des cas, les systèmes hybrides conventionnels contiennent deux bus : un bus DC pour les sources et les charges DC et les batteries et un bus AC pour les alternateurs et un système de distribution. [23].

Les sources d'énergies renouvelables peuvent être connectées au bus à AC ou à DC en fonction de la configuration du système. L'interconnexion entre les deux bus peut être réalisée par l'électronique de puissance : onduleurs/redresseurs ou convertisseurs bidirectionnels.
En couplant ces systèmes et en les reliant au dispositif de stockage d'énergie, on obtiendra les avantages suivants :

- Exploitation du système sans interruption
- Possibilité de conserver l'énergie excédentaire produite par ce système
- Sécurisation de l'approvisionnement, quelles que soient les conditions météorologiques [24].

I .4.3.2. Principaux composantes d'un système d'étude

Les systèmes hybrides autonome photovoltaïque-éolien comprennent généralement :

- Un système générateur (éolien-photovoltaïque).
- Les batteries de stockage.
- les convertisseurs l'électronique de puissance.
- Une charge (résistive, inductif).

I .5. Conclusion

Ce chapitre a fourni une brève introduction sur les différentes sources d'énergie renouvelable, les systèmes de stockage et les configurations hybrides. La solution retenue est une configuration hybride qui combine deux sources d'énergie renouvelable (éolienne et photovoltaïque) avec des batteries de stockage. Dans ce système, en cas d'excès d'énergie provenant des sources renouvelables, celle-ci sera stockée dans les batteries avant d'être utilisée pour alimenter les autres charges auxiliaires en fonction de leur priorité. Les batteries de stockage ont ainsi un double rôle : charge et source, et offrent le meilleur compromis en termes de coût, de performance et d'entretien. Le prochain chapitre portera sur la modélisation des composantes du système global.

Chapitre II. Modélisation du système proposé

II.1.Introduction

La modélisation consiste à représenter mathématiquement un phénomène physique réel. Elle permet de prendre en compte l'impact des différentes conditions météorologiques, qu'elles soient données ou estimées, sur les performances d'un système sur une longue période.

Dans ce chapitre, nous aborderons la sélection des composants du système et la modélisation du système hybride éolien-pv-batteries en utilisant des modèles mathématiques de type "entrée-sortie". Ces modèles permettent de calculer la puissance électrique produite à partir de la variation d'énergie du système. Pour ce faire, nous nous appuierons sur des modèles issus de la littérature.

II.2.Modélisation des composants du système

II.2.1.Les panneaux photovoltaïque

La puissance d'un système PV (P_{PV}) au temps t peut être obtenue en le rayonnement Solaire comme la formule suivante Modèle du module PV [25].

$$P_{PV}(t) = I(t) \times A \times \eta_{PV} \quad (1)$$

Où I est le rayonnement solaire, A désigné la zone PV etηPV est l'efficacité du système PV et du convertisseur. Si l'on considère un système avec des panneauxN_{PV} , la puissance totale produite est [25].

$$P_{PV}(t) = N_{PV} \times p_{PV}(t) \quad (2)$$

II.2.2. Les Eoliens

Pour une éolienne, si la vitesse du vent dépasse la vitesse d'enclenchement, l'éolienne commence à produire de l'énergie. Si la vitesse du vent est égale ou supérieure à la vitesse nominale du vent de l'éolienne, le générateur produira une puissance constante. Cependant, si la vitesse du vent dépasse la vitesse de coupure de l'éolienne, l'éolienne cesse de générer pour protéger l'éolienne et le composant contre les dommages. (La puissance générée à partir de chaque temps t de l'éolienne est estimée par [26 ,27].

$$P_{wt}(t) = \begin{cases} 0 \\ P_{wt}\dfrac{V(t) - V_{cut-in}}{V_r - V_{cut-in}} \\ P_{r-wt} \end{cases} \quad (3)$$

Sujet à $(t) \leq Vcut{-}in$ OR $(t) \geq Vcut{-}out$

$Vcut{-}in < V(t) < Vr$

$Vr < V(t) < Vcut{-}out$

Où (t) est la vitesse du vent au temps *t* (m/s),$-wt$ est la puissance nominale de l'éolienne en kW, et,$-out$,$Vcut{-}in$ et *Vr* sont respectivement la vitesse de coupure, $Vcut{-}in$et la vitesse nominale de l'éolienne (m / s). Si le nombre d'éoliennes est NWt, alors la puissance totale produite est modélisée comme [22].

$$P_{wtotal}(t) = N_{Wt} \times P_{Wt}(t) \quad (4)$$

II.2.3. Les batteries

En raison de la nature intermittente de ressources éoliennes, les systèmes de stockage de batteries sont devenus une partie commune de la plupart des configurations hybrides RE. (Batterie les changements du système de stockage en réponse au système hybride configuration. L'état de charge de la batterie est obtenu comme suit: lorsque la puissance totale de l'éolienne est supérieure à la demande de charge, la batterie est commutée sur état de charge utilisant l'énergie

excédentaire produite par le vent turbine à charger. e quantité de charge de la batterie à le temps t est estimé comme suit [28] :

$$E_{Batt}(t) = E_{Batt}(t-1) \times (1-\sigma) + \left[(E_{PV}(t) \times \eta_{inv}) + (E_{wt}(t) \times \eta_{inv}) - \frac{E_{load}(t)}{\eta_{inv}}\right] \times \frac{\eta_{BC}}{\eta_{inv}} \quad (5)$$

Où

$E_{Batt}(t)$ Et $E_{Batt}(t-1)$ sont la quantité de charge de le stockage de la batterie au temps t et $(t-1)$ en kWh, respectivement,η_{inv} est le rendement de l'onduleur, η_{BC} est le rendement de charge du système de stockage de batterie, et σ est l'autodécharge horaire taux.
Lorsque la puissance totale de l'éolienne et PV est inférieure à celle de la demande, la batterie passe à l'état de décharge et comble la pénurie.

II.2.4.Les convertisseurs

Les différents appareils électriques de notre système ne fonctionnent pas à la même tension ou ne sont pas du même type : nous avons le courant continu (Direct Current : DC) ou le courant alternatif (Alternative Current : AC). Nous devons donc insérer des convertisseurs DC/AC et/ou DC/DC (éleveur ou abaisseur de tension) afin de pouvoir les connecter entre eux. Et il exprime le rendement de conversion, pour tous types de convertisseurs, selon l'équation suivante [29]

$$\eta_{Conv} = \frac{P_S}{P_E} \quad (6)$$

Avec

η_{conv} Rendement de conversion du convertisseur (%)

P_E Puissance en entrée du convertisseur (W)

P_S Puissance en sortie du convertisseur (W)

Où

$$P_E = P_S + P_{pertes} \tag{7}$$

La puissance électrique perdue $PPertes$ (W) peut donc s'exprimer en fonction de P selon la relation suivante [29] :

$$P_{pertes} = P_S \left(\frac{1}{\eta_{Conv}} - 1 \right) \tag{8}$$

En appellent

$$\eta_{pertes} = \frac{P_{Pertes}}{P_{Nom}} \tag{9}$$

Avec

$PNom$ Puissance nominale du convertisseur (W) et

$$\eta = \frac{P_S}{P_{Nom}} \tag{10}$$

On obtient:

$$\eta_{Conv} = \frac{\eta}{\eta + \eta_{Pertes}} \tag{11}$$

On définit le rendement de pertes η_{Pertes} par l'équation. (Les pertes par chute de tension étant négligées) [29] :

$$\eta_{Pertes} = \eta_0 + m.\eta^2 \quad (12)$$

Avec

η_0 Pertes à vide du convertisseur (-)

Pertes résistives du convertisseur (-)

On obtient finalement le rendement du convertisseur [29] :

$$\eta_{Conv} = \frac{\frac{P_S}{P_{Nom}}}{\frac{P_S}{P_{Nom}} + \eta_0 + m(\frac{P_S}{P_{Nom}})^2} \quad (13)$$

Où les paramètres η10 et η100 sont définis de la manière suivante :

$$\eta_0 = \frac{\frac{10}{\eta_{10}} - \frac{1}{\eta_{1\text{ à }0}} - 9}{99} \quad (14)$$

Et

$$m = \frac{1}{\eta_{10}} - \eta_0 - 1 \quad (15)$$

En utilisant les valeurs de rendement à 10% et 100% de la puissance nominale ($\eta_{10} et \eta_{100}$), on peut calculer les paramètres η_0 et m qui permettent de déterminer le rendement du convertisseur pour toutes les puissances délivrées. Il est supposé que la puissance nominale du convertisseur correspond à sa puissance maximale de sortie.

II.3.Paramètres économique pour système d'énergie renouvelable Hybride

Dans le système HOMER, il est indispensable de fournir le taux d'intérêt annuel en tant que paramètre d'entrée. Il est possible de faire une estimation du taux d'intérêt annuel de la manière suivante:

$$i = \frac{i_0 - f}{1 + f'} \tag{16}$$

Où

Est le taux d'intérêt.

i_0 est le taux d'intérêt nominal.

f est le taux d'inflation par ans.

II.3.1.Coût de l'énergie (COE)

Le prix actualisé de l'énergie correspond au coût moyen de la production d'électricité utile à partir du système hybride. Il est possible d'estimer ce coût en utilisant l'équation suivante :

$$COE = \frac{NPC \times CRF}{E_{ann,tot}} \tag{17}$$

Où

COE est le coût actualisé de l'énergie en dollars,

NPC est la valeur actuelle net,

$E_{ann,}$ La quantité d'électricité annuelle requise par une charge est représentée par la charge électrique, tandis que le facteur de récupération du capital est noté CRF. On peut évaluer la valeur du CRF en utilisant l'équation ci-dessous :

$$CRF(i,N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (18)$$

II.3.2.Valeur actuelle net (NPC)

La NPC représente la somme totale des coûts initiaux et d'exploitation d'un système hybride sur toute sa durée de vie, et peut également être considérée comme le coût total du cycle de vie du système. Dans cette étude, la durée de vie du système hybride est de 25 ans, et la NPC est un indicateur clé pour évaluer la viabilité économique de différents systèmes. HOMER classe les systèmes d'énergie renouvelable en fonction de leur NPC. Pour calculer la NPC du système hybride, l'équation suivante peut être utilisée :

$$NPC = C_{in} + C_{rep} + C_{O\&M} + PV_{sal} \quad (19)$$

Où

C_{in} : le coût initial en capital.

C_{rep} : le coût de remplacement.

$C_{O\&M}$: Le coût d'exploitation et d'entretien.

PV_{sal} : La valeur actuelle de récupération du système hybride.

Le coût en capital initial du système hybride ( ) est déterminé à l'aide de l'équation suivante [30]:

$$C_{in} = \left(C_{PV} \times C_{Unit,PV}\right) + \left(WT_p \times P_{r-wt} N_{wt}\right) + \left(E_{batt} \times B_p\right) + \left(Inv_P \times Inv_r\right) + \left(FC_P \times FC_r\right) + \left(ELZ_p \times ELZ_r\right) + \left(H_{2Tp} \times H_{2Tr}\right) \quad (20)$$

Où

WT_p est le prix de l'éolienne par kW ($ / kW).

E_{batt} est la capacité de la batterie (kWh).

B_p est le prix de la batterie ($ / kWh).

$C_{PV}, C_{Unit,PV}$ Sont respectivement, la capacité totale (kW) et le coût unitaire ($/kW) du Générateur PV.

Inv_P est le prix de l'onduleur ($ / kWh).

Inv_r est la capacité de l'onduleur (kW).

FC_P est le prix de la pile à combustible ($ / kW).

FC_r est la capacité de la pile à combustible en KW.

ELZ_p est le prix de l'électrolyseur ($ / kW).

ELZ_r est la capacité de l'électrolyseur en KW.

H_{2Tp} est le prix du réservoir d'hydrogène ($ / kg).

H_{2Tr} est la capacité de l'électrolyseur en KW.

Le coût de remplacement du système d'énergie renouvelable hybride est estimé à l'aide de l'équation suivante [31,32].

$$C_{rep} = \sum_{i=1}^{N_{rep}} (C_{RC} \times C_U \times (\left(\frac{1+i}{1+r}\right)^{N\times(\left(\frac{i}{N_{rep}}\right)+1)}) \quad (21)$$

Où

N_{rep} est le nombre de remplacements.

C_{RC} est la capacité de l'unité de remplacement (kW pour l'éolienne, l'onduleur, générateur PV, la pile à combustible et l'électrolyseur; kWh pour le système de stockage sur batterie et kg pour le réservoir d'hydrogène).

C_U est le coût unitaire de remplacement ($ / kW pour l'éolienne, générateur PV, la pile à combustible, l'électrolyseur et l'onduleur, $ / kWh pour la batterie et $ / Kg pour le réservoir d'hydrogène).

N_{rep} est le nombre de composants de remplacement sur la durée de vie du projet.

$C_{O\&M}$ est le coût d'exploitation et de maintenance du système hybride, exprimé dans l'équation suivante [33].

$$C_{O\&M} = C_{O\&M0} \times ((\frac{1+i}{1+r})^{N})\ r \neq 1$$

$$C_{O\&M} = C_{O\&M0} \times N_r = 1 \quad (22)$$

La valeur de récupération actuelle du composant dans le système hybride est déterminée à l'aide de l'équation suivante [34] :

$$PV_{sal} = \sum_{i=1}^{N_{rep}+1} (V_{sal} \times ((\frac{(1+r)}{(1+r)})^{N \times \left(\left(\frac{i}{N_{rep}+1}\right)\right)})) \quad (23)$$

Où

PV_{sal} : est la valeur de récupération des composants de système d'énergie hybride.

II.4.Le choix des composants

II.4.1.Caractéristiques technique de chaque composant

Tableau II.1. Tableau technique du Panneau solaire choisi

Générateur PV (GENERIC FLAT PLATE 1KW)	**Valeur**
Tension maximale (Vmpp)	17,2V
Courant maximale (Impp)	4,65A
Tension a circuit ouvert (Vco)	24,6V
Courant de court-circuit (Icc)	5A
Poids	8 kg

TNoct	50°C
Dimensions	1195×541×30(mm)
Rendement	15%

Tableau II.2. Tableau technique du convertisseur choisi.

Convertisseur (VICTRON Phoenix)	**Valeur**
Puissance du convertisseur à 25°C / 40°C	2500 / 2250 W
Rendement	94%
Tension d'entrée	12V/24V/48V
Tension de sortie	230V
Température de fonctionnement -20 à +50 °C	-20 à +50 °C

Tableau II.3. Tableau technique de la batterie choisie

Hoppecke 20 OPzS	**Valeur**
La capacité nominale	2500Ah
Tension nominale	Tension nominale 12V
Température de fonctionnement	Décharge -20°C 60°C
	Charge 0 °C 50°C

Tableau II.4. Tableau technique de l'éolienne choisie.

Eolienne (Generic 1KW)	Valeur
Puissance nominale	1 KW
Tension	12, 24, 36, 48 V
Vitesse de vent de démarrage	3,4m/s
Vitesse de vent maximum	55m/s
Surface	3,46 $m2$
Hauteur	17

II.4.2.Caractéristiques économique de chaque composant

Tableau II.5. Tableau économique du Panneau solaire choisi

Générateur PV (Generic flat plate)	Valeur
Capitale	1175.20$
Cout de remplacement	500.00$
Cout de Maintenance	20.00$
Durée de vie	25 ans

Tableau II.6. Tableau économique du convertisseur choisi.

Convertisseur (VICTRON Phoenix)	Valeur
Capitale	1491.3057$
Cout de remplacement	0$
Cout de Maintenance	8$
Durée de vie	20 ans

Tableau II.7. Tableau économique du convertisseur choisi.

Batterie (plomb ouvert EXIDE OPzS Solar)	**Valeur**
Capitale	1755.66$
Cout de remplacement	10$
Cout de Maintenance	1.5$
Durée de vie	15 ans

Tableau II.7. Tableau économique du l'éolienne choisie.

Eolienne (Generic 1 KW)	**Valeur**
Capitale	328.93$
Cout de remplacement	100.00 $
Cout de Maintenance	20.00 $
Durée de vie	20 ans

II.5.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué la modélisation et présenté les caractéristiques techniques et économiques de chaque composant du système hybride (éolien-PV-batteries). Cette modélisation nous a permis de décrire le fonctionnement du système étudié à travers des équations mathématiques, afin d'évaluer les propriétés de chaque composant de notre installation. En outre, nous avons également abordé les concepts économiques clés tels que le NPC et le COE.

Chapitre III. Présentation de logiciel

III.1. Introduction

Ces dernières années, de nombreux efforts ont été faits dans le monde entier pour diminuer la dépendance au pétrole. Ces initiatives ont entrainé des investissements considérables dans le développement d'énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne, qui ont connu une croissance importante à l'échelle mondiale.

Des progrès technologiques, comme des logiciels spécialisés, ont également été réalisés pour soutenir ces sources d'énergie renouvelable. De nombreux logiciels ont été créés pour modéliser, optimiser ou adapter les systèmes d'énergie renouvelable. Ces logiciels sont souvent conçus pour une source d'énergie spécifique, comme l'énergie éolienne ou l'énergie solaire photovoltaïque.

III.2.Présentation du logiciel HOMER

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), il a ensuite subi de nombreuses améliorations dans plus de 40 nouvelles versions [35].

Tableau III.1. Significatif de logiciel HOMER ci-dessous

Paramètre	**Oui/ Non /En partie**	**Explication**
Langue	OU I	En anglais
Accessibilité à tous	OUI	Gratuit, téléchargement disponible en ligne, aidé et tutoriel, fichiers d'exemple disponibles en ligne.
Plusieurs technologies disponibles	OUI	Éolien, diesel et photovoltaïque
Systèmes hors réseau	OUI	----
Simulation de systèmes dans plusieurs pays	OUI	Partout à travers le monde selon des lieux prédéterminés.
Evaluation des coûts	OUI	----
Optimisations des systèmes	OUI	----

III.3.Principal caractéristiques

Tout d'abord, ce logiciel permet de faire des simulations pour ensuite optimiser les systèmes et pour finalement terminer avec des analyses de sensibilité sur ces systèmes optimisés. La solution obtenue par HOMER est la solution la moins coûteuse parmi différentes combinaisons de systèmes d'énergies renouvelables, d'énergies fossiles ou de systèmes hybrides comprenant deux sources d'énergie ou plus. La Figure **III.1** représente le modèle conceptuel du logiciel HOMER

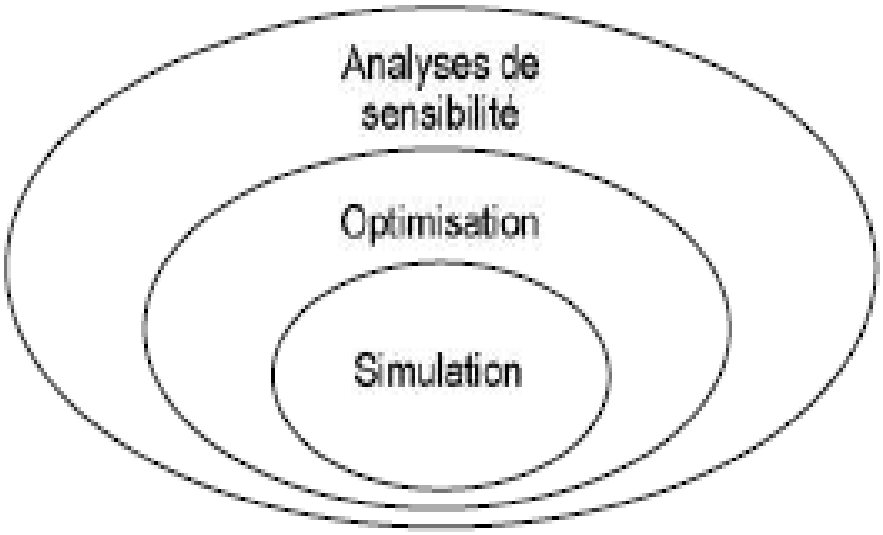


Figure III.1. Modèle conceptuel du logiciel HOMER [36].

Le logiciel permet de simuler un système en fonction de différentes sources d'énergie telles que l'énergie solaire, éolienne, diesel, etc. afin de répondre aux besoins en énergie spécifiés. Ensuite, plusieurs configurations pour le même système peuvent être analysées pour trouver la solution la plus rentable. Le logiciel simule toutes les configurations et identifie la moins chère comme la meilleure solution. Des analyses de sensibilité peuvent ensuite être effectuées pour déterminer si la solution optimale reste la meilleure malgré les changements dans les paramètres tels que la variation du coût de la technologie ou des données de gisement. Ainsi, plusieurs analyses avec diverses configurations peuvent être effectuées en quelques minutes seulement.

Le logiciel permet de faire des simulations avec différents systèmes de production d'énergie :

- Panneaux solaires photovoltaïques
- Éoliennes
- Barrage hydroélectrique au fil de l'eau,
- Biomasse
- Génératrices (diesel, essence, biogaz, combustibles alternatifs combustibles personnalisés, Co alimentées),
- Réseau électrique,
- Micro turbines
- Piles à combustible.

HOMER offre aussi une vaste gamme de dispositifs d'accumulation ou de récupération d'énergie :

- Banque des batteries
- Volants d'inertie
- Flow batteries
- Hydrogène

On peut aussi entrer divers types de besoins énergétiques :

- Profils de consommation journaliers avec des variations selon les saisons
- charge différée pour le pompage d'eau ou pour la réfrigération
- charge thermique
- mesures d'efficacité énergétique

HOMER est capable de reproduire une variété de systèmes différents et toutes les configurations hybrides possibles.

III.4. Interfaces

Le logiciel HOMER présente une interface utilisateur intuitive, semblable à celle d'autres logiciels couramment utilisés. Il dispose d'un menu situé en haut de l'écran ainsi que d'icônes permettant d'accéder rapidement aux fonctionnalités les plus fréquemment utilisées. L'interface d'HOMER peut être divisée en trois zones clés : la zone de définition du système, la zone des ressources et la zone des résultats.

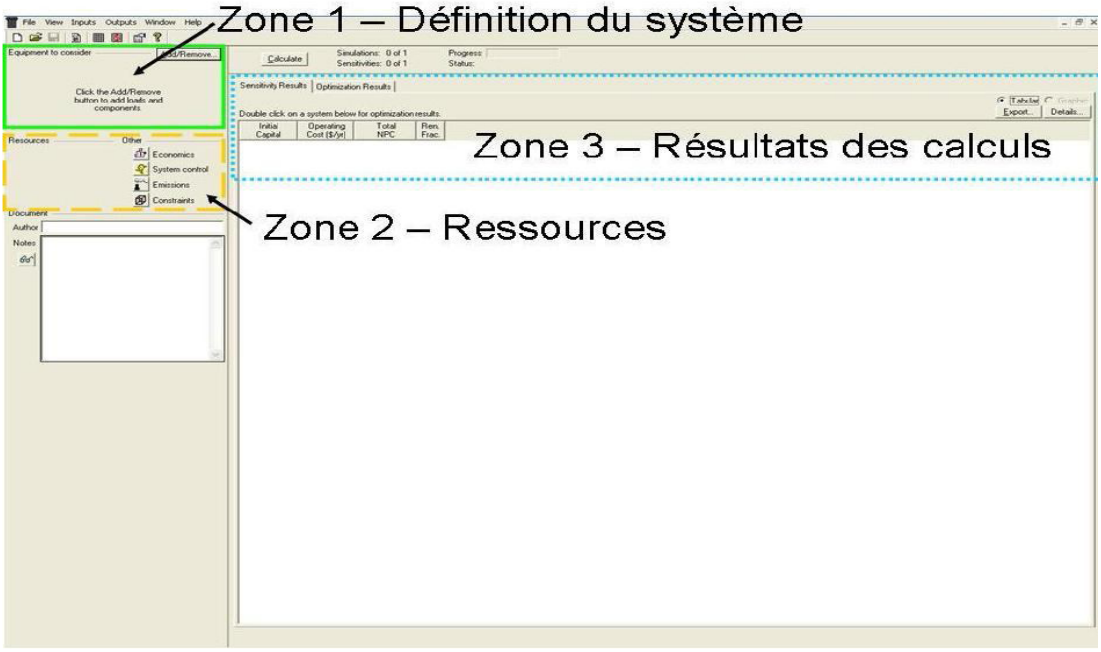


Figure III.2. Interface HOMER – Fichier vierge.

La zone de délimitation du système offre la possibilité de sélectionner les équipements qui feront partie du système à représenter. Il est suffisant de cocher les éléments souhaités en suivant les options illustrées à la Figure (III.3). En outre, cette fenêtre permet également de choisir de représenter le réseau électrique, de le comparer à un système autonome ou de ne pas l'inclure dans la modélisation.

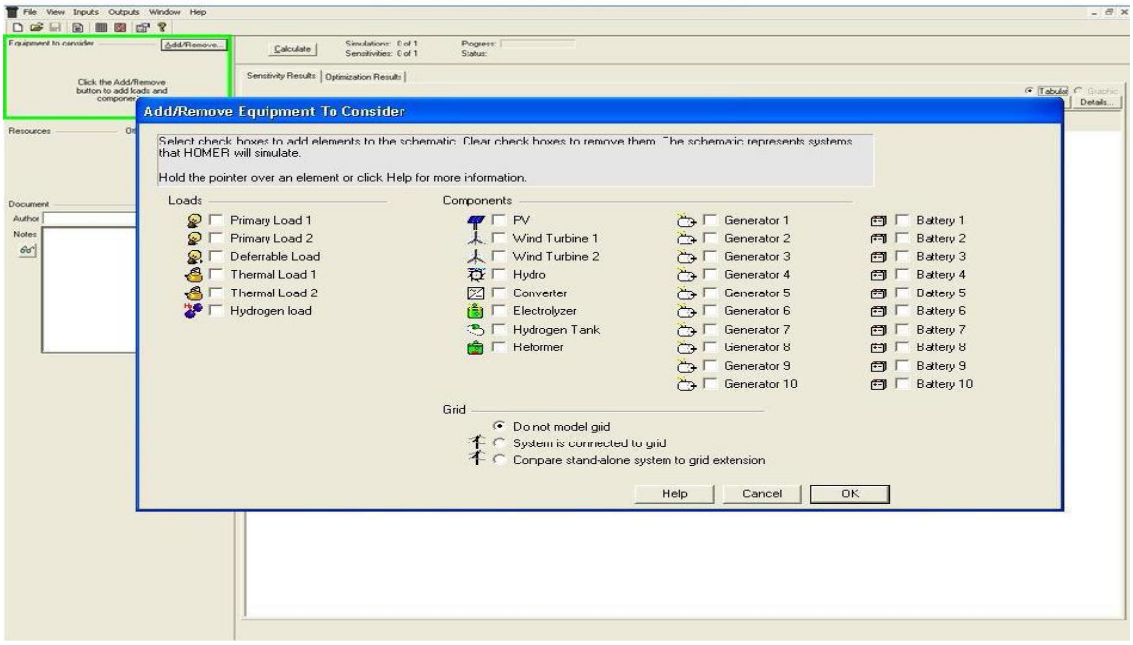


Figure III.3. Interface HOMER – Équipements à ajouter.

Une fois choisis, les différents équipements sont affichés dans la première zone de définition du système, comme illustré dans la Figure (Figure III.4). De même, les ressources requises pour ces équipements sont présentées dans la deuxième zone de définition des ressources, comme montré dans la Figure (III.5).

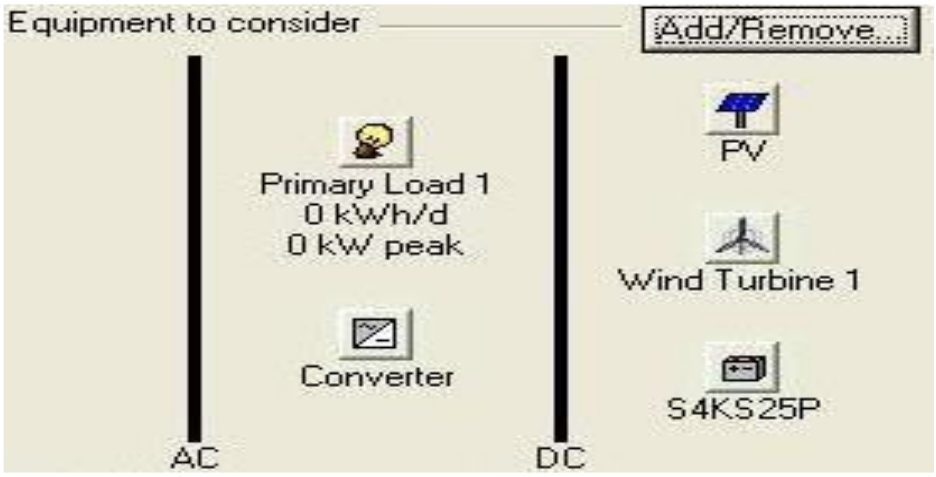


Figure III.4. Interface HOMER – Équipements sélectionnés.



Figure III.5. Interface HOMER – Ressources

Dans chacune de ces deux zones, une fenêtre doit être complétée pour chaque icône afin de réaliser une simulation. Les informations nécessaires pour effectuer cette simulation seront précisées dans la zone 4 du projet en cours. Une fois que ces données ont été saisies, il suffit de cliquer sur l'icône correspondante, comme illustré dans la Figure (III.6)., pour que HOMER effectue le calcul.

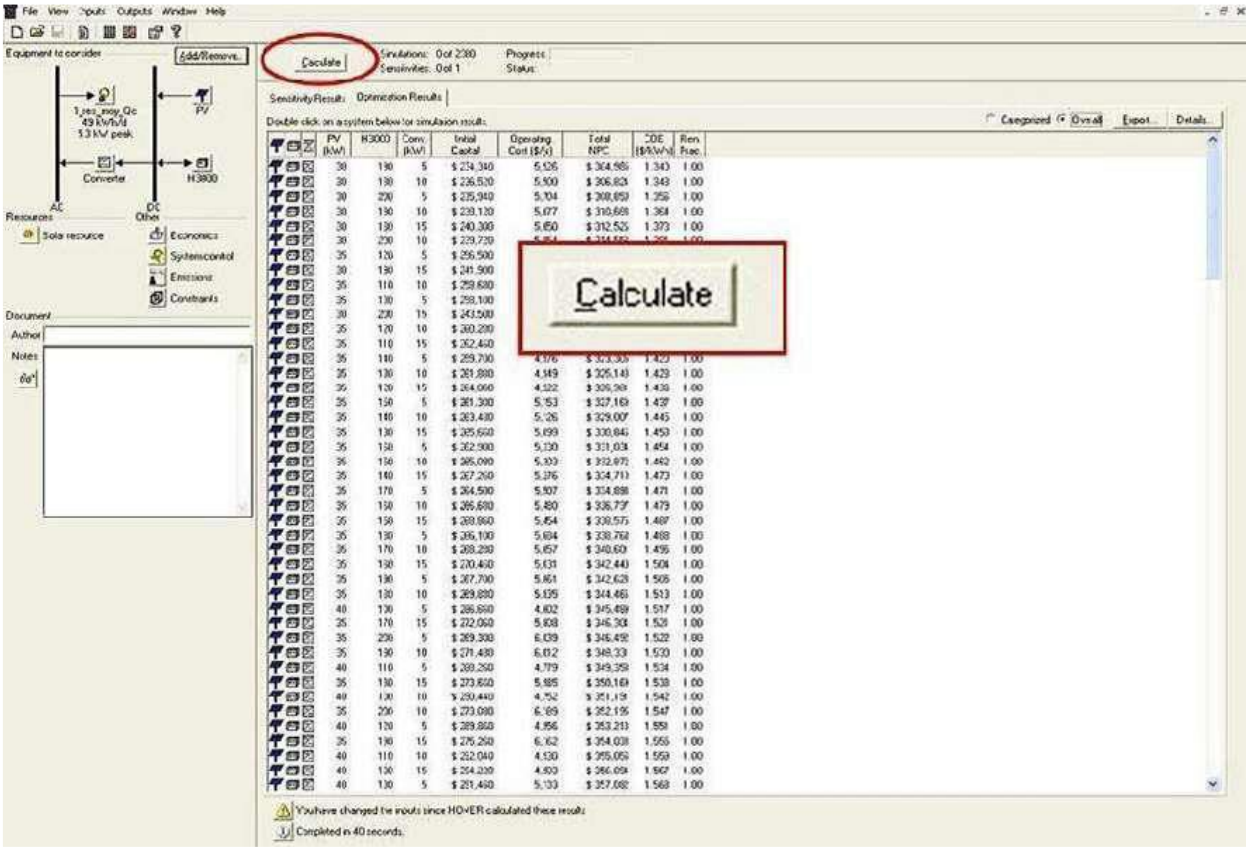


Figure III.6. Interface HOMER – Fichier complété.

Une fois que le processus de calcul est terminé, les résultats sont présentés et la solution la plus économique est affichée en premier, comme le montre la Figure (III.7). Une synthèse du système ainsi que des coûts associés sont également affichés dans la zone des résultats.

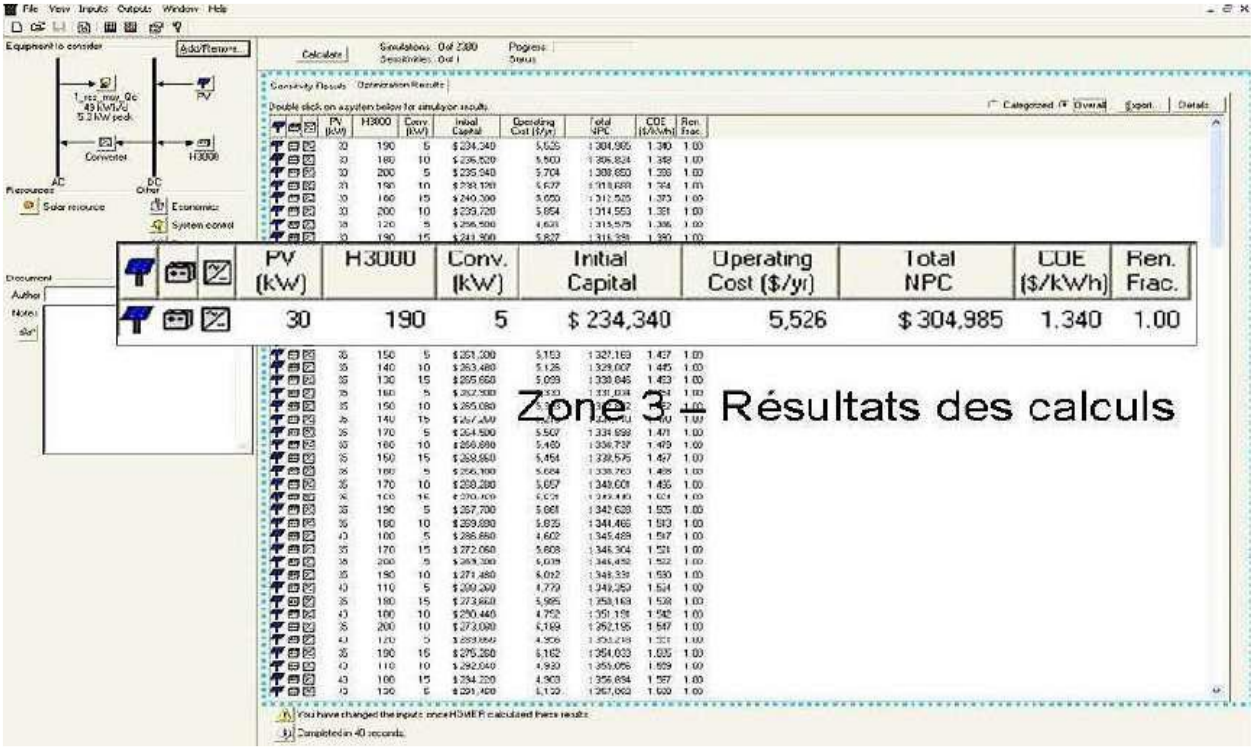


Figure III.7.Interface HOMER – Résultats des calculs.

III.5. Données d'entrée

Les données à faire entrer sont celles reliées à la zone 1 et 2 du logiciel HOMER. Il s'agit de données reliées à la consommation énergétique, aux équipements (panneaux solaires photovoltaïques, éoliennes, génératrices, onduleurs, batteries ou autres équipements) et aux ressources nécessaires comme les données de gisement solaire ou éolien, aussi bien que les données reliées au combustible utilisé par la génératrice. Dans la zone 2 des ressources, il y a aussi certains paramètres économiques que l'on peut modifier.

D'autres paramètres permettent différents contrôles du système (surtout au niveau de la simulation des banques de batteries et des génératrices). Dans la zone des ressources, on peut aussi mettre des pénalités monétaires pour les émissions émises ou bien un seuil limite d'émissions à ne pas dépasser lorsque la simulation sera effectuée. Finalement, certaines contraintes peuvent être exigées comme une fraction minimale d'énergie renouvelable à avoir dans le système ou encore accepter un certain pourcentage de 34 déficits en énergie.

Une fois toutes les sections remplies, Figure (III.8), on peut lancer la simulation en cliquant sur l'icône « calculer »[37].

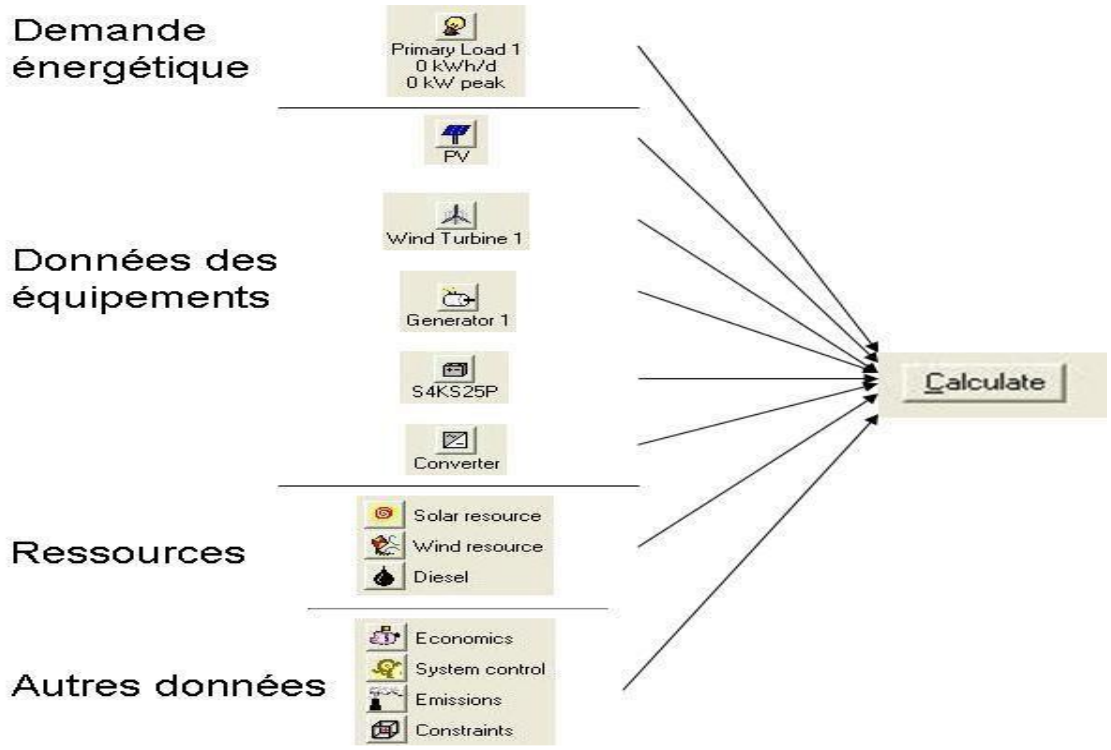


Figure III.8. Données à fournir.

III.6. Résultats pouvant être obtenus

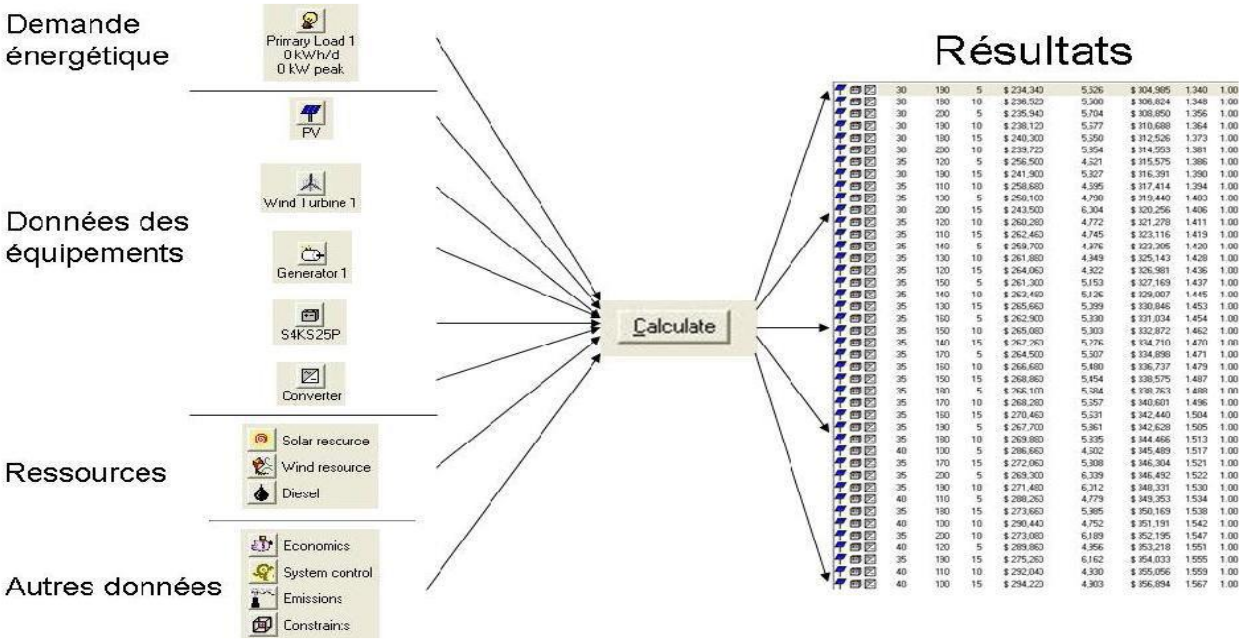


Figure III.9.Résultats obtenus après simulation**.**

Une fois toutes les informations saisies et la simulation lancée, une variété de résultats sont obtenus, comme illustré dans la Figure (III.9). Comme il est possible de simuler de nombreuses configurations différentes pour un même type de système, les résultats peuvent être visualisés de deux façons différentes : « Catégorisé » ou « Global ». Si l'option « Catégorisé » est choisie, les résultats affichent la configuration la plus économique pour chaque type de système. Par exemple, pour un système photovoltaïque avec batterie, HOMER ne montrera que la meilleure option, même si plusieurs configurations différentes ont été simulées, comme des nombres différents de panneaux solaires et de batteries.

En revanche, si l'option « Global » est sélectionnée, tous les systèmes sont affichés dans la même liste, le premier résultat étant le plus économique parmi tous les types de systèmes simulés. Il est donc important d'optimiser chaque type de système pour éliminer les systèmes non viables. Pour y parvenir, plusieurs simulations sont effectuées pour converger vers un système optimal pour chaque type de système. Il convient de rappeler que le premier résultat affiché dans la liste des résultats est toujours le système le plus économique trouvé par HOMER en termes de « Coût actuel net » pour tous les systèmes et configurations simulés.

Les résumés des systèmes et les coûts associés sont présentés dans la zone des résultats, comme mentionné précédemment. Un exemple de résumé est présenté à la Figure (III.10), qui comprend les icônes des équipements du système (partie 1) ainsi que leur capacité ou le nombre de batteries (partie 2), l'investissement initial (partie 3), les coûts d'exploitation annuels (partie 4), le coût total actuel du système (partie 5), le coût de l'énergie en dollars par kilowatt-heure (partie 6), et enfin la proportion d'énergie renouvelable utilisée dans le système (partie 7)

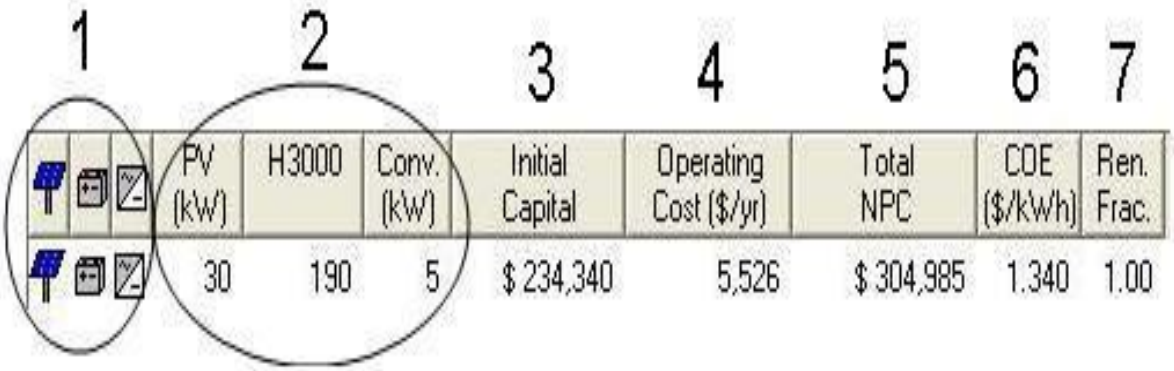


Figure III.10.Résumé des résultats.

Pour plus de détails sur les différents résultats obtenus dans HOMER, il faut cliquer sur le résultat désiré et une fenêtre, Figure (III.11), s'ouvre avec plus d'informations.

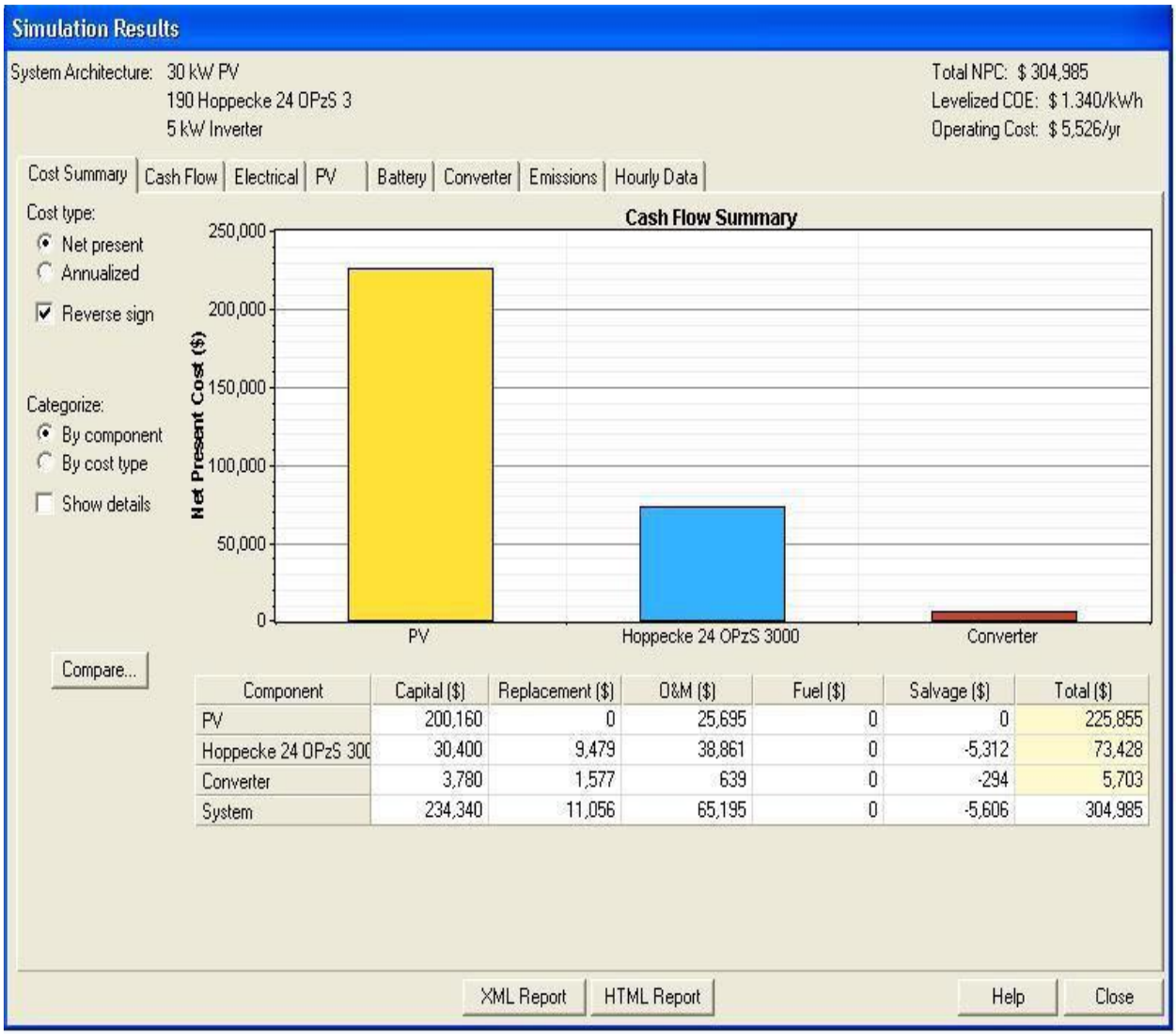


Figure III.11. Fenêtre des résultats détaillés.

Dans cette fenêtre, on retrouve des onglets comme le résumé des coûts, le flux monétaire, des informations sur l'électricité (production, consommation, excès d'énergie, etc.), des détails sur l'énergie et la puissance offertes des équipements (panneaux, batteries, convertisseur), le détail des émissions et finalement, on peut visualiser les données simulées d'heure en heure [46].

III.7.Méthodologies spécifiques aux simulations

Une procédure combinant le dimensionnement et la simulation sur HOMER est établie, en vue de concevoir des systèmes. Les principales étapes de cette procédure sont les suivantes :

1. Évaluation de la demande énergétique (consommation d'énergie)
2. Pré-dimensionnement à la main des équipements;
3. Identifier les équipements nécessaires au système (panneaux solaires, convertisseur, batteries) dans le logiciel HOMER;
4. Entrer les données nécessaires dans le logiciel :

a. de consommation énergétique;

b. de gisement solaire pour le lieu désiré;

c. pour les équipements (prix des équipements et coût d'opération et d'entretien);

5. Lancer le calcul dans HOMER;
6. Optimiser les résultats du logiciel HOMER de façon itérative pour arriver à la solution optimale pour ce système;
7. Faire des analyses de sensibilité, si nécessaire;
8. Valider le système.

III.8.Résultats à analyser

L'analyse portera sur les informations de dimensionnement relatives aux panneaux solaires, à l'éolienne utilisée dans le système. En outre, les coûts d'exploitation, y compris les annuités, ainsi que le coût total actuel du système, le coût de l'énergie en dollars par kilowattheure et le pourcentage d'excédent d'énergie seront examinés.

III.9.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le logiciel HOMER, qui permet une compréhension approfondie du fonctionnement du programme ainsi que des objectifs à atteindre. Contrairement à une approche axée sur l'optimisation des systèmes, HOMER propose une approche orientée sur la réalisation de projets. Il prend en compte les différents rapports de prix, les types d'appareils utilisés et les données météorologiques pour les quatre saisons. HOMER est un logiciel très populaire utilisé dans plus de 200 pays et par plus de 40 000 utilisateurs. Pour ce projet, la version utilisée est HOMER 2.68 beta, développée par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) aux États-Unis. Ce logiciel offre une solution simplifiée pour évaluer les possibilités d'un projet électrique hybride en fonction de l'emplacement géographique de l'utilisateur.

Chapitre IV. Résultats de simulation et discussions

IV.1 Introduction

Pour qu'une installation soit efficace, elle va dépendre de la rigueur de son dimensionnement et de son utilisation, la maitrise de dimensionnement des différents composants du système hybride de production d'énergie est nécessaire, car il influe sur le coût et la performance de notre système. L'énergie solaire et l'énergie éolienne dépendent fortement des conditions météorologiques (Ensoleillement, vitesse du vent et température) du site d'installation du système à énergie hybride.

Dans Le deuxième chapitre, on a défini les différents besoins de l'installation étudié qui est 20 habitats dans la région de Médéa (Ouzera). Pour optimiser l'installation proposé dans notre travail (PV/éolien avec batteries), on va utiliser le logiciel Homer. Le logiciel sera utilisé pour une meilleure évaluation des couts économiques. Une simulation de l'ensemble de système hybride se fera sur cet outil afin de nous proposer un choix optimal économique et énergétique

IV.2.Présentation des données du site

Dans ce projet, nous fournissons l'électricité à une maison non connectée (hors réseau électrique), grâce à l'utilisation d'un système hybride pour la production d'énergie dans une ville en Algérie.

Médéa (Ouzera) est une ville intérieure située entre 15 et 36 ° de latitude N et 45 et 2 ° de longitude E, avec une altitude de 894 m [38].



Figure IV.1. Localisation géographique du site en étude [39].

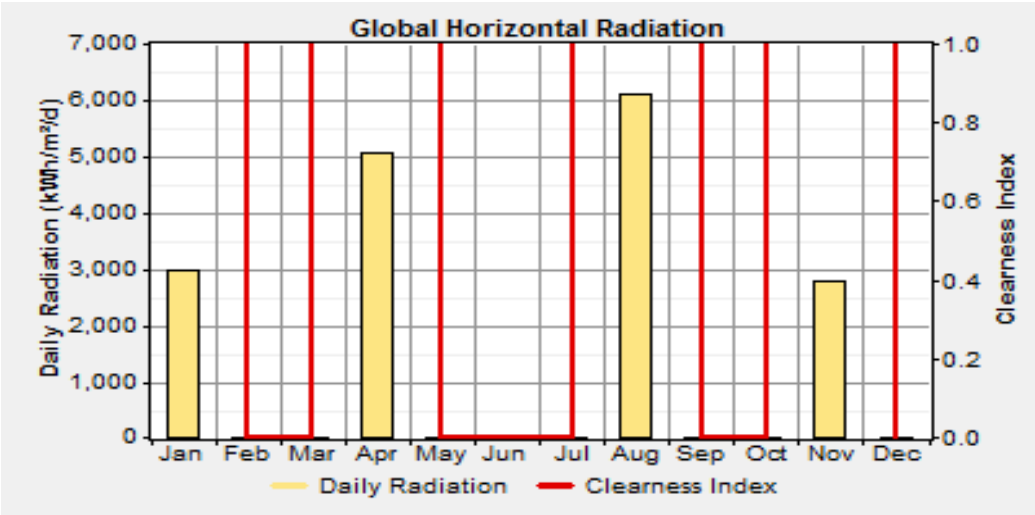
IV.3. Les données Météorologique

Nous avons utilisé le site (Freemeteo) pour récupérer les informations météorologiques de l'année 2022, y compris (le rayonnement, la vitesse du vent et la température) [40].

En utilisant le logiciel HOMER et en prenant en compte les caractéristiques du site de mesure, nous avons obtenu les résultats suivants :

IV.3.1.Données relative à l'irradiation

HOMER crée les valeurs de rayonnement solaire chaque heure pour les quatre siseions voir les figure IV.2, IV.3, IV.4 et IV.5 :



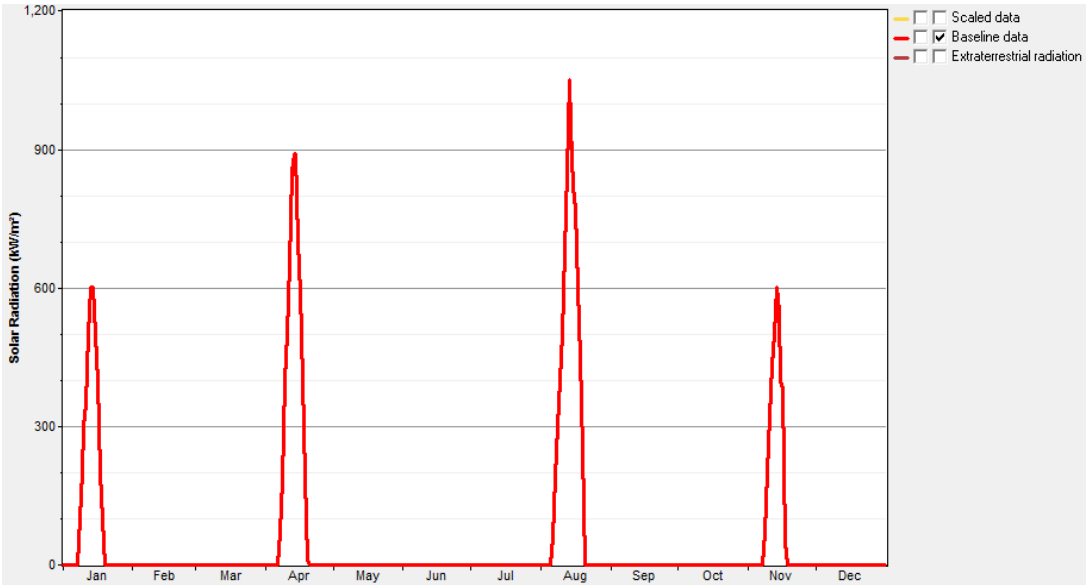


Figure IV.2. L'irradiation pendant une journée de chaque saison

IV.3.2.Données relative à vitesse de vent

L'évolution du profil de vitesse de vent pour les quatre saisons de l'année est donnée par les figures suivantes :

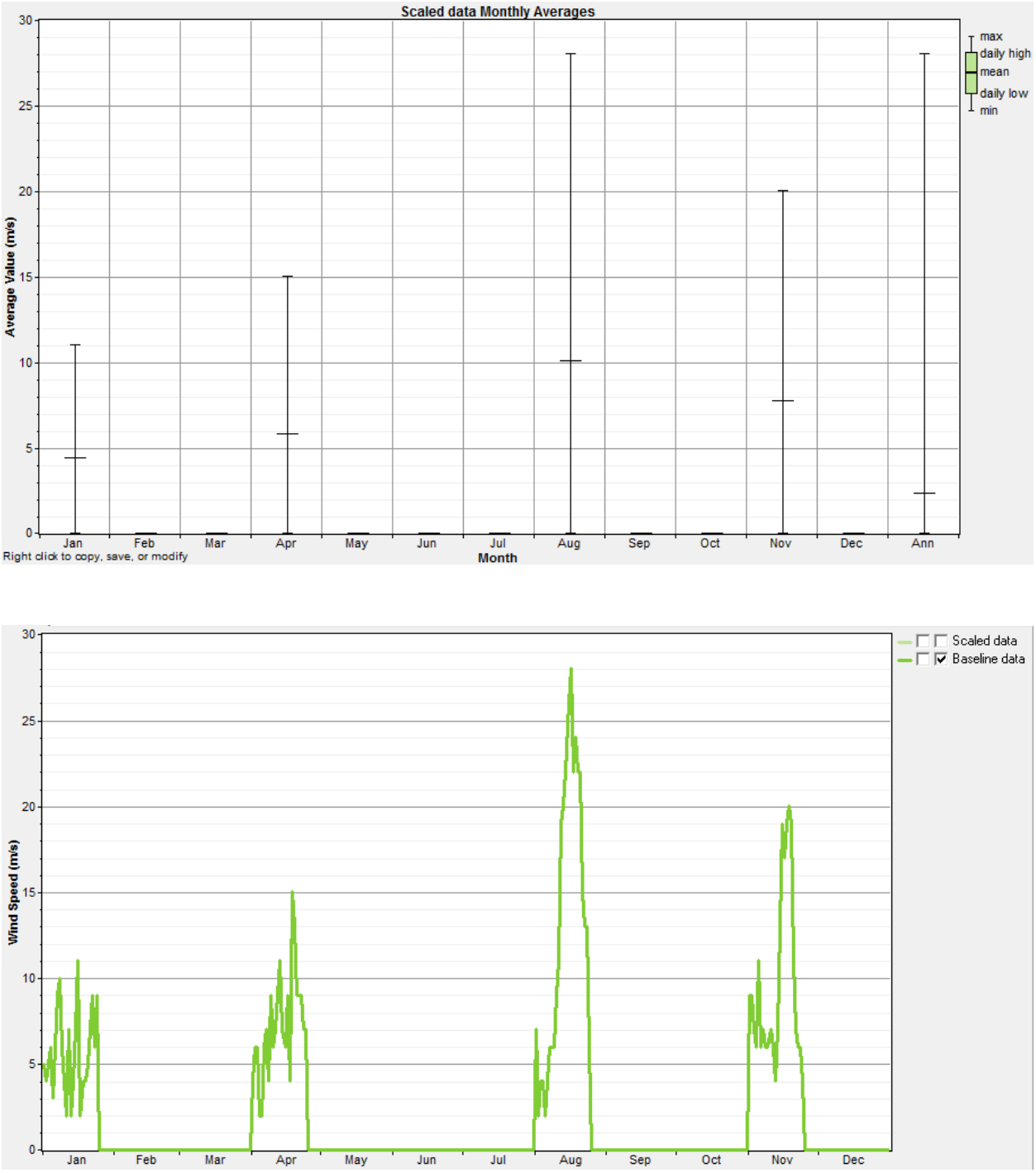


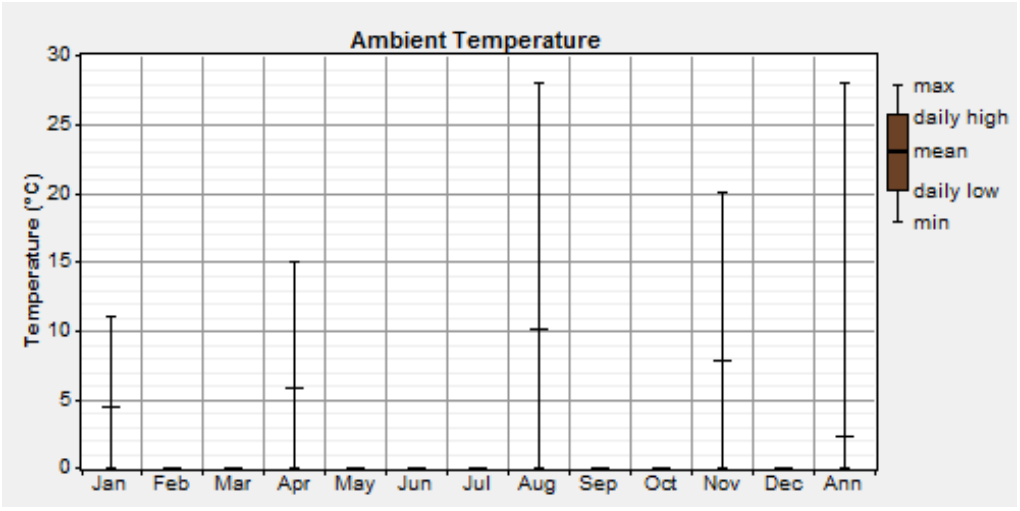
Figure IV.3. Profile de vitesse de vent pendant une journée de chaque saison

Le site de Médéa bénéficie d'une vitesse de vent moyenne mensuelle d'au moins 9 m/s à une hauteur de 10 mètres du sol. Étant donné que la plupart des éoliennes nécessitent des vitesses de vent supérieures à 3 m/s pour démarrer, ce site convient à l'utilisation de l'énergie éolienne.

IV.3.3.Données relative à la température

Les graphiques ci-dessous illustrent les variations du profil de charge au cours des quatre saisons de l'année.

En étudiant l'histogramme des températures moyennes mensuelles, il est possible de constater que le mois le plus chaud est celui de Août, .et En revanche, le mois de Janvier est le plus froid



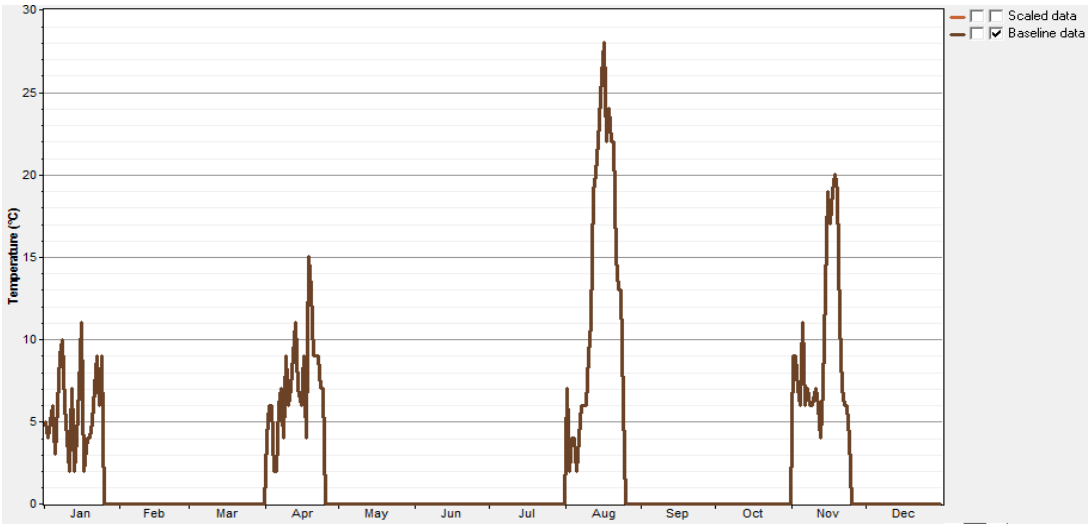


Figure IV.4. Profile de température pendant un jour de chaque saison

IV.3.4.Données relative à profile de charge

L'évolution du profil de charge pour les quatre saisons de l'année est donnée par le Figure suivantes :

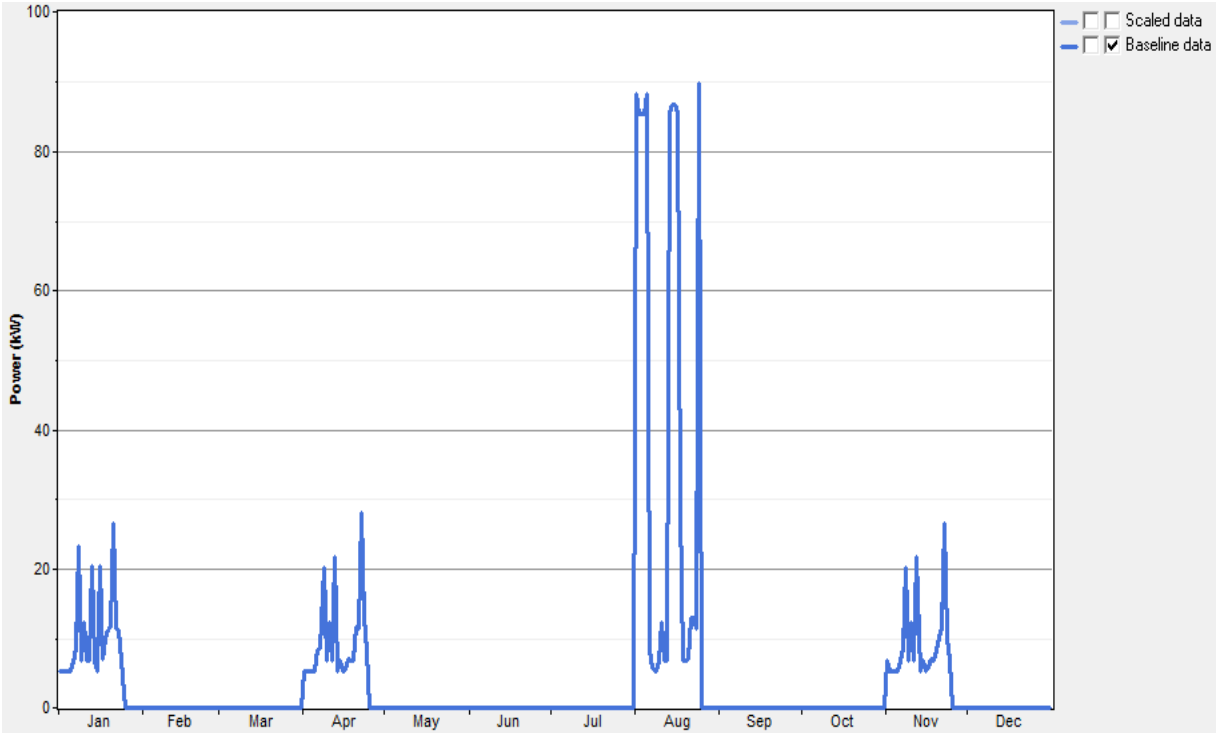


Figure IV.5. Le profil de charge pendant une journée de chaque saison

Le graphique illustre la quantité d'énergie consommée en moyenne chaque mois pendant l'année 2022. Il est remarqué que la consommation énergétique totale pour l'année s'élève à environ 112 kilowattheures par jour, ce qui correspond à une puissance maximale de 90 kilowatts.

IV.4.Construction de système hybride de génération d'énergie

Dans le cadre de l'environnement HOMER, nous avons pris en compte toutes les informations pertinentes, notamment les caractéristiques techniques et économiques des différents composants ainsi que les données météorologiques, pour définir chaque élément de notre installation. Nous avons ensuite effectué simulation en utilisant les données météorologiques pour chaque saison, en variant les composants (PV, éolien, batterie) pour

chaque simulation. L'objectif de ces simulations est de déterminer le simulateur le plus économique pour fournir de l'énergie aux 20 habitats (hors réseau électrique ou autonome).

IV.5. Résultats de système

Notre système de simulation est constitué des PV, éoliennes, batteries, convertisseurs, Pour satisfaire la demande d'une charge qui représenter pour 20 habitats. Le système fonctionne comme suit :

Quand l'énergie produite par PV et éoliennes est suffisante pour répondre aux besoins de la charge on teste l'état de la batterie

- Si $P_{batt} < P_{batt\ Max}$, le perte d'énergie de la charge est utilisée pour chargé la batterie
- Si $P_{batt} > P_{batt\ Max}$, le sur plus d'énergie est considère comme une perte.

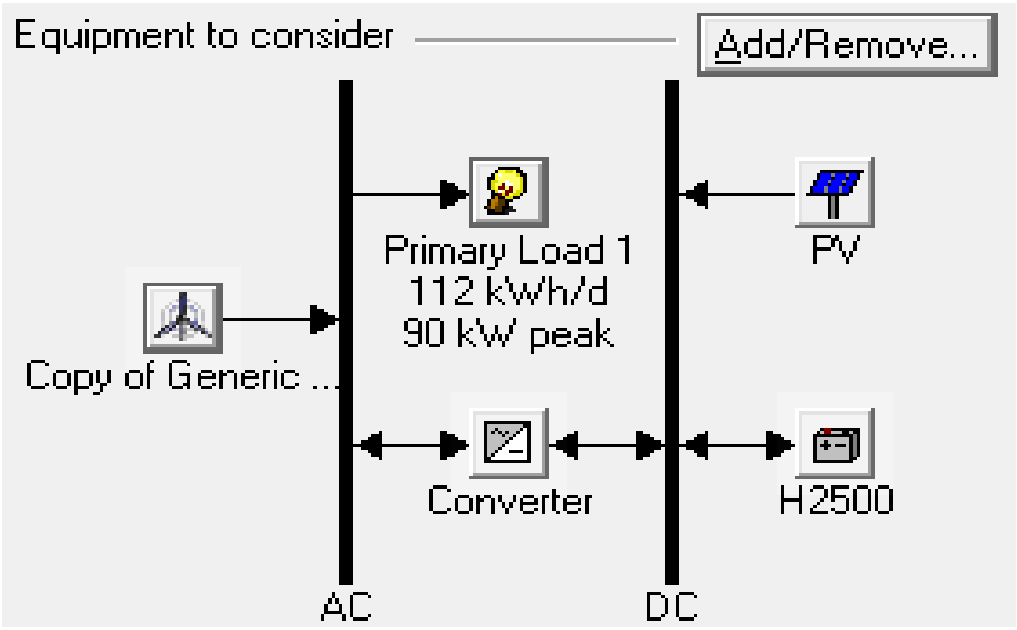


Figure IV. 6. Montage électrique du système hybride

Après la simulation, nous avons obtenu les résultats suivant :

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
50	10	600	50	$ 1,135,040	2,836	$ 1,171,292	15.592	1.00	20.0
50	20	600	50	$ 1,138,330	3,047	$ 1,177,276	15.672	1.00	20.0
50	10	600	100	$ 1,155,040	3,497	$ 1,199,740	15.971	1.00	20.0
50	20	600	100	$ 1,158,330	3,707	$ 1,205,723	16.050	1.00	20.0
50	10	600	150	$ 1,175,040	4,158	$ 1,228,187	16.349	1.00	20.0
50	20	600	150	$ 1,178,330	4,368	$ 1,234,171	16.429	1.00	20.0
100		600	50	$ 1,190,500	3,625	$ 1,236,842	16.465	1.00	20.0
100	10	600	50	$ 1,193,790	3,836	$ 1,242,825	16.544	1.00	20.0
100	20	600	50	$ 1,197,080	4,047	$ 1,248,809	16.624	1.00	20.0
50	10	600	200	$ 1,195,040	4,818	$ 1,256,635	16.728	1.00	20.0
50	20	600	200	$ 1,198,330	5,029	$ 1,262,618	16.808	1.00	20.0
100		600	100	$ 1,210,500	4,286	$ 1,265,289	16.843	1.00	20.0
100	10	600	100	$ 1,213,790	4,497	$ 1,271,273	16.923	1.00	20.0
100	20	600	100	$ 1,217,080	4,707	$ 1,277,257	17.003	1.00	20.0
100		600	150	$ 1,230,500	4,947	$ 1,293,737	17.222	1.00	20.0
100	10	600	150	$ 1,233,790	5,158	$ 1,299,720	17.302	1.00	20.0
100	20	600	150	$ 1,237,080	5,368	$ 1,305,704	17.381	1.00	20.0
50	10	600	300	$ 1,235,040	6,140	$ 1,313,530	17.485	1.00	20.0
50	20	600	300	$ 1,238,330	6,351	$ 1,319,513	17.565	1.00	20.0
100		600	200	$ 1,250,500	5,608	$ 1,322,184	17.601	1.00	20.0
100	10	600	200	$ 1,253,790	5,818	$ 1,328,168	17.680	1.00	20.0

A

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
20	10	600	50	$ 1,099,790	2,236	$ 1,128,372	16.230	1.00	20.0
20	12	600	50	$ 1,100,448	2,278	$ 1,129,569	16.248	1.00	20.0
30	6	600	50	$ 1,110,224	2,352	$ 1,140,285	16.402	1.00	20.0
30	8	600	50	$ 1,110,882	2,394	$ 1,141,482	16.419	1.00	20.0
30	10	600	50	$ 1,111,540	2,436	$ 1,142,679	16.436	1.00	20.0
30	12	600	50	$ 1,112,198	2,478	$ 1,143,875	16.453	1.00	20.0
20	10	600	100	$ 1,119,790	2,897	$ 1,156,820	16.640	1.00	20.0
20	12	600	100	$ 1,120,448	2,939	$ 1,158,016	16.657	1.00	20.0
30	6	600	100	$ 1,130,224	3,012	$ 1,168,733	16.811	1.00	20.0
30	8	600	100	$ 1,130,882	3,055	$ 1,169,929	16.828	1.00	20.0
30	10	600	100	$ 1,131,540	3,097	$ 1,171,126	16.845	1.00	20.0
30	12	600	100	$ 1,132,198	3,139	$ 1,172,323	16.863	1.00	20.0
20	10	600	150	$ 1,139,790	3,558	$ 1,185,267	17.049	1.00	20.0
20	12	600	150	$ 1,140,448	3,600	$ 1,186,464	17.066	1.00	20.0
30	6	600	150	$ 1,150,224	3,673	$ 1,197,180	17.220	1.00	20.0

B

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
100	40	3000	100	$ 5,435,660	8,986	$ 5,550,534	18.024	1.00	20.0
100	50	3000	100	$ 5,438,950	9,197	$ 5,556,518	18.044	1.00	20.0
100	40	3000	150	$ 5,455,660	9,647	$ 5,578,981	18.116	1.00	20.0
100	50	3000	150	$ 5,458,950	9,858	$ 5,584,965	18.136	1.00	20.0
100	40	3000	200	$ 5,475,660	10,308	$ 5,607,429	18.209	1.00	20.0
100	50	3000	200	$ 5,478,950	10,519	$ 5,613,413	18.228	1.00	20.0
100	40	3000	300	$ 5,515,660	11,629	$ 5,664,324	18.394	1.00	20.0
100	50	3000	300	$ 5,518,950	11,840	$ 5,670,308	18.413	1.00	20.0
300		3000	100	$ 5,657,500	12,143	$ 5,812,732	18.876	1.00	20.0
300	10	3000	100	$ 5,660,790	12,354	$ 5,818,716	18.895	1.00	20.0
300	20	3000	100	$ 5,664,080	12,565	$ 5,824,700	18.914	1.00	20.0
300	30	3000	100	$ 5,667,370	12,775	$ 5,830,683	18.934	1.00	20.0
300	40	3000	100	$ 5,670,660	12,986	$ 5,836,667	18.953	1.00	20.0
300		3000	150	$ 5,677,500	12,804	$ 5,841,180	18.968	1.00	20.0
300	50	3000	100	$ 5,673,950	13,197	$ 5,842,651	18.973	1.00	20.0
300	10	3000	150	$ 5,680,790	13,015	$ 5,847,164	18.987	1.00	20.0
300	20	3000	150	$ 5,684,080	13,226	$ 5,853,148	19.007	1.00	20.0
300	30	3000	150	$ 5,687,370	13,436	$ 5,859,131	19.026	1.00	20.0
300	40	3000	150	$ 5,690,660	13,647	$ 5,865,115	19.046	1.00	20.0
300		3000	200	$ 5,697,500	13,465	$ 5,869,627	19.060	1.00	20.0
300	50	3000	150	$ 5,693,950	13,858	$ 5,871,099	19.065	1.00	20.0
300	10	3000	200	$ 5,700,790	13,676	$ 5,875,611	19.080	1.00	20.0

C

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
10	12	600	50	$ 1,088,698	2,078	$ 1,115,262	16.484	1.00	20.0
10	14	600	50	$ 1,089,356	2,120	$ 1,116,459	16.502	1.00	20.0
20	10	600	50	$ 1,099,790	2,236	$ 1,128,372	16.678	1.00	20.0
20	12	600	50	$ 1,100,448	2,278	$ 1,129,569	16.696	1.00	20.0
20	14	600	50	$ 1,101,106	2,320	$ 1,130,766	16.714	1.00	20.0
30	8	600	50	$ 1,110,882	2,394	$ 1,141,482	16.872	1.00	20.0
30	10	600	50	$ 1,111,540	2,436	$ 1,142,679	16.890	1.00	20.0
10	12	600	100	$ 1,108,698	2,739	$ 1,143,710	16.905	1.00	20.0
30	12	600	50	$ 1,112,198	2,478	$ 1,143,875	16.907	1.00	20.0
10	14	600	100	$ 1,109,356	2,781	$ 1,144,906	16.923	1.00	20.0
30	14	600	50	$ 1,112,856	2,520	$ 1,145,072	16.925	1.00	20.0
20	10	600	100	$ 1,119,790	2,897	$ 1,156,820	17.099	1.00	20.0
20	12	600	100	$ 1,120,448	2,939	$ 1,158,016	17.116	1.00	20.0
20	14	600	100	$ 1,121,106	2,981	$ 1,159,213	17.134	1.00	20.0
30	8	600	100	$ 1,130,882	3,055	$ 1,169,929	17.292	1.00	20.0
30	10	600	100	$ 1,131,540	3,097	$ 1,171,126	17.310	1.00	20.0
10	12	600	150	$ 1,128,698	3,400	$ 1,172,157	17.325	1.00	20.0
30	12	600	100	$ 1,132,198	3,139	$ 1,172,323	17.328	1.00	20.0
10	14	600	150	$ 1,129,356	3,442	$ 1,173,354	17.343	1.00	20.0
30	14	600	100	$ 1,132,856	3,181	$ 1,173,520	17.345	1.00	20.0
20	10	600	150	$ 1,139,790	3,558	$ 1,185,267	17.519	1.00	20.0
20	12	600	150	$ 1,140,448	3,600	$ 1,186,464	17.537	1.00	20.0

D

Figure IV.7. Tous les résultats optimisés de système hybride (A B C D)

Nous observé que la première ligne pour chaque système est le plus efficace, car le classement était basé sur la valeur du NPC (Coût Actuel Net), allant du plus petit au plus grand. La première ligne avait la plus petite valeur de IC (Capital Initial) avec une valeur de (1135040 dollars) pour (A),(1099790 dollars) pour (B), (5435660 dollars) pour (C) et pour (D) (1088698

dollars) . NPC (Coût Actuel Net) avec une valeur de (1171292 dollars) pour (A),(1128372 dollars) pour (B), (5550534 dollars) pour (C) et pour (D) (1115262 dollars) .

COE (coût actualisé de l'énergie) Our l'année 2022. estimé (15.592) pour (A) , (16.230) pour (B) , (18.024) pour (C) et pour (D) (16.484) . Après la simulation, la sensibilité des résultats est la suivante :

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
50	10	600	50	$ 1,135,040	2,836	$ 1,171,292	15.592	1.00	20.0

A

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
20	10	600	50	$ 1,099,790	2,236	$ 1,128,372	16.230	1.00	20.0

B

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
100	40	3000	100	$ 5,435,660	8,986	$ 5,550,534	18.024	1.00	20.0

C

PV (kW)	G1	H2500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
10	12	600	50	$ 1,088,698	2,078	$ 1,115,262	16.484	1.00	20.0

D

Figure IV. 8. Résultats optimale pour le système hybride

Nous observé que le système hybride, composé de panneaux solaires, d'éoliennes et de batteries, est considéré comme le plus efficace parmi les systèmes étudiés. Ce schéma a été associé à la valeur totale du coût net actuel (NPC), allant de la plus petite à la plus grande.

A partir de ce résultat, nous constatons que le système hybride idéal utilisé est celui qui Composer de:

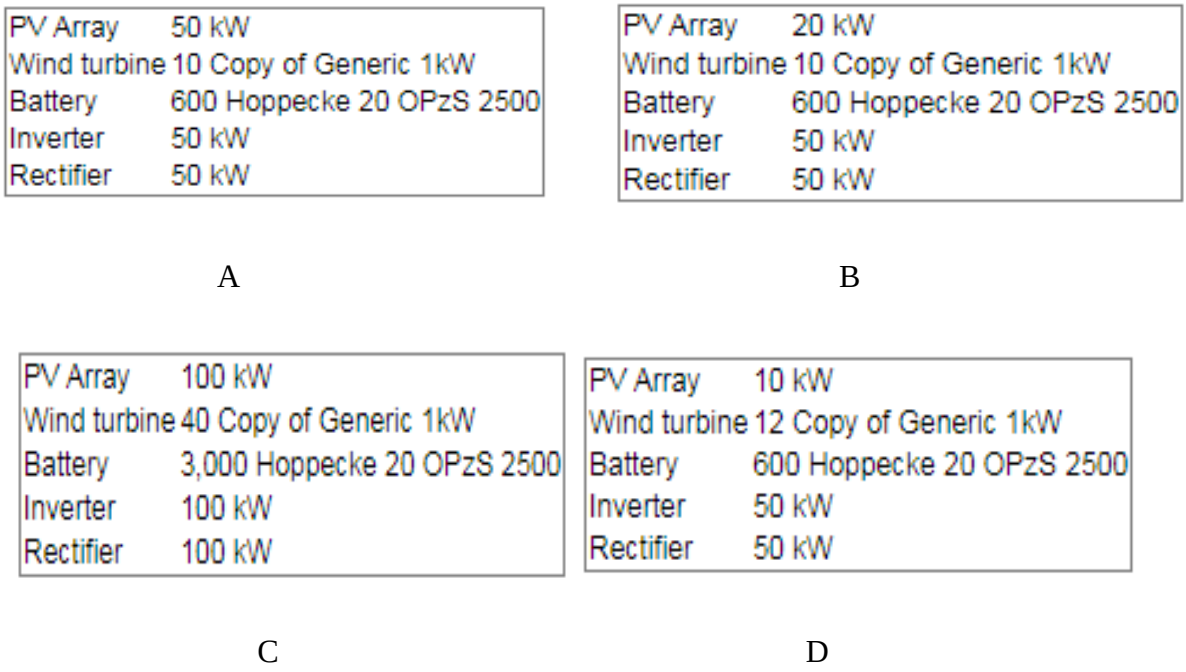


Figure IV. 9. Résultats optimisés d'un système

Pour réprendre la charge de quatre système, nous avons besion des éléments suivants:

- la charge de une journée hivernal de 26 kW, il faudrait disposer d'un système comprenant 50 panneaux solaires photovoltaïques de 1 KW, 10 éolienne de 1 KW, 600 batteries de type Hoppecke 20 OPzS, ainsi que 50 convertisseurs.
- la charge de une journée de printemps de 28 kW, il faudrait disposer d'un système comprenant 20 panneaux solaires photovoltaïques de 1 KW, 10 éolienne de 1 KW, 600 batteries de type Hoppecke 20 OPzS, ainsi que 50 convertisseurs.
- la charge de une journée d'été de 90 kW, il faudrait disposer d'un système comprenant 100 panneaux solaires photovoltaïques de 1 KW, 40 éolienne de 1 KW, 3000 batteries de type Hoppecke 20 OPzS, ainsi que 50 convertisseurs.
- la charge de une journée d'automne de 26 kW, il faudrait disposer d'un système comprenant 10 panneaux solaires photovoltaïques de 1 KW, 20 éolienne de 1 KW, 600 batteries de type Hoppecke 20 OPzS, ainsi que 50 convertisseurs.

En réalité, HOMER réalise la simulation de toutes les configurations possibles de systèmes hybrides qui peuvent fonctionner de manière optimale sur un site donné en fournissant suffisamment d'énergie électrique pour répondre aux besoins de la charge, et présente la configuration la plus efficace.

La figure suivante illustre la quantité d'énergie produite par le système optimal.

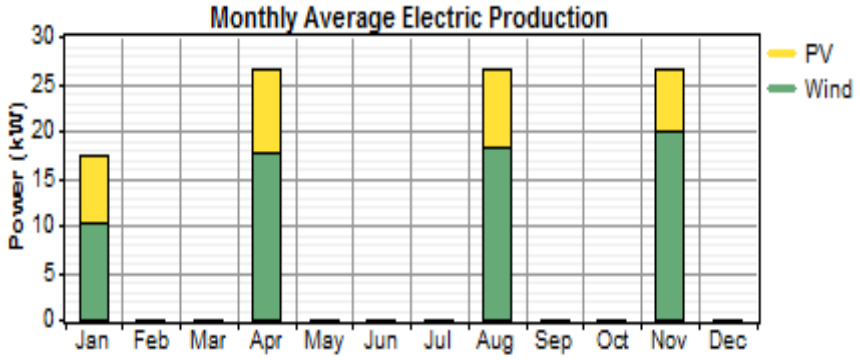


Figure IV. 10. Quantité de production d'électricité d'une journée de chaque saison

Les tableaux suivant présentent en détail les résultats pour quatre cas. Ils fournissent des informations sur la quantité d'énergie électrique produite par chaque générateur pendant une journée de chaque saison.

Tableau IV. 1. Quantité de production d'électricité d'une journée pour chaque saison

Component	**Production** (kWh/d)	**Fraction**
PV array	3646	74%
Wind turbines	1275	26%
Total	4921	100%

A

Component	**Production** (kWh/d)	**Fraction**
PV array	3646	74%
Wind turbines	1275	26%
Total	4921	100%

B

Component	**Production** (kWh/yr)	**Fraction**
PV array	8307	48%
Wind turbines	9088	52%
Total	17395	100%

C

Component	**Production** (kWh/yr)	**Fraction**
PV array	629	18%
Wind turbines	2880	82%
Total	3510	100%

D

IV.5.1.Le générateur photovoltaïque

Les paramètres de fonctionnement de panneau photovoltaïque sont montrés dans le tableau suivant:

Tableau IV. 2. Information concernant la production d'énergie par le PV une journée pour chaque saison

Quantity	Value	Units
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	42.6	KW
PV penetration	62.0	%
Hours of operation	132	hr/d
Levelized cost	1.53	$/KWh

A

Quantity	Value	Units
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	42.6	KW
PV penetration	62.0	%
Hours of operation	132	hr/d
Levelized cost	1.53	$/KWh

B

Quantity	Value	Units
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	77.6	KW
PV penetration	34.5	%
Hours of operation	168	hr/d
Levelized cost	1.35	$/KWh

C

Quantity	Value	Units
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	8.31	KW
PV penetration	11.9	%
Hours of operation	120	hr/d
Levelized cost	1.78	$/KWh

D

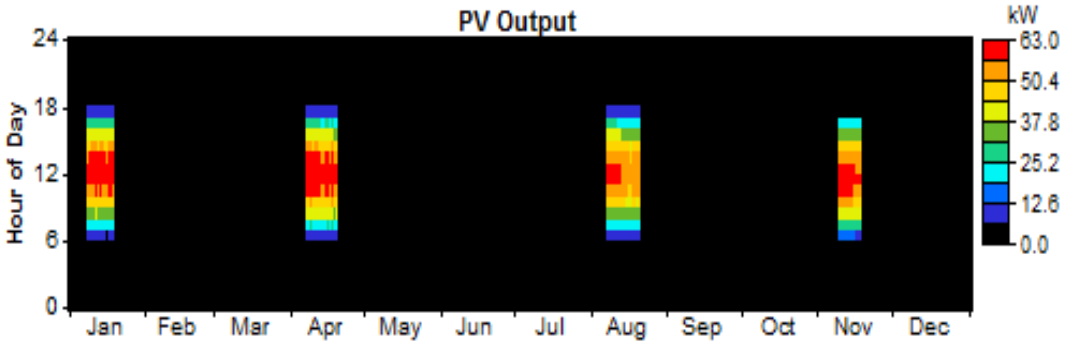


Figure IV.11. Fonctionnement de générateur photovoltaïque

On remarque que la plage horaire de fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques est limitée pendant un jour de chaque saison, allant de 6 heures du matin jusqu'à 18 heures. Les panneaux solaires ne produisent aucune énergie pendant l'heure de pointe à 20 heures, conformément au profil de charge journalière, ce qui nécessite l'utilisation d'autres générateurs ou le recours à l'énergie stockée dans les batteries pour répondre à la demande de charge.

IV.5.2. Le générateur éolienne

Les paramètres de fonctionnement de générateur éolien sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau IV. 3. Information concernant la production de l'énergie éolienne une journée pour chaque saison

Variable	**Value**	**Units**
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	9.25	KW
Wind penetration	21.7	%
Hours of operation	504	Hr/d
Levelized cost	0.367	$/KWh

A

Quantity	**Value**	**Units**
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	10	KW
Wind penetration	39.0	%
Hours of operation	528	Hr/d
Levelized cost	0.221	$/KWh

B

Variable	Value	Units
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	40.0	KW
Wind penetration	37.7	%
Hours of operation	456	Hr/d
Levelized cost	0.206	$/KWh

C

Variable	Value	Units
Minimum output	0.00	KW
Maximum output	12.0	KW
Wind penetration	54.4	%
Hours of operation	576	Hr/d
Levelized cost	0.195	$/KWh

D

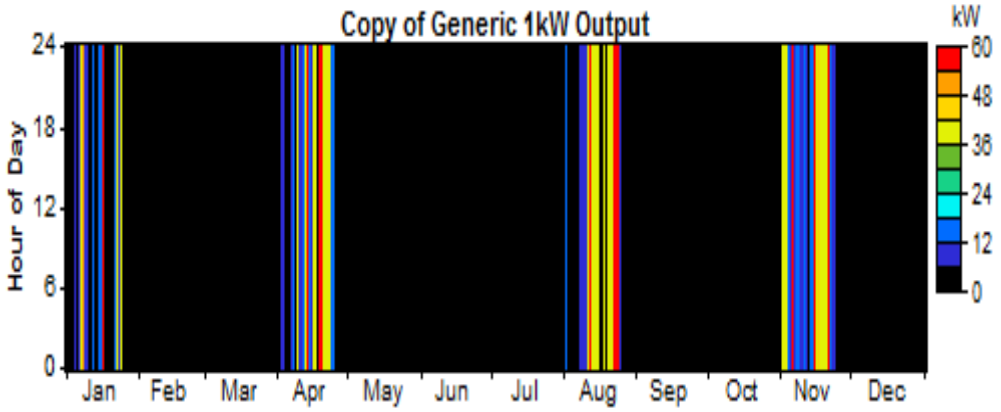


Figure IV. 12 . Fonctionnement de générateur éolienne photovoltaïque

IV.5.3.Résultats obtenue par les batteries

Tableau IV.4. Résultats obtenue par les batteries une journée pour chaque saison

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	3000	KWh
Usable nominal capacity	2100	KWh
Autonomy	3130	Hr
Lifetimethroughput	5113800	KWh
Battery wear cost	0.001	$/KWh
Averageenergycost	0.000	$/KWh
Energy in	2429	KWh/d
Energy out	3718	KWh/d
Storage depletion	1478	KWh/d
Losses	-2767	KWh/d
Annualthroughput	4009	KWh/d
Expected life	20.0	D

A

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	3000	KWh
Usable nominal capacity	2100	KWh
Autonomy	3383	Hr
Lifetimethroughput	5113800	KWh
Battery wear cost	0.001	$/KWh
Averageenergycost	0.000	$/KWh
Energy in	1302	KWh/d
Energy out	3135	KWh/d
Storage depletion	1829	KWh/d
Losses	-3662	KWh/d
Annualthroughput	3381	KWh/d
Expected life	20.0	d

B

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	15000	KWh
Usable nominal capacity	10500	KWh
Autonomy	3818	Hr
Lifetimethroughput	25569000	KWh
Battery wear cost	0.001	$/KWh
Averageenergycost	0.000	$/KWh
Energy in	9599	KWh/d
Energy out	18204	KWh/d
Storage depletion	9029	KWh/d
Losses	-17633	KWh/d
Annualthroughput	19630	KWh/d
Expected life	20.0	d

C

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	3000	KWh
Usable nominal capacity	2100	KWh
Autonomy	3476	Hr
Lifetimethroughput	5113800	KWh
Battery wear cost	0.001	$/KWh
Averageenergycost	0.000	$/KWh
Energy in	746	KWh/d
Energy out	2881	KWh/d
Storage depletion	2033	KWh/d
Losses	-4169	KWh/d
Annualthroughput	3107	KWh/d
Expected life	20.0	d

D

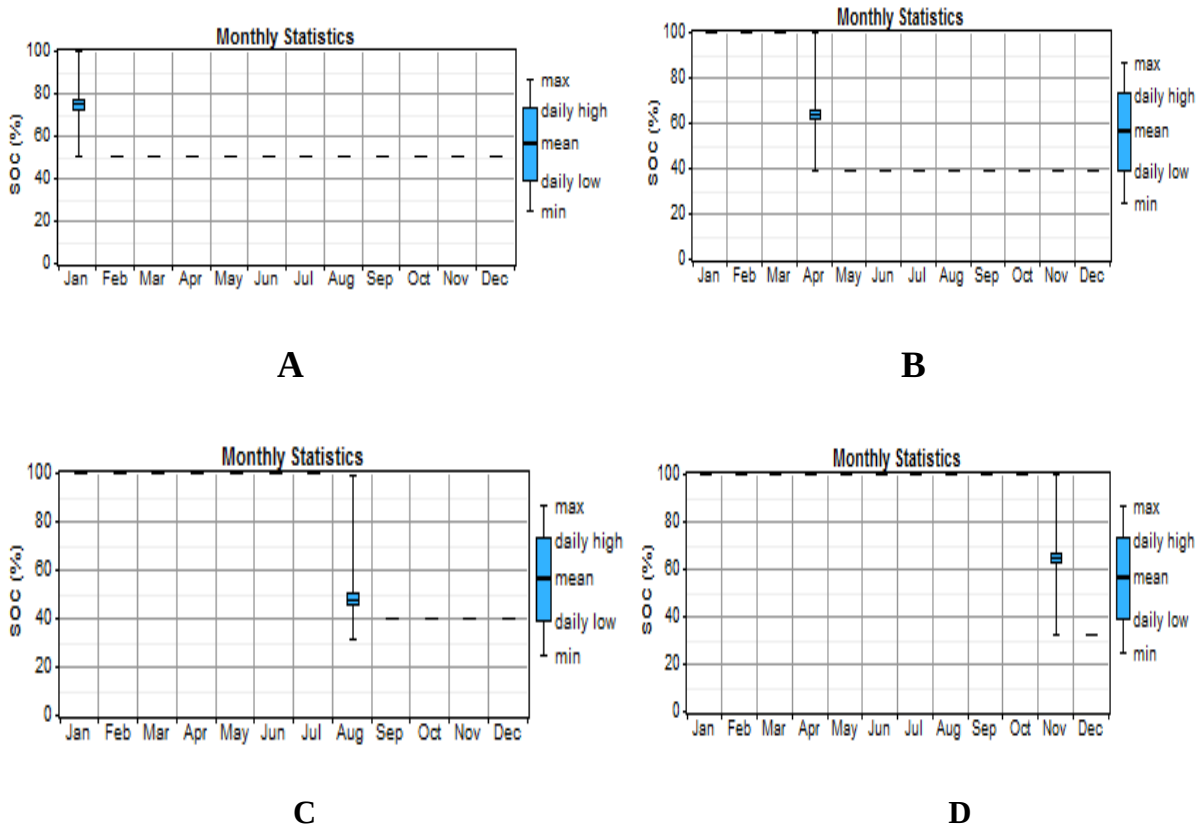


Figure IV. 13. Statistiques saisonnières pour le chargement des batteries une journée pour chaque saison

La batterie joue un rôle crucial et essentiel dans le système économique de l'énergie électrique. Elle est utilisée en permanence tout au long de la journée, avec un niveau de charge variant entre (48% et 100%) pendant quatre saisons, La batterie est considérée comme l'élément principal et indispensable pour la production d'énergie, surtout la nuit, en raison du manque d'énergie renouvelable dû aux conditions météorologiques.

IV.5.4.Résultats obtenue par les convertisseurs bidirectionnels

Un convertisseur statique est un montage utilisant des interrupteurs à semi-conducteurs permettant par une commande convenable de ces derniers de régler un transfert d'énergie entre une source d'entrée et une source de sortie. Dans notre cas utilise un redresseur pour redresser le courant alternatif en courant continu avec un onduleur qui travailler le contraire de le redresseur ce dernier Modifie le courant continu (DC) en courant alternatif (AC), La tension d'entrée, la tension et la fréquence de sortie.

On remarque que la relation entre l'onduleur et le redresseur est complémentarité c'est-à-dire 1ère complète le 2ème pour assure bien fonctionnement des bus AC et DC

Tableau IV.5. Résultats obtenue par le convertisseur une journée pour chaque saison

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	50.0	50.0	KW
Mean output	0.5	0.0	KW
Minimum output	0.0	0.0	KW
Maximum output	23.8	0.0	KW
Capacity factor	1.1	0.0	%
Hours of operation	576	0	Hr/d
Energy in	4,895	0	KWh/d
Energy out	4,601	0	KWh/d
Losses	294	0	KWh/d

A

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	50.0	50.0	KW
Mean output	0.4	0.0	KW
Minimum output	0.0	0.0	KW
Maximum output	21.6	3.4	KW
Capacity factor	0.8	0.1	%
Hours of operation	480	96	Hrs/d
Energy in	3809	263	KWh/d
Energy out	3580	224	KWh/d
Losses	229	39	KWh/d

B

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	100	100	KW
Mean output	2	0.0	KW
Minimum output	0.0	0.0	KW
Maximum output	88	26	KW
Capacity factor	2.2	0.4	%
Hours of operation	360	216	Hrs/d
Energy in	20693	4449	KWh/d
Energy out	19451	3782	KWh/d
Losses	1241	667	KWh/d

C

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	50.0	50.0	KW
Mean output	0.3	0.0	KW
Minimum output	0.0	0.0	KW
Maximum output	24.8	5.0	KW
Capacity factor	0.7	0.1	%
Hours of operation	336	192	Hrs/d
Energy in	3201	512	KWh/d
Energy out	3009	436	KWh/d
Losses	192	77	KWh/d

D

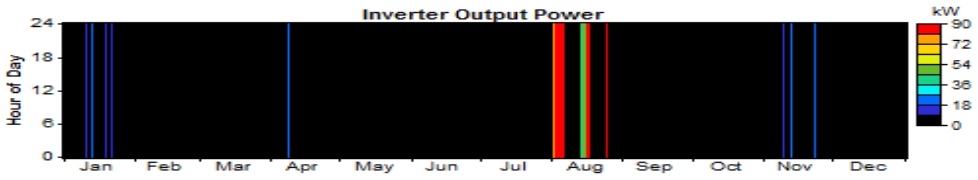


Figure IV.14.Résultats obtenue par l'onduleur.

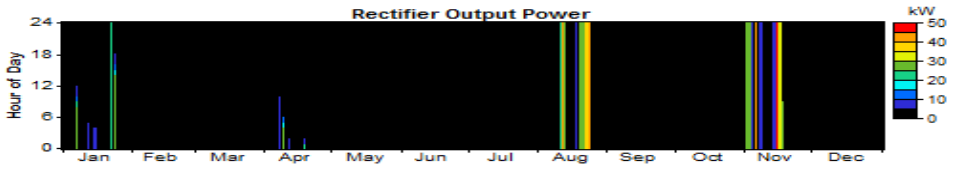


Figure IV. 15. Résultats obtenues par le redresseur.

IV.5.5.Interprétation des résultats optimisent

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	($)	($)	($)	($)	($)	($)
PV	58,750	0	12,783	0	0	71,533
Copy of Generic 1kW	3,290	312	2,557	0	-175	5,984
Hoppecke 20 OPzS 2500	1,053,000	1,871	11,505	0	-1,048	1,065,327
Converter	20,000	4,677	6,392	0	-2,621	28,448
System	1,135,040	6,860	33,237	0	-3,844	1,171,292

A

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	($)	($)	($)	($)	($)	($)
PV	23,500	0	5,113	0	0	28,613
Copy of Generic 1kW	3,290	312	2,557	0	-175	5,984
Hoppecke 20 OPzS 2500	1,053,000	1,871	11,505	0	-1,048	1,065,327
Converter	20,000	4,677	6,392	0	-2,621	28,448
System	1,099,790	6,860	25,567	0	-3,844	1,128,372

B

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	($)	($)	($)	($)	($)	($)
PV	117,500	0	25,567	0	0	143,067
Copy of Generic 1kW	13,160	1,247	10,227	0	-699	23,935
Hoppecke 20 OPzS 2500	5,265,000	9,354	57,525	0	-5,242	5,326,639
Converter	40,000	9,354	12,783	0	-5,242	56,895
System	5,435,660	19,956	106,102	0	-11,184	5,550,535

C

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	($)	($)	($)	($)	($)	($)
PV	11,750	0	2,557	0	0	14,307
Copy of Generic 1kW	3,948	374	3,068	0	-210	7,180
Hoppecke 20 OPzS 2500	1,053,000	1,871	11,505	0	-1,048	1,065,327
Converter	20,000	4,677	6,392	0	-2,621	28,448
System	1,088,698	6,922	23,521	0	-3,879	1,115,262

D

Figure IV. 16. Les différents coûts de quatre systèmes.

D'après l'estimation, le coût total du projet pour de travail pendant une journée hivernal s'élève à (1171292 $), et (1128372 $) pour une journée de printemps, (5550535 $) pour une journée d'été et pour une journée d'automne (1115262 $), Cette sommes inclut tous les coûts tels que le capital, le remplacement, les coûts de fonctionnement et de maintenance (O&M) ainsi que la valeur de récupération (salvage). En analysant les résultats, on constate que le coût le plus élevé est lié au système utilisé, représenté par les coûts de fonctionnement et de maintenance (O&M) qui s'élèvent à (33237 $) pour une journée hivernal , (25567 $) pour une journée de printemps , (106102 $) pour une journée d'été et pour une journée d'automne (23521 $) .

Le coût de remplacement est (6860 $) pour une journée hivernal et la même coût pour une journée de printemps, (19965 $) pour une journée d'été et pour une journée d'automne (6922 $).

La valeur de récupération est de (-3844 $) pour une journée hivernal et une journée de printemps, (-11184 $) pour une journée d'été et pour une journée d'automne (-3879 $)..

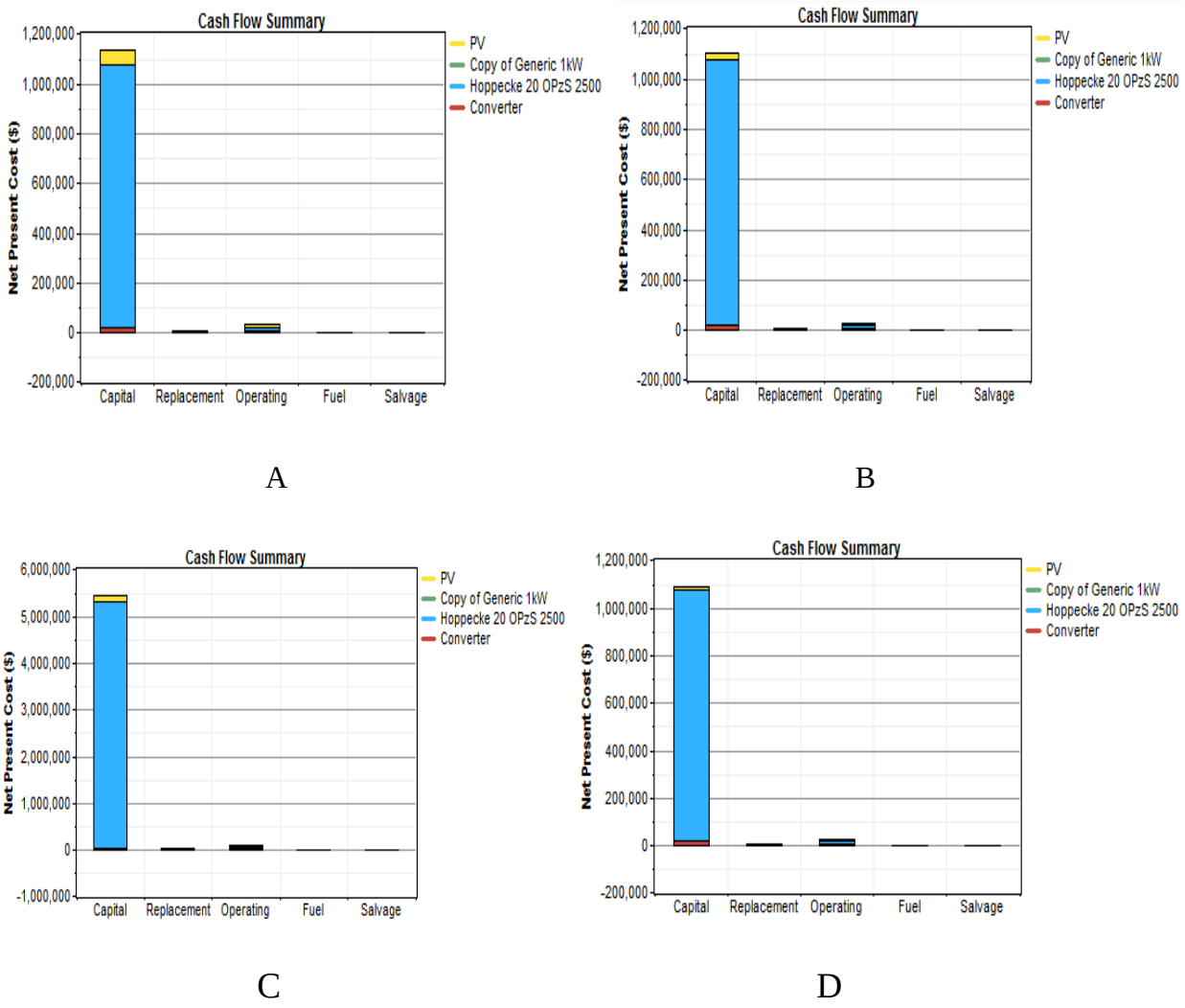


Figure IV. 17. Résumé des coûts des diverses composantes.

IV.6. Comparaison de résultats de quatre saisons

Pour comparer les résultats de système on va étudie les 4 cas :

1ere cas Hiver

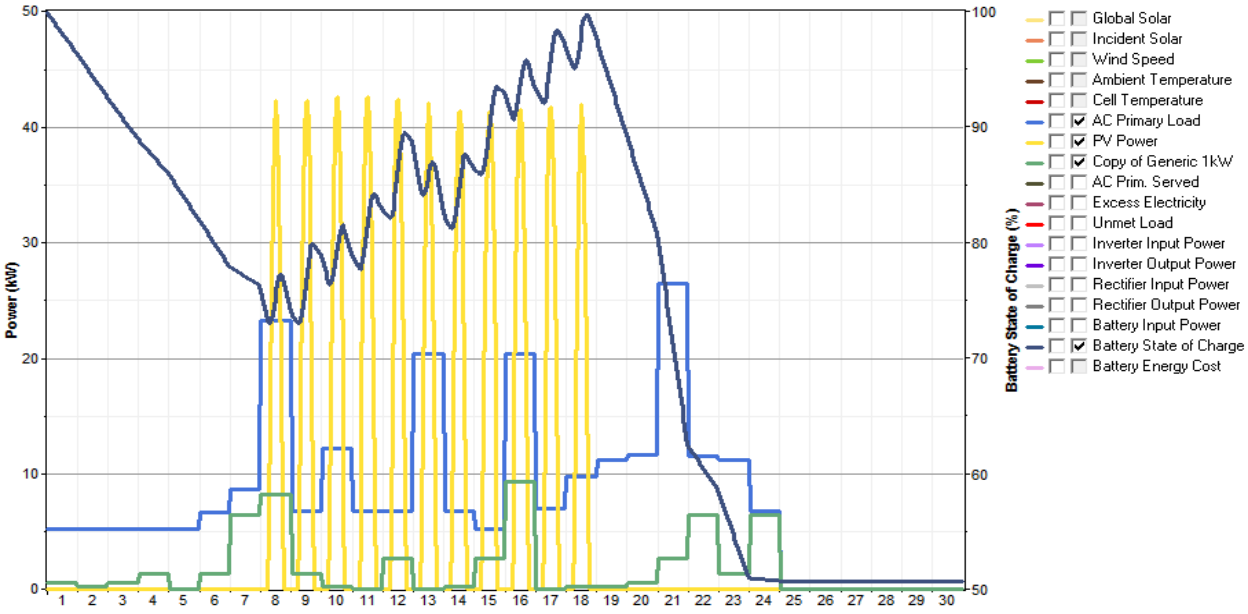


Figure IV. 18. Les résultats simulation de système en hiver

Le graphique présente les résultats de la quantité d'énergie générée par la vitesse du vent et l'énergie solaire en comparaison avec la quantité d'énergie électrique consommée au cours de 24 heures. Il convient de noter que :

- Entre 0 et 7 heures et de 19 à 24 heures, l'énergie solaire est inexistante.
- Entre 0 et 6 heures et de 17 à 20 heures, l'énergie éolienne est faible.
- Entre 8 et 18 heures, la quantité d'énergie solaire commence à augmenter jusqu'à atteindre 42 kW, tandis que la quantité d'énergie éolienne est de 9 kW.
- dans 21 heurs, la quantité d'énergie consommée atteint un maximum de 26.5 kW.
- Si la quantité d'énergie consommée est supérieure à celle produite par l'énergie solaire et la vitesse du vent, la batterie compense ce manque d'énergie pendant la nui

2eme cas printemps

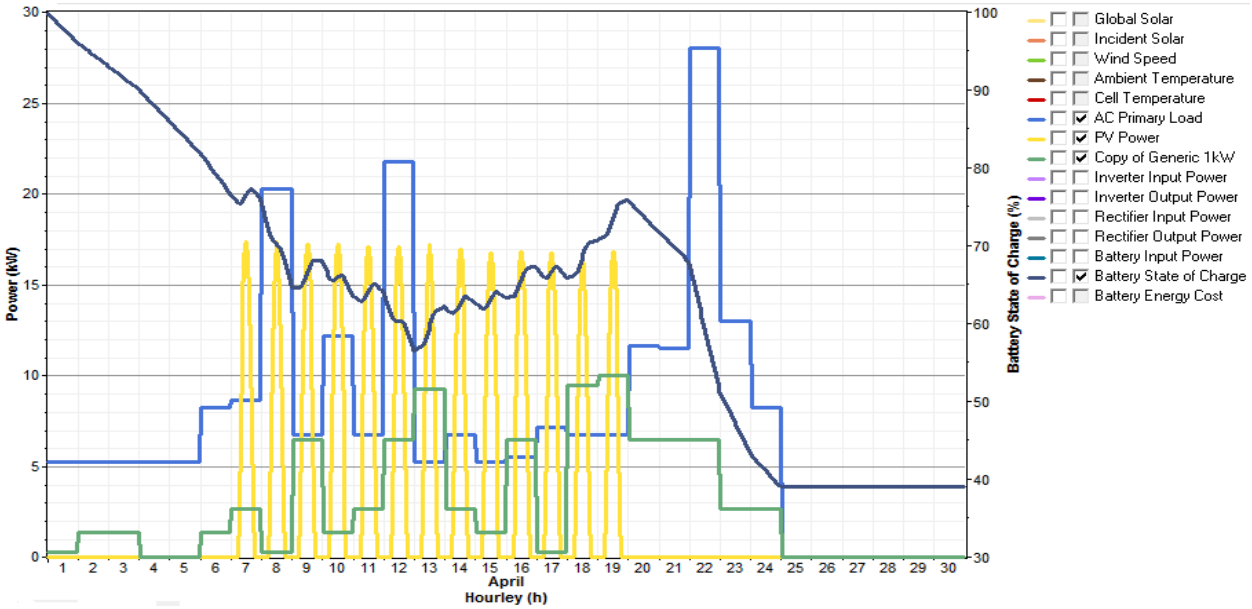


Figure IV. 19. Les résultats simulation de système en printemps

Le graphique présente les résultats de la quantité d'énergie générée par la vitesse du vent et l'énergie solaire en comparaison avec la quantité d'énergie électrique consommée au cours de 24 heures. Il convient de noter que :

- Entre 0 et 6 heures et de 20 à 24 heures, l'énergie solaire est inexistante.
- Entre 0 et 6 heures, l'énergie éolienne est faible.
- Entre 7 et 19 heures, la quantité d'énergie solaire commence à augmenter jusqu'à atteindre 17.5 kW, tandis que la quantité d'énergie éolienne est de 10 kW.
- dans 22 heurs, la quantité d'énergie consommée atteint un maximum de 28 kW.
- Si la quantité d'énergie consommée est supérieure à celle produite par l'énergie solaire et la vitesse du vent, la batterie compense ce manque d'énergie pendant la nuit.

3eme cas été

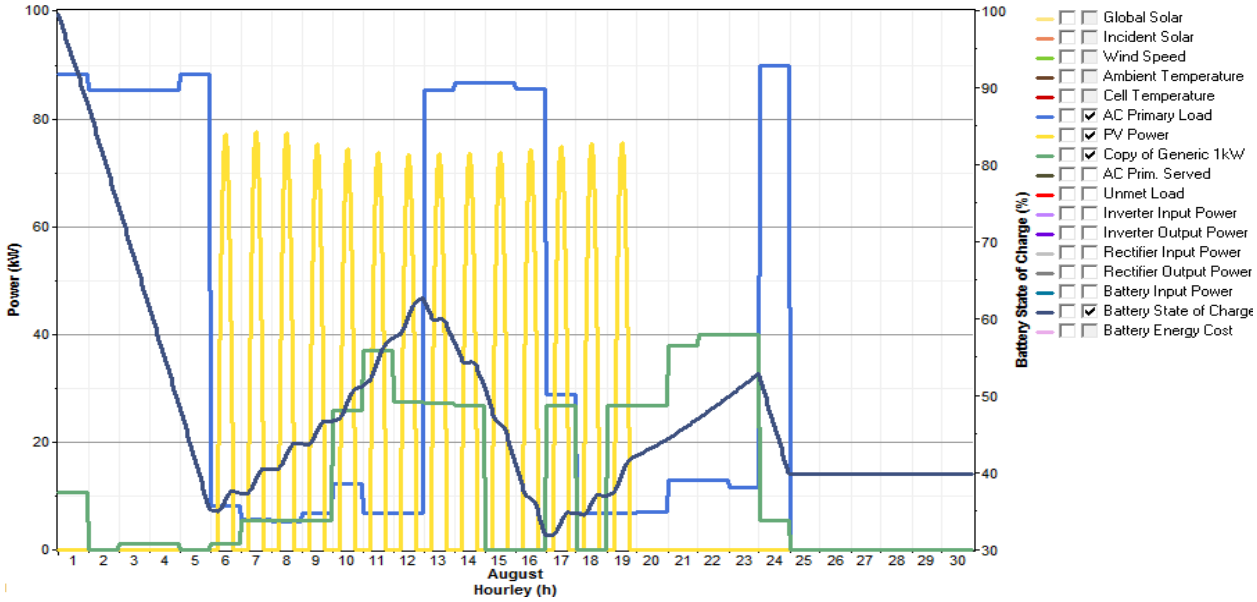


Figure IV. 20. Les résultats simulation de système en été

Le graphique présente les résultats de la quantité d'énergie générée par la vitesse du vent et l'énergie solaire en comparaison avec la quantité d'énergie électrique consommée au cours de 24 heures. Il convient de noter que :

- Entre 0 et 5 heures et de 20 à 24 heures, l'énergie solaire est inexistante.
- Entre 2 et 6 heures, l'énergie éolienne est faible.
- Entre 6 et 19 heures, la quantité d'énergie solaire commence à augmenter jusqu'à atteindre 79 kW, tandis que la quantité d'énergie éolienne est de 40 kW.
- dans 24 heurs, la quantité d'énergie consommée atteint un maximum de 90 kW.
- Si la quantité d'énergie consommée est supérieure à celle produite par l'énergie solaire et la vitesse du vent, la batterie compense ce manque d'énergie pendant la nuit

4^{eme}Cas automne

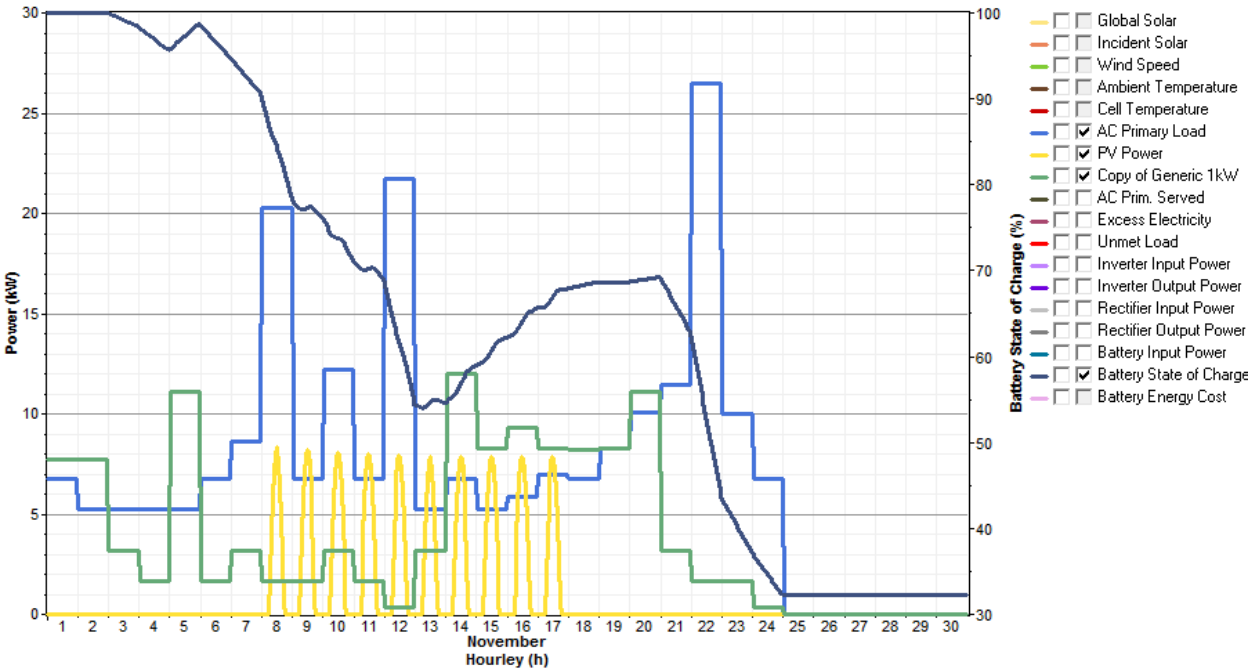


Figure IV. 21. Les résultats simulation de système en automne

Le graphique présente les résultats de la quantité d'énergie générée par la vitesse du vent et l'énergie solaire en comparaison avec la quantité d'énergie électrique consommée au cours de 24 heures. Il convient de noter que :

- Entre 0 et 7 heures et de 18 à 24 heures, l'énergie solaire est inexistante.
- l'énergie éolienne généralement disponible toute la journée.
- Entre 8 et 17 heures, la quantité d'énergie solaire commence à augmenter jusqu'à atteindre 8.5 kW, tandis que la quantité d'énergie éolienne est de 12 kW.
- dans 22 heurs, la quantité d'énergie consommée atteint un maximum de 26.5 kW.
- Si la quantité d'énergie consommée est supérieure à celle produite par l'énergie solaire et la vitesse du vent, la batterie compense ce manque d'énergie pendant la nuit.

Et enfin, nous avons trouvé ce qui suit :

On constate que dans les quatre saisons, à la fois les panneaux solaires photovoltaïques et les éoliennes fonctionnent bien. Cependant, l'utilisation de ces systèmes dépend de plusieurs facteurs tels que l'ensoleillement et la vitesse du vent propres à notre région et la charge à entrainée.

Nous remarquons aussi que les profiles de charge presque similaire durant les trois saisons (hiver, printemps, automne). En revanche, durant la saison d'été est plus élevée en raison d'une consommation accrue pendant cette période (Climatiseur, Congélateur), et les batteries ont aidé à répondre aux besoins de demande de la charge dans tout les cas. Les batteries se chargent pendant la journée lorsque les panneaux solaires ou les éoliennes produisent de l'électricité grâce à l'ensoleillement et à la vitesse du vent. Ce processus permet de stocker l'énergie pour une utilisation ultérieure, notamment pendant la nuit lorsque la production d'électricité est réduite.

IV.7. Comparaison de COE et NPC par rapport PV et éolienne

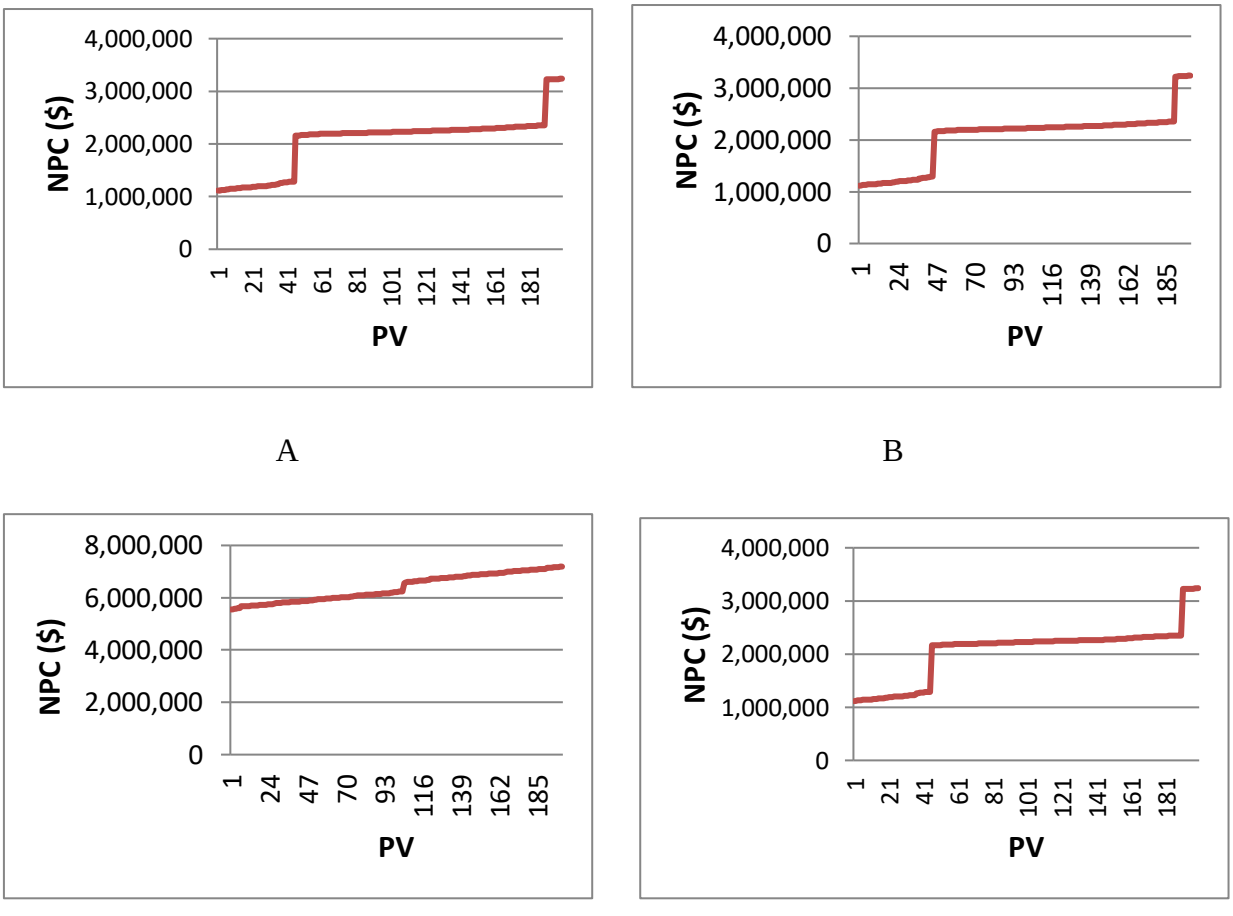


Figure IV. 22. NPC par rapport PV

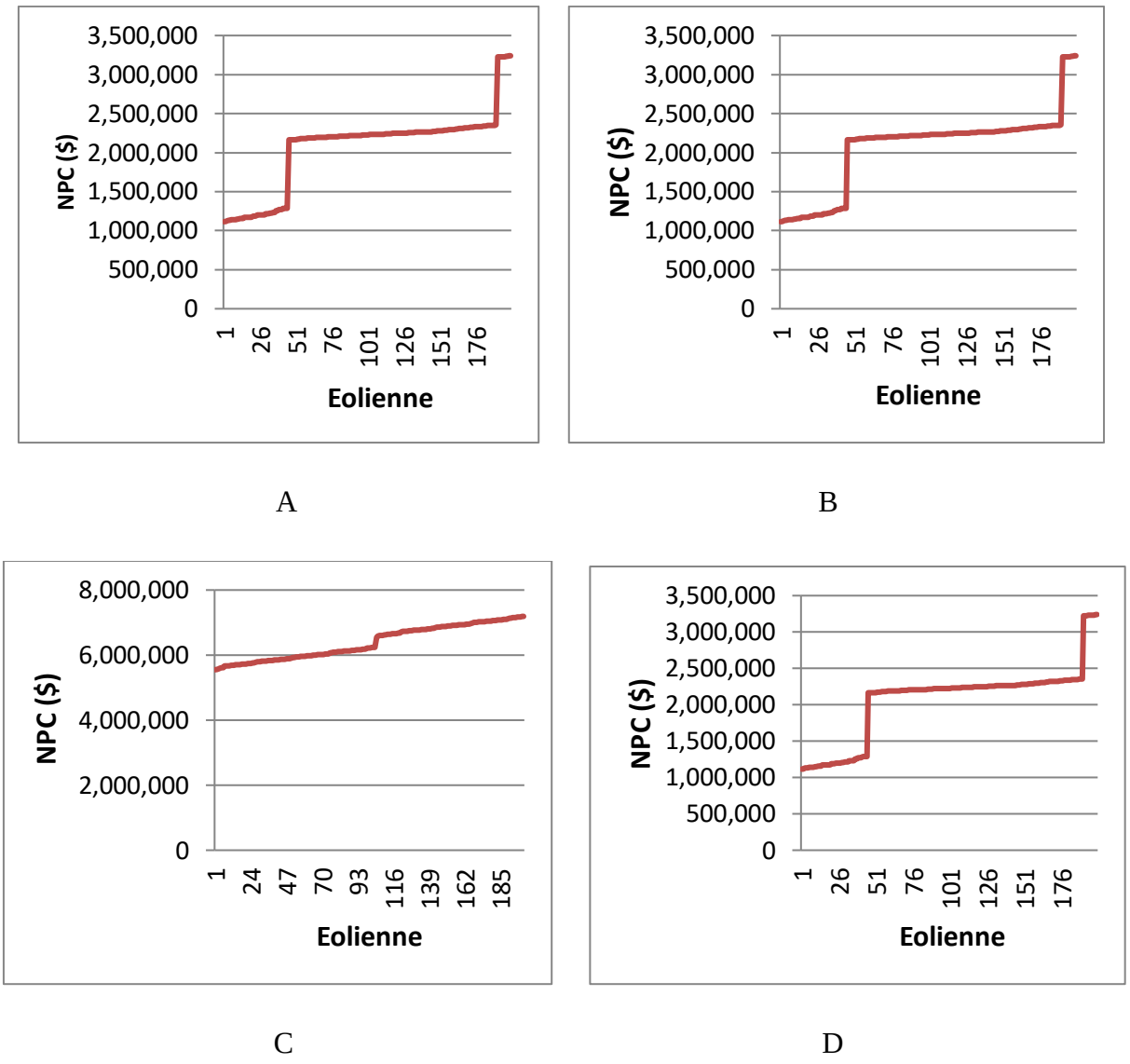


Figure IV. 23. NPC par rapport éolienne

A travers les courbes, nous avons remarqué que plus il y a de panneaux solaires et d'éoliennes, plus le NPC (coût à valeur actuelle) est élevé. Nous avons constaté que le nombre de panneaux solaires contribuait au NPC élevé, surtout en été, pour répondre aux exigences du profil de charge.

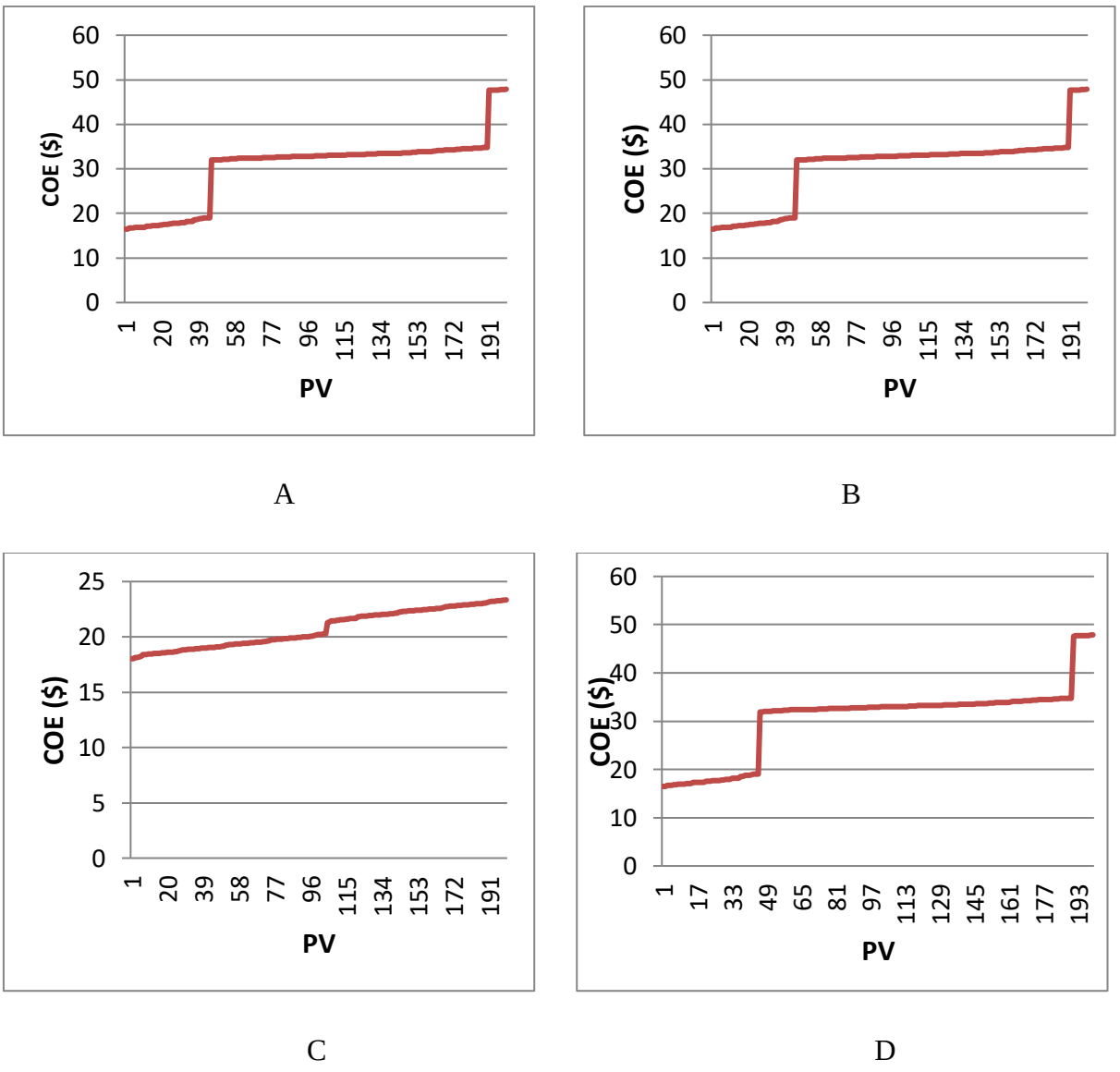


Figure IV.24. NPC par à pour PV

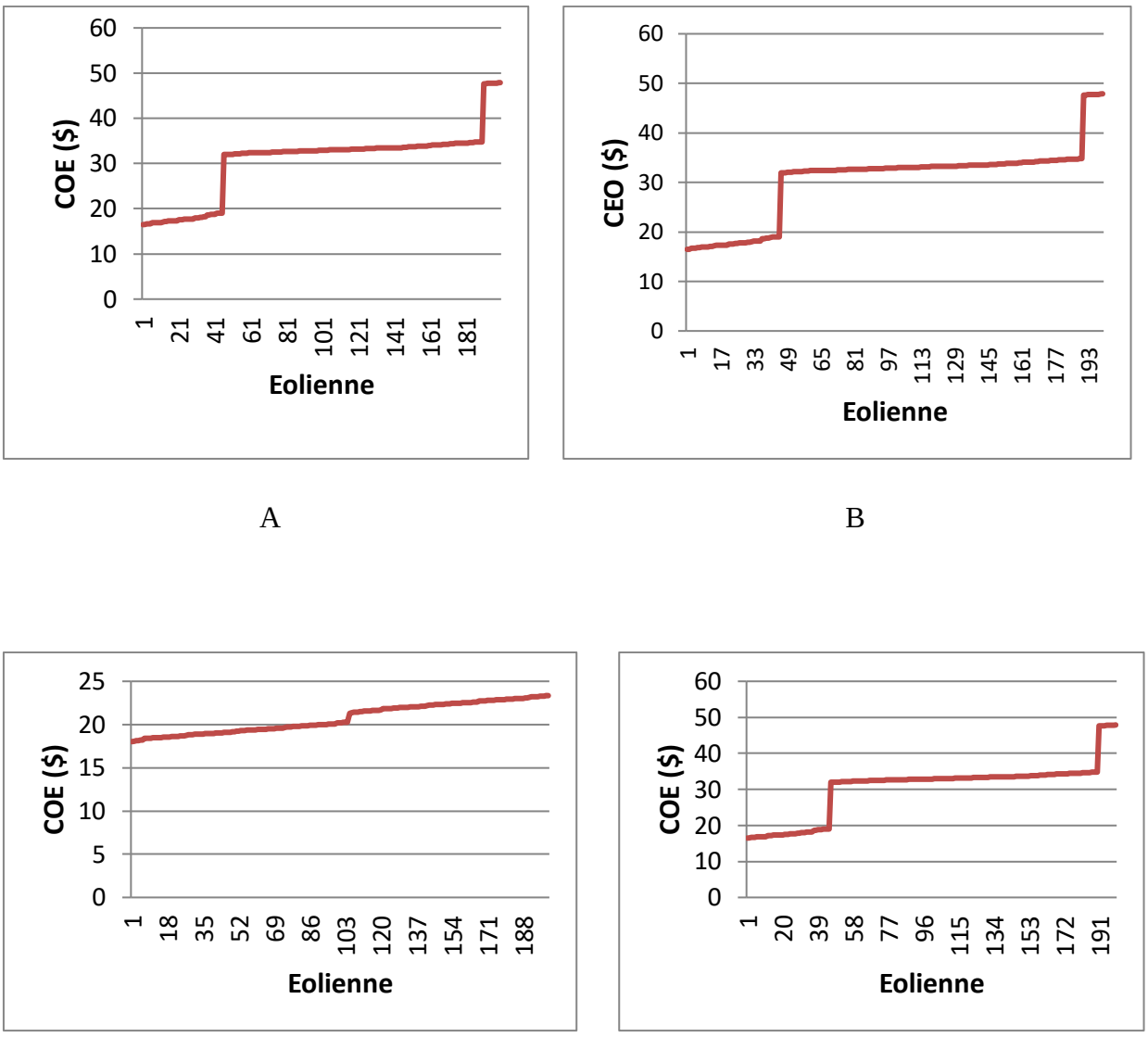


Figure IV. 25. COE par à pour éolienne

A travers les courbes, nous avons remarqué que plus il y a de panneaux solaires et d'éoliennes, plus le COE (Le coût d'énergie) est élevé. Nous avons constaté que le nombre de panneaux solaires contribuait au COE élevé, surtout en été, pour répondre aux exigences du profil de charge.

IV.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude de simulation d'un système hybride éolien photovoltaïque avec des batteries et des convertisseurs, couvrant une journée pour chaque saison.

Pour chaque saison, nous avons modifié les données météorologiques et le profil de charge d'une journée dans le logiciel HOMER. Ce logiciel nous permet d'obtenir des résultats réels en prenant en compte les contraintes de coût et les variations des données météorologiques pour 20 habitations hors réseau électrique.

Le critère le plus important de cette simulation était le coût, en cherchant à minimiser les dépenses, tout en assurant une qualité et une continuité optimale de la fourniture d'électricité.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Notre but dans ce mémoire est d'étudier la gestion d'un système hybride (photovoltaïque/éolien/ batteries). Pour cela, un dimensionnement précis sur tous les composants a été fait afin de répondre aux exigences de 20 habitats en site autonome. De plus, une étude économique optimisé coté investissement a été faite afin d'analyser les possibilités existantes proposé par le logiciel HOMER.

Dans le but d'établir un dimensionnement optimal de notre système, nous avons utilisé le logiciel HOMER ce logiciel spécialisé pour l'optimisation économique et le dimensionnement du système pour évaluer la compatibilité technique ainsi que la fiabilité économique avant l'exécution du projet. Pour cela nous avons présenté une description générale de l'HOMER et les diverses opérations qui peut être effectuées , en suite nous avons commencé l'étude économique de l'installation (PV-éolienne- batterie) qui peut satisfaire l'alimentions de notre profile de charge (Ouzzera) qui consommé une énergie de 16 KWh/jour pour une journée hivarnal , 15KWh/jour pour une journée de printemps , 66 KWh/jour pour une journée d'été et 14 KWh/jour pour une journée d'automne ,premier lieu nous avons présenté les ressources énergétiques (irradiation, température et vitesse de vent)pour une journée de chaque saisons et les coûts de chaque composant des systèmes ensuite l' HOMER propose le système le plus optimum avec le dimensionnement du système hybride qui pourras être utilisé.

Dans cette étude nous avons pris en considération tous les coûts sur toute la durée de vie de projet. Ceux-ci incluent non seulement les coûts initiaux mais aussi les coûts de remplacement, le coût d'exploitation, et maintenance de l'installation.

Après avoir effectué les simulations de configurations du système (PV, éolienne, batteries), elles diffèrent les unes des autres en termes de composants.

Dans cette étude, nous avons pris en compte tous les coûts sur la durée de vie du projet. Cela inclut non seulement les coûts initiaux, mais aussi les coûts de remplacement, les coûts d'exploitation et de maintenance de l'installation.

Après avoir effectué des simulations de différentes configurations du système (PV, éolienne, batteries), qui se différencient par leurs composants, nous avons pu déterminer l'architecture optimale d'un système hybride. Cela fournit à l'utilisateur les éléments nécessaires pour décider de l'approche qui offre le meilleur compromis entre les coûts et les besoins.

Références bibliographique

[1] : L. TOUAHRIA, Y. YOUSFI « Gestion de puissance d'un système hybride (photovoltaïque-éolien) » Mémoire de Master de l'université de Bejaia, 2017/2018.

[2] I. VECHIU « Modélisation et analyse de l'intégration des énergies renouvelables dans un réseau autonome » Thèse de Doctorat de l'Université du Havre, France, 2005.

[3] : Z. ROUMILA « Commande d'un système d'énergie hybride (photovoltaïque-éolien-diesel » Thèse de Doctorat de l'Université de Bejaia, 2009.

[4] : BENOIT ROBYNS, ARNAUD DAVIGNY, BRUNO FRANÇOIS, ANTOINE HENNETON, JONATHAN SPROOTEN, Production d'énergie électrique à partir des sources renouvelables, collection science et technologies de l'énergie électrique dirigée, Lavoisier, CACHAN, 2012.

[5]: H. KANCHEV : «Gestion des flux énergétiques dans un système hybride de sources d'énergie renouvelable : Optimisation de la planification opérationnelle et ajustement d'un micro réseau électrique urbain » Thèse de Doctorat, PRES Université Lille Nord-de- France2014.

[6]: A. Hidayatullah "Impacts of Distributed Generation on Smart Grid" Master of Engineering (Electrical Engineering), Victoria University February 2011.

[7]: C. DARRAS, '' Modélisation de Systèmes Hybrides Photovoltaïque / Hydrogène : Applications site isolé, micro-réseau, et connexion au réseau électrique dans le cadre du projet PEPITE'', Thèse de Doctorat, Université de Corse-Pascal Paoli, May 2011.

[8]: BOULAL Kelthoum IDRISS Charifa « Etude Sociale de l'Acceptation des Energies Renouvelables dans la Région Adrar- Application Pompage Solaire » mémoire de master université d'ADRAR, 2019.

[9] : Pastor, A.C., 2006. Conception et réalisation de modules photovoltaïques électroniques (phdthesis). INSA de Toulouse.

[10]: A. MIRECKI, « Etude comparative de chaînes de conversion d'énergie dédiées à une éolienne de petite puissance », thèse de doctorat, de l'institut national polytechnique de Toulouse, 5 avril 2005.

[11] : F.ZAOUCHE « Maximisation de puissance des systèmes photovoltaïques » Thèse de Doctorat de l'Université de Bejaia, 2018.

[12] : Comment l'Energie Solaire se Transforme-t-elle en Electricité ? In monkitsolaire [en ligne].2019. Disponible sur https://www.monkitsolaire.fr/blog/comment-l-energie-solaire-se-transforme-t-elle-en-electricite--n4

[13] : S.MOUSSANE, S.KACIRI, « Gestion d'énergie d'un système photovoltaïque avec batteries » Mémoire de Master de l'université de Bejaia, 2013/2014.

[14] : R. Maouedj « Application de l'énergie photovoltaïque au pompage hydraulique surles sites de Tlemcen et de Bouzareah » mémoire de magister, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 2005.

[15]: A. Hidayatullah "Impacts of Distributed Generation on Smart Grid" Master of Engineering (Electrical Engineering), Victoria University February 2011.

[16] : L. TOUAHRIA, Y. YOUSFI « Gestion de puissance d'un système hybride (photovoltaïque-éolien) » Mémoire de Master de l'université de Bejaia, 2017/2018.

[17] : A.MIRECKI, « Etude comparative de chaînes de conversion d'énergie dédiées à une éolienne de petite puissance » Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique De Toulouse, 2005.

[18] : Z. ROUMILA « Commande d'un système d'énergie hybride (photovoltaïque-éolien-diesel » Thèse de Doctorat de l'Université de Bejaia, 2009.

[19] : Z. El JOUAD « Réalisation et caractérisation des cellules photovoltaïques organiques » Mémoire présenté en vue de l'obtention du Grade de Docteur de l'Université d'Angers Sous le sceau de l'Université Bretagne Loire, 2016.

[20] : Principe de fonctionnement de l'énergie éolienne.In les-energies-renouvelables. [en ligne].2021. Disponible sur

https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/eolienne/principe-fonctionnement-eolienne/

[21] : Abdoul Karim Traoré <<Gestion d'un système autonome hybride photovoltaïque éolien pour application agricoles>> Juillet 2016, mémoire présenté a l'université du Québec à trois – rivières comme exigence partielle de la maitrise en génie électrique.

[22] : M. SADAOUI Elias et MEDDOURI Mustapha<<Gestion d'énergie dans un système hybride (Photovoltaïque-Eolien)>>Université Abderrahmane Mira – Bejaia Promotion 2012.

[23] : Mr. MAHAMMEDI Abdellatif<<étude et optimisation d'un système hybride éolien photovoltaïque >>université Ferhat Abbas-Sétif 1UFAS(Algérie) Soutenu le 15/12/2014.

[24] : Mr. FELLAH Boumediene<<Système hybride photovoltaïque-éolien, de production d'électricité. Application aux sites de Tlemcen et de Bouzaréah>> soutenu en octobre 2012 université Abdou –Baker Belkaid et Tlemcen.

[25] : Maleki A, Pourfayaz F, Hafeznia H et al. A novel framework for optimal photovoltaic size and location in remote areas using a hybrid method: a case study of eastern Iran. Energy Convers Manage 2017; 153:129–43.

[27]: Maleki A, Rosen MA, Pourfayaz F. Optimal operation of a grid-connected hybrid renewable energy system for residential applications. Sustainability 2017; 9:1314.

[28] : Maleki A. Design and optimization of autonomous solar-wind-reverse osmosis desalination systems coupling battery and hydrogen energy storage by an improved bee algorithm. Desalination 25 August 2017 (impress).

[29] : Correspondence should be addressed to AmeviAcakpovi; acakpovia@gmail.com
Received 27 July 2020; Revised 22 November 2020; Accepted 5 December 2020;
Published 15 Décembre 2020 Académique Editor: Ping-Feng Pai.

[30] : yahiaoui adel, tlemçani abdelhalim, "Superior performances strategies of different hybrid renewable energy systems configurations with energy storage units", wind engineering, 2022.

[31] : C. Darras. Modélisation de systèmes hybrides photovoltaïque/hydrogène : applications site isolé, micro-réseau et connexion au réseau électrique dans le cadre du projet PEPITE (ANR PAN-H) Energie électrique. Université Pascal Paoli, 2010. Français. fftel-00591013ff.

[32] : A. M. Eltamaly and M. A. Mohamed, "A novel design and optimization software for autonomous PV/wind/battery hybrid power systems," Mathematical Problems in Engineering, vol. 2014, Article ID 637174, 16 pages, 2014.

[33] : M. A. Mohamed, A. M. Eltamaly, and A. I. Alolah, "PSObased smart grid application for sizing and optimization of hybrid renewable energy systems," *PLoS One*, vol. 11, no. 8, Article ID e0159702, 2016.

[34]: O. Erdinc and M. Uzunoglu, "Optimum design of hybrid renewable energy systems: Overview of different approaches," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, no. 3, pp. 1412–1425, 2012.

[35]: Fekir Cherif , Université Dr. yahia fares de medea, mémoire master 2 énergies solaire et éolienne, Viabilité économique d'un système hybride avec HOMER, 2017.

[36]: KARA Abdelfattah, Université Ferhat Abbas, mémoire master 2 automatique, Dimensionnement et analyse du coût d'un système hybride de production d'énergie renouvelable pour des sites isolés en Algérie 2014.

[37]: AIDOUN Anouar et BOURAHLA Abdel Karim, Université Dr. yahia fares de medea, mémoire master 2 électrotechnique (Commandes Electriques), Optimisation d'un système hybride photovoltaïque/éolienne pour l'électrification d'un site isolé, 2021.

[38] : http://www.longitude-latitude-maps.com/city/2_548,Ouzera,Medea,Algeria

[39] : https://www.pngwing.com/en/free-png-tbngx

[40] : https://dz.freemeteo.com/letemps/medea/historique/historique-quotidien/?gid=2488835&station=12989&date=2022-01-03&language=french&country=algeria

Type de la charge	Puissance (W)
Lampe	75
Mixeur	450
Télévision	75
Réfrigérateur	100
Chargeur mobile	18
Micro portable	12
Micro-onde	750
Modem wifi	12
Congélateur	150
Machine à laver	347
Climatiseur	4000
Besoin journalier total	5989

consumation par 1 jour de hiver

Heures	équipement	Consummation horaire	Total(Wh)	Total 20 habitat (Wh)
00:00 à 01:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
01:00 à 02:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
02:00 à 03:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
03:00 à 04:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
04:00 à 05:00	Réfrigérateur + Modem wifi	100+12+150	262	5240

	+ Congélateur			
05:00 à 06:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Lampe	100+12+150+75	332	6640
06:00 à 07:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +2 Lampe + Chargeur mobile	100+12+150+150+18	430	8600
07:00 à 08:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +2 Lampe + Micro-onde	100+12+150+150+750	1162	23240
08:00 à 09:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
09:00 à 10:00	Réfrigérateur +Modem wifi + Congélateur + Machine à laver	100+12+150+347	609	12180
10:00 à 11:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
11:00 à 12:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
12:00 à 13:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro-onde	100+12+150+750	1012	20400
13:00 à 14:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
14:00 à 15:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
15:00 à 16:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable	100+12+150+750	1012	20400

16:00 à 17:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable +Télévision	100+12+150+12+75	349	6980
17:00 à 18:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +2 Lampe + Télévision	100+12+150+150+75	487	9740
18:00 à 19:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +3 Lampe + Télévision	100+12+150+225+75	562	11240
19:00 à 20:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 3 Lampe + Télévision + Chargeur mobile	100+12+150+225+75+18	580	11600
20:00 à 21:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 3 Lampe + Télévision + Micro portable +micro-onde	100+12+150+225+75+12+750	1324	26480
21:00 à 22:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +3 Lampe + Télévision + Micro portable	100+12+150+225+75+12	577	11540
22:00 à 23:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 4 Lampe	100+150+12+300	562	11240
23:00 à 24:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +lampe	100+12+150+75	337	6740
Besoin journalier total			**11993**	**239860**

consumation par 1 jour de printemps

Heures	équipement	Consummation horaire	Total(Wh)	Total 20 habitat (Wh)
00:00 à 01:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
01:00 à 02:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
02:00 à 03:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
03:00 à 04:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
04:00 à 05:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
05:00 à 06:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 2 Lampe	100+12+150+150	412	8240
06:00 à 07:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 2 Lampe + Chargeur mobile	100+12+150+150+18	430	8600
07:00 à 08:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro-onde	100+12+150+750	1012	20240
08:00 à 09:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
09:00 à 10:00	Réfrigérateur +Modem wifi + Congélateur + Machine à laver	100+12+150+347	609	12180
10:00 à 11:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
11:00 à 12:00	Réfrigérateur + Modem wifi	100+12+150+75+750	1087	21740

	+ Congélateur + Télévision +micro-onde			
12:00 à 13:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
13:00 à 14:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
14:00 à 15:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
15:00 à 16:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable	100+12+150+12	274	5480
16:00 à 17:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable +Télévision	100+12+150+18+75	355	7100
17:00 à 18:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
18:00 à 19:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
19:00 à 20:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 3 Lampe + Télévision + Chargeur mobile	100+12+150+225+75+18	580	11600
20:00 à 21:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 3 Lampe + Télévision + Micro portable	100+12+150+225+75+12	574	11480
21:00 à 22:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 4 Lampe	100+12+150+300+75+12+750	1399	27980

	+ Télévision + Micro portable +micro-onde			
22:00 à 23:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + 4 Lampe + Micro portable	100+12+150+75+300+12	649	12980
23:00 à 24:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + Lampe	100+12+150+75+75	412	8240
Besoin journalier total			**11892**	**237840**

consumation par 1 jour de été

Heures	équipement	Consummation horaire	Total(Wh)	Total 20 habitat (Wh)
00:00 à 01:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Climatiseur + 2 lampe	100+12+150+4000+150	4412	88240
01:00 à 02:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Climatiseur	100+12+150+4000	4262	85240
02:00 à 03:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Climatiseur	100+12+150+4000	4262	85240
03:00 à 04:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Climatiseur	100+12+150+4000	4262	85240
04:00 à 05:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 2 lampe + Climatiseur	100+12+150+150+4000	4412	88240
05:00 à 06:00	Réfrigérateur + Modem wifi	100+12+150+150	412	8240

	+ Congélateur + 2 Lampe			
06:00 à 07:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Chargeur mobile	100+12+150+18	280	5600
07:00 à 08:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+150+12	262	5240
08:00 à 09:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
09:00 à 10:00	Réfrigérateur +Modem wifi + Congélateur + Machine à laver	100+12+150+347	609	12180
10:00 à 11:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
11:00 à 12:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
12:00 à 13:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Climatiseur	100+12+150+4000	4262	85240
13:00 à 14:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + Climatiseur	100+12+150+75+4000	4337	86740
14:00 à 15:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur +Télévision + Climatiseur	100+12+150+75+4000	4337	86740
15:00 à 16:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable + Climatiseur	100+12+150+12+4000	4274	85480
16:00 à 17:00	Réfrigérateur + Modem wifi	100+12+150+12+75	1437	28740

	+ Congélateur + Micro portable +Télévision			
17:00 à 18:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
18:00 à 19:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
19:00 à 20:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + Chargeur mobile	100+12+150+75+18	355	7100
20:00 à 21:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 4 Lampe + Télévision + Micro portable	100+12+150+300+75+12	649	12980
21:00 à 22:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 4 Lampe + Télévision + Micro portable	100+12+150+300+75+12	649	12980
22:00 à 23:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + 3 Lampe + Micro-portable	100+12+150+75+225+12	574	11480
23:00 à 24:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + 2 Lampe + Climatiseur	100+12+150+75+150+4000	4487	89740
Besoin journalier total			**50219**	**1004380**

consumation par 1 jour de Automne

Heures	équipement	Consummation horaire	Total(Wh)	Total 20 habitat (Wh)
00:00 à 01:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + lampe	100+12+150+75	337	6740
01:00 à 02:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
02:00 à 03:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
03:00 à 04:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
04:00 à 05:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
05:00 à 06:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Lampe	100+12+150+75	337	6740
06:00 à 07:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 2 Lampe + Chargeur mobile	100+12+150+150+18	430	8600
07:00 à 08:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro-onde	100+12+150+750	1012	20240
08:00 à 09:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
09:00 à 10:00	Réfrigérateur +Modem wifi + Congélateur + Machine à laver	100+12+150+347	609	12180
10:00 à 11:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
11:00 à 12:00	Réfrigérateur	100+12+150+75+750	1087	21740

	+ Modem wifi + Congélateur + Télévision +micro-onde			
12:00 à 13:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
13:00 à 14:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
14:00 à 15:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur	100+12+150	262	5240
15:00 à 16:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable	100+12+150+12	274	5480
16:00 à 17:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Micro portable +Télévision	100+12+150+12+75	349	6980
17:00 à 18:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision	100+12+150+75	337	6740
18:00 à 19:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Lampe + Télévision	100+12+150+75+75	412	8240
19:00 à 20:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 2 Lampe + Télévision + Chargeur mobile	100+12+150+150+75+18	505	10100
20:00 à 21:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + 3 Lampe + Télévision + Micro portable	100+12+150+225+75+12	574	11480
21:00 à 22:00	Réfrigérateur + Modem wifi	100+12+150+225+75+12+750	1324	26480

	+ Congélateur + 3 Lampe + Télévision + Micro portable +micro-onde			
22:00 à 23:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Télévision + 2 Lampe + Micro portable	100+12+150+75+150+12	499	9980
23:00 à 24:00	Réfrigérateur + Modem wifi + Congélateur + Lampe	100+12+150+75	337	6740
Besoin journalier total			**11006**	**220120**