



Université Saad Dahleb Blida 1

Faculté de Technologie

Département de Génie mécanique

Mémoire de fin d'études

**En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE EN GENIE MECANIQUE
OPTION : ENERGETIQUE**

Thème

Système hybride PV-Eolien

Alimentation d'une maison de 54m²

Réalisé par :

- ❖ **AKACEM Abderrahim**
- ❖ **LOUGANI Islam**

Encadré par :

- Dr. Ahmed MEZIDI Encadreur**
- Dr. Toufik DOUMAZ Co-Encadreur**

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

*En premier lieu, on tient à remercier ALLAH, de
Nous avoir donné le courage et la patience pour
mener à bien ce Travail pendant toute cette longue
année, on remercie également nos parents et toutes
nos familles pour tout ce Qu'ils ont fait pour nous,*

Nos vifs remerciements s'adressent

*À notre encadreur Mr. Ahmed MEZIDI Maître de
recherche au sien de l'UNDES pour son aide, ses
conseils, sa Disponibilité durant toute la période de
ce projet de fin D'études.*

*J'ai à cœur également de remercier tous ceux
Qui m'ont aidé au sein de l'Unité de Développements
des Equipements Solaire U. D.E.S Bou Ismaïl.*

*Je remercie également les membres du jury
Qui ont accepté d'examiner et d'estimer ce travail.
En fin, je remercie tous ceux qui ont contribué de
près de loin à la réalisation de ce travail.*

DEDICACES

On dédie ce modeste travail à :

*Nos parents, qui étaient toujours là pour
nous*

*Dès notre enfance, grâce à eux que nous
avons pu*

Atteindre ce succès

Que Dieu les protège

A nos chers frères

A toutes nos familles

A tous nos amis et collègues sans exception.

Liste des figures

Figures	Nom	Pages
Figure1.1	L'énergie solaire photovoltaïque	8
Figure1.2	Les composantes d'un panneau photovoltaïque	8
Figure1.3	La cellule photovoltaïque	9
Figure1.4	Un panneau PV avec des cellules monocristallines	10
Figure1.5	Un panneau PV avec des cellules poly cristallin	11
Figure1.6	Modules photovoltaïques fabriquées en Silicium amorphe	12
Figure1.7	Principaux organes du système de conversion éolien	13
Figure1.8	Eolienne à axe horizontal	16
Figure 1.9	Ancien Moulin à vent Chinois à axe vertical	16
Figure.1.10	Schéma d'un système hybride (photovoltaïque-éolienne	17
Figure1.11	Classification des systèmes hybride	18
Figure 2.1	Caractéristiques techniques de panneau choisi dans cette étude	24
Figure 2.2	Caractéristiques de la batterie choisie dans cette étude	25
Figure 2.3	Le type de régulateur de charge à utiliser pour notre installation.	27
Figure 2.5	L'onduleur a utilisé pour notre installation	28
Figur2.6	Histogramme et rose des vents année 2016 Tébessa	33
Figure 2.8	Vitesse moyenne mensuelle 2016(nuit)	34
Figure 2.9	Roses des vents mensuels de juillet jusqu'à décembre 2016 de Tébessa (nuit)	35
Figure 2.9	Roses des vents mensuels de juillet jusqu'à décembre 2016 de Tébessa (nuit)	36
Figure 2.10	Vitesse mensuelles Tébessa 2016	36
Figure 2.11	Roses des vents mensuels de janvier jusqu'à juin 2016 de Tébessa (jour	37
Figure 2.12	Roses des vents mensuels de juillet jusqu'à décembre 2016 de Tébessa (jour)	38
Figure2.13	Variation des vitesses moyennes Tébessa 2016	39
Figure 2.14	Roses des vents mensuelles Tébessa 2016 (nuit)	40
Figure 2.15	Roses des vents mensuelles Tébessa 2016 (jour)	41
Figure 3.1	Interface du Logiciel Homer Pro	42
Figure 3.2	Localisation de la région étudiée	43
Figure 3.3	La consommation journalière d'électricité	43
Figure 3.4	Les panneaux photovoltaïques choisis	44

Figure 3.5	L'irradiation mensuelle et l'index de clarté de Tébessa (2016)	44
Figure 3.6	Les températures moyennes mensuelles de Tébessa (2016)	45
Figure 3.7	Le choix du convertisseur.	45
Figure 3.8	Les batteries utilisées dans notre étude	46
Figure 3.9	L'éolienne choisie dans notre système	46
Figure 3.10	Les vitesses des vents mensuelles Tébessa (2016)	47
Figure 3.11	Schéma de système hybride de notre cas étudié	47
Figure 3.12	Le lancement de la simulation avec Homer	47
Figure 3.13	Les différents résultats d'optimisation de simulation	48
Figure 3.14	Les résultats optimums de notre système	48
Figure 3.15	Profile de production d'énergie journalière du champ PV	49
Figure 3.16	Profile de production d'énergie journalière de la turbine	50
Figure 3.17	Puissance de sortie moyenne mensuelle des panneaux photovoltaïques	51
Figure 3.18	Puissance de sortie moyenne mensuelle de la turbine	51
Figure 3.19	L'état des batteries dans différents mois de l'année	52

Liste des tableaux

Tableaux	Nom	Pages
Tableau2.1	Les coordonnées géographiques de Tébessa	19
Tableau2.2	Les pièces et les équipements de la maison	20
Tableau2.3	La consommation journalière de l'appartement	21
Tableau2.4	Le choix de tension de système d'installation	23
Tableau2.5	Principales caractéristiques d'aérogénérateur	32

Résumé

Les travaux effectués dans cette étude ont consisté à évaluer un système hybride (PV-éolienne) destiné à l'alimentation électrique d'une habitation de 54 m², typique Algérienne sous les conditions climatiques de la région de Tébessa.

Le système photovoltaïque a été dimensionné en utilisant des modèles mathématiques et les ressources éoliennes disponible ainsi que les performances attendues d'une éolienne de 3.3kW ont été évalué en utilisant l'logiciel WAsP. La simulation de la combinaison des deux sources énergétiques (PV-Eolien) a été effectuée en utilisant l'logiciel Homer Pro.

Les résultats obtenus ont permis de tracer les différentes distributions de vent à l'échelle mensuel , saisonnière et annuelle ainsi que l'énergie produit par le système hybride.

Mots clés

Système hybride, photovoltaïque, éolien, WAsP et Homer Pro

Abstract

The work carried out in this study consisted in evaluating a hybrid system (PV-wind) intended for the power supply of a dwelling of 54 m², typical Algerian under the climatic conditions of the region of Tébessa.

The photovoltaic system was sized using mathematical models and the available wind resources as well as the expected performance of a 3.3kW wind turbine were evaluated using the WAsP software. The simulation of the combination of the two energy sources (PV-Wind) was carried out using the Homer Pro software.

The results obtained made it possible to trace the different wind distributions on a monthly, seasonal and annual scale as well as the energy produced by the hybrid system.

ملخص

إن العمل المنجز في هذه الدراسة يتمثل في تقييم نظام هجين (طاقة شمسية-طاقة الرياح) وهو موجه للتغذية الكهربائية لمنزل مساحته 54 متر مربع ذو طابع جزائري تحت الظروف المناخية لمدينة تبسة.

نظام الطاقة الشمسية حلل باستعمال العلاقات الرياضية وموارد الرياح الموجودة بالإضافة إلى الأداء المتوقع لتوربين الرياح 3.3 كيلو وات تم تقييمها باستعمال برنامج (WAsP) محاكاة الجمع بين مصدري الطاقة تمت باستخدام برنامج (Homer Pro)

أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها تتبع توزيعات الرياح المختلفة على نطاق شهري وموسمي وسنوي بالإضافة إلى الطاقة التي ينتجها النظام الهجين.

كلمات مفتاحية : النظام الهجين, طاقة الرياح, الطاقة الشمسية, Wasp, Homer Pro .

Nomenclature

Pt	Puissance total (w).
N	Nombre d'appareille.
Pi	Puissance d'une seul appareille(W)
Ec	Energie consommé (W_h).
T	Le nombre d'heures (h).
Pc	la puissance crête (WC)
Ep	L'énergie à produire (Wh)
Ir	irradiation ($kW/m^2 /j$)
Nt	Le nombre total des modules
Pc	la puissance crête (W_c).
Pp	La puissance d'un panneau choisi (W_p)
Ns	Le nombre du module en série
Vm	Tension à puissance maximale (V)
Vs	La tension de système(V)
Np	Le nombre des modules en parallèles
Ct	Capacité totale des batteries en (Ah)
Nja	nombre de jour d'autonomie
DOD	Décharge maximale de la batterie (%)
Pr	puissance reactive d'onduleur [KVAR]
Imp	Intensité maximale de panneau (Ah)
R	Résistance de câble (Ω)
L	La longueur de câble (m)
Lp	La largeur d'un seul panneau (m)

Liste d'abréviation :

ENR : Energies renouvelables

PV : photovoltaïque

MPPT : Maximum Power Point Tracker

CC : Courant continu

CA : Courant alternatif

Wc : Watt crête

AEP : Annuelle énergie produite

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES	
Introduction :	3
1. Les types des EnR :	3
1.1 Energie solaire :	3
1.2 Énergie éolienne :	3
1.3 Énergie hydraulique :	4
1.4 Biomasse :	4
1.5 Géothermie :	4
2. Les énergies renouvelables et les émissions de CO2	4
3. Énergies renouvelables, efficacité énergétique, intermittence et stockage :	5
4. Énergies renouvelables, métaux et terres rares :	6
5. Le développement des EnR : emploi et métiers	6
6. Les énergies renouvelables dans le monde :	6
7. Les énergies renouvelables en Algérie :	6
8. L'énergie solaire photovoltaïque :	7
9. Les composants d'un panneau photovoltaïque :	8
10. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :	9
11. Les types des panneaux photovoltaïques :	9
11.1 Les panneaux PV avec des cellules monocristallines :	9
11.2 Les panneaux PV avec des cellules polycristallines :	10
11.3 Les modules photovoltaïques amorphes :	11
12. Le développement du photovoltaïque :	12
13. L'énergie éolienne :	12
14. Principe de fonctionnement des éoliennes :	12
15. Les différents types d'éoliennes :	13
16. Présentation du Systeme Hybride	15
17. L'avantage d'un système hybride :	16
18. La structure du système hybride :	16
CHAPITRE 2 : DIMENSSIONEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS	
Introduction :	18
A : Partie Photovoltaïque	18
1. Les étapes de dimensionnement d'un système PV 18	

1.1	Presentation de site:	18
1.2	Variation annuelle de la température à Tébessa :	19
1.3	Les pièces et les équipements de la maison et les besoins électriques :	19
1.4	Model mathématiques:	20
1.5	La puissance Total :	22
1.6	Le besoin journalier électrique:	22
1.7	Calcule de la puissance crête	22
1.8	Le choix de tension du système	23
1.9	Calcul le nombre des modules (total et séries, parallèles)	23
1.10	Dimensionnement de capacité des batteries et le nombres des batteries :	24
1.11	Le choix de régulateur:	26
1.12	Le choix d'onduleur	27
1.13	Dimensionnement des cables	28
B : Partie Eolienne.		29
1.	La méthodologie obtenue	29
2.	Analyse statistique des données du vent :	29
3.	Gisement éolien disponible:	31
4.	Coefficient d'utilisation et nombre d'heures de fonctionnement :	31
5.	Données utilisées	32
6.	Etude statistique des données du vent dans la région de Tébessa :	33
7.	Etude statistique des données mensuelles des vents dans la région de Tébessa 2016 (jour) ..	37
8.	Etude statistique des données des vents saisonniers (Tébessa 2016):	40
Conclusion :		42
 CHAPITRE 3 : COMBINAISON DES DEUX SOURCES		
Introduction :		43
1.	Les étapes à suivre pour réaliser la simulation avec Homer pro :	44
1.1	Etape1 : le choix de la localisation	44
1.2	Etape 2 : remplir la consommation journalière électrique	44
1.3	Etape 3 : le choix des panneaux photovoltaïques	45
1.4	Etape 4 : l'intégration des données solaire et les températures moyennes mensuelles de la région étudiée :	45
1.5	Etape 5 : le montage de convertisseur	46
1.6	Etape 6 : le choix des batteries :	47
1.7	Etape 7 : le choix de la turbine	47
1.8	Etape 8 : ajouter les vitesses des vents mensuelles	48

1.9	Etape 9 : le lancement de la simulation.....	48
	Conclusion :	54
	Conclusion générale :.....	55
	Référence :	57

Introduction générale

La croissance démographique et économique mondiale entraîne, de plus en plus, une forte consommation d'énergie. Les énergies fossiles : Les hydrocarbures et le charbon fournissent 86 % de l'énergie utilisée, le reste est fourni par le nucléaire et les énergies renouvelables [1]. Les énergies fossiles ne sont pas renouvelables. Outre cette caractéristique principale, leur extraction et leur utilisation peuvent causer d'énormes problèmes pour l'environnement et entraîner une augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Face à la nécessité de réduire ces émissions. La communauté internationale a dû revoir sa politique énergétique en s'appuyant sur les énergies renouvelables. L'Algérie ne fait pas exception, lançant un ambitieux plan de développement des énergies renouvelables [2].

L'utilisation des énergies renouvelables, comme alternative écologique aux énergies fossiles et à l'énergie nucléaire, s'avère une solution très attractive, car elles sont inépuisables, non polluantes, idéales pour une production décentralisée. De nouvelles technologies sont actuellement développées pour utiliser ces énergies au quotidien et produire de l'électricité dans des zones reculées devant ainsi une opération très rentable.

Cependant, le caractère aléatoire des énergies renouvelables signifie que les systèmes autonomes, utilisant une seule source d'énergie renouvelable, nécessitent une plus grande capacité de stockage pour répondre à la demande énergétique de la charge et assurer une meilleure fiabilité de la production d'électricité. L'utilisation de systèmes hybrides, combinant plusieurs sources d'énergie, peut d'une part réduire la capacité de stockage et atténuer les fluctuations de production causée par le caractère aléatoire de ces ressources. D'autre part, cela peut constituer un complément ou un remplacement des groupes électrogènes diesel habituellement utilisés pour générer Programme d'électricité dans les régions éloignées.

Cette alternative est proposée dans le cadre des travaux de ce mémoire de fin d'études qui vise l'alimentation en électricité d'une maison individuelle d'une superficie totale de 54 m² à l'aide d'un système hybride (PV-éolienne). Les travaux effectués ont été appliqués à une région qui se trouve dans les hauts plateaux algériens, à savoir la région de Tébessa. Pour notre étude, nous avons effectué une analyse statistique des données climatiques de l'année 2016 pour l'évaluation, d'une part, les ressources éoliennes et, d'autre part, le gisement solaire disponible. Les simulations numériques ont été exécutées à l'aide du logiciel WAsP (Wind Atlas and Analysis Program) pour la partie éolienne ou les performances énergétiques

INTRODUCTION GENERALE

théoriques attendues d'une éolienne de 3.3 kW ont été évalués et le logiciel Homer Pro pour le système hybride.

Les résultats obtenus ont été comparés et utilisés pour le dimensionnement d'un champ de PV, pour déterminer le nombre de batteries afin d'assurer le bon fonctionnement du système lors de l'absence du vent et le rayonnement solaire.

Les travaux effectués sont présentés dans ce document qui est organisé comme suit : dans le premier chapitre, nous présentons des généralités sur les différents types des énergies renouvelables et en particulier sur l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne. En tenant compte de leur principe de fonctionnement afin de dimensionner notre système hybride proposé.

Ensuite, dans le second chapitre, nous avons présenté le bilan énergétique adéquat de cette habitation pour satisfaire son besoin énergétique. Donc dimensionner le champ photovoltaïque en appliquant les différents modèles mathématiques et l'analyse des ressources éoliennes disponibles dans cette région en utilisant le logiciel WAsP qui nous permet aussi de déterminer les performances énergétiques attendues de l'éolienne choisie dans cette étude.

La combinaison de ces deux sources pour obtenir le système hybride a été présentée dans le troisième chapitre. Pour l'analyse des performances énergétiques du système nous avons utilisé le logiciel Homer Pro. La présentation et l'analyse des résultats obtenus sont effectuées dans ce chapitre. Enfin nous terminons cette étude par des conclusions et perspectives.

Introduction :

L'énergie renouvelable fait référence à un ensemble de méthodes de production d'énergie à partir d'une source ou d'une ressource théoriquement illimitée qui peut être reconstituée sans contrainte de temps ou plus rapidement que consommée. On parle généralement de sources d'énergie renouvelables, et non d'énergie dérivée de combustibles fossiles, qui ont des stocks limités et ne sont pas renouvelables à l'échelle des temps humains : charbon, pétrole, gaz naturel... Au lieu de cela, l'énergie renouvelable est dérivée de sources telles que la lumière du soleil ou le vent, théoriquement infini à l'échelle humaine. Les énergies renouvelables sont également désignées par les termes « énergies vertes » ou « énergies propres ». Le faible impact environnemental de leur exploitation en fait un élément majeur des stratégies RSE des entreprises en matière de développement durable (Le développement durable est l'idée que les sociétés humaines doivent vivre et répondre à leurs besoins sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins) [3].

1. Les types des EnR :

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables, produites à partir de sources différentes :

1.1 Energie solaire :

Ce type d'énergie renouvelable est issu directement de la captation du rayonnement solaire. On utilise des capteurs spécifiques afin d'absorber l'énergie des rayons du soleil et de la rediffuser selon deux principaux modes de fonctionnement :

Solaire photovoltaïque (panneaux solaires photovoltaïques) : l'énergie solaire est captée en vue de la production d'électricité.

Solaire thermique (chauffe-eau solaire, chauffage, panneaux solaires thermiques) : la chaleur des rayons solaires est captée et rediffusée, et plus rarement sert à produire de l'électricité.

1.2 Énergie éolienne :

Dans le cas de l'énergie éolienne, l'énergie cinétique du vent entraîne un générateur qui produit de l'électricité. Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables éoliennes : les éoliennes terrestres, les éoliennes off-shore, les éoliennes flottantes... Mais le principe reste globalement le même pour tous ces types d'énergies renouvelables.

1.3 Énergie hydraulique :

L'énergie cinétique de l'eau (fleuves et rivières, barrages, courants marins, marées) actionne des turbines génératrices d'électricité. Les énergies marines font partie des énergies hydrauliques.

1.4 Biomasse :

L'énergie est issue de la combustion de matériaux dont l'origine est biologique (ressources naturelles, cultures ou déchets organiques). On en distingue trois catégories principales :

- Le bois
- Le biogaz
- Les biocarburants

1.5 Géothermie :

L'énergie est issue de la chaleur émise par la Terre et stockée dans le sous-sol. Selon la ressource et la technologie mise en œuvre, les calories sont exploitées directement ou converties en électricité.

2. Les énergies renouvelables et les émissions de CO2

L'exploitation des énergies renouvelables génère théoriquement peu de polluants : notamment, l'électricité d'origine renouvelable émet très peu de CO2 notamment lorsqu'on la compare aux énergies fossiles comme le charbon. Pour cette raison, les EnR sont notamment un vecteur privilégié de la lutte contre le réchauffement climatique. Elles sont aussi considérées comme un facteur de résilience car elles permettent des productions décarbonnées et décentralisées.

Pour mesurer les émissions de CO2 des énergies renouvelables, on utilise l'outil d'ACV (Analyse de Cycle de Vie) qui permet de connaître les émissions de CO2 par kWh d'électricité produite, en intégrant les émissions de CO2 issues de la fabrication des infrastructures, de l'extraction des ressources et de la fin de vie. D'après le rapport du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Étude du Climat), les énergies renouvelables bénéficient d'ACV favorables par rapport à beaucoup d'énergies.

Voici la liste des énergies en fonction de leurs émissions de CO2 **d'après le rapport du GIEC, Annexe 3** (de la moins polluante à la plus polluante, en valeurs médianes) :

- Éolien terrestre : 11 gCO₂eq/kWh
- Nucléaire : 12 gCO₂eq/kWh
- Hydroélectricité : 24 gCO₂eq/kWh
- Solaire thermodynamique : 27 gCO₂eq/kWh
- Géothermique 38 gCO₂eq/kWh
- Solaire photovoltaïque : 41-48 gCO₂eq/kWh
- Biomasse : 230 gCO₂eq/kWh
- Gaz naturel : 490 gCO₂eq/kWh
- Charbon : 820 gCO₂eq/kWh

Toutefois, ces calculs n'intègrent pas les émissions de CO₂ liées à l'infrastructure électrique, notamment le stockage.

3. Énergies renouvelables, efficacité énergétique, intermittence et stockage :

En effet, les énergies renouvelables sont parfois critiquées pour leur plus faible efficacité énergétique par rapport aux énergies fossiles. Les coûts de production sont également souvent considérés comme plus élevés à court terme. Mais surtout, elles sont caractérisées par une disponibilité plus aléatoire : par exemple, le solaire et l'éolien ne produisent pas en permanence de l'électricité. On appelle ce phénomène l'intermittence :

Une éolienne ne produit que par intermittence, quand il y a du vent. De ce fait, pour être utilisables à grande échelle, les énergies renouvelables intermittentes doivent être accompagnées d'une infrastructure de stockage d'électricité.

Autrement dit, il faut être capable de stocker l'énergie que l'on produit en surplus pendant les périodes propices (quand il y a beaucoup de soleil et de vent) afin de la redistribuer pendant les périodes creuses, où la production est basse.

Cela implique donc de construire des batteries ou des systèmes de stockage complexes qui nécessitent de nombreuses ressources naturelles et augmentent la pollution liée aux énergies renouvelables.

4. Énergies Renouvelables, Métaux Et Terres Rares :

Les énergies renouvelables sont aussi parfois critiquées parce qu'outre les émissions de CO2 qu'elles permettent d'éviter, elles sont caractérisées par un certain nombre de coûts environnementaux plus ou moins cachés ou indirects. Ainsi, les éoliennes ou les panneaux solaires dépendent de grandes quantités de ressources finies pour être construites. C'est notamment le cas de certains métaux ou matériaux rares, dont les réserves ne sont pas infinies. Le journaliste Guillaume Pitron a ainsi publié en 2018 un livre dénonçant « la face cachée de la transition énergétique », en enquêtant notamment sur les impacts environnementaux de la production d'infrastructures de production d'EnR (La guerre des métaux rares – La face cachée de la Transition énergétique aux éditions des Liens qui Libèrent).

5. Le développement des EnR : emploi et métiers

La progression inéluctable des EnR, favorisée par les enjeux climatiques et l'évolution des réglementations, offre des opportunités majeures et durables en termes de création d'emploi et de nouveaux métiers (recherche, ingénierie, fabrication, installation, entretien, exploitation...).

6. Les énergies renouvelables dans le monde :

En 2014, les énergies renouvelables représentaient 19,2 % de la consommation mondiale d'énergie. La part des renouvelables en 2015 a marqué une forte augmentation de la production d'électricité (23,7 %). Cette croissance repose principalement sur l'éolien et le solaire photovoltaïque (75% de la croissance globale).

7. Les énergies renouvelables en Algérie :

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences, l'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable.

Le programme des énergies renouvelables actualisé consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22 000 MW à l'horizon 2030 pour le marché national, avec le maintien de l'option de l'exportation comme objectif stratégique, si les conditions du marché le permettent.

Le programme d'efficacité énergétique actualisé vise à réaliser des économies d'énergies à l'horizon 2030 de l'ordre de 63 millions de TEP, pour l'ensemble des secteurs (bâtiment et éclairage public, transport, industrie) et ce, en introduisant l'éclairage performant, l'isolation thermique et le chauffe-eau solaires, les carburants propres (GPLc et GNc), et les équipements industriels performants.

Le programme de l'efficacité énergétique permettra de réduire les émissions de CO₂ de 193 millions de tonnes [4].

8. L'énergie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique. Ce courant continu de micro-puissance calculé en watt crête (WC) peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur.

L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau.

Un générateur solaire photovoltaïque est composé de modules photovoltaïques eux même composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles.

Les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et des zones d'ensoleillement dans lesquelles vous vous trouvez [5].



Figure 1.1:L'énergie solaire photovoltaïque [6].

9. Les composants d'un panneau photovoltaïque :

Les panneaux photovoltaïques sont constitués de plusieurs cellules connectées en série ou en parallèle, qui sont les composants électroniques qui permettent cette conversion. Les cellules sont fragiles, elles sont enveloppées dans une couche de verre pour résister aux chocs et aux intempéries, et parfois recouvertes d'un revêtement antireflet. Les cellules photovoltaïques sont constituées d'un matériau appelé "semi-conducteur", qui est le silicium dans la plupart des cas. Ce type de matériau se situe entre un isolant et un conducteur. Donc sa conductivité est moyenne, mais suffisante pour laisser passer le courant, surtout quand c'est dopé (on rajoute une charge de + ou -). [7]

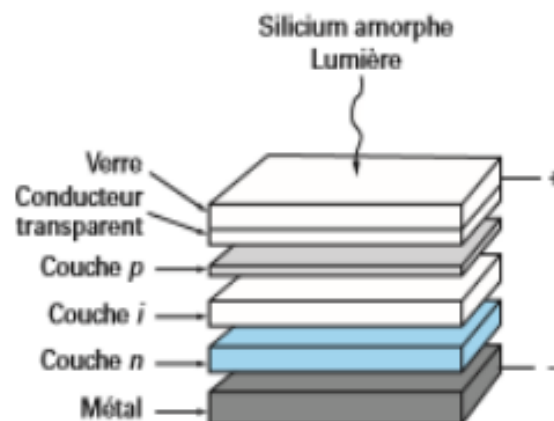


Figure 1.2 : Les composants d'un panneau photovoltaïque [8].

10.Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques exploitent l'effet photoélectrique pour produire du courant continu par absorption du rayonnement solaire. Cet effet permet aux cellules de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité par le biais d'un matériau semi-conducteur transportant les charges électriques.

Une cellule photovoltaïque est composée de deux types de matériaux semi-conducteurs, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit d'électrons. Ces deux parties sont respectivement dites « dopées » de type n et de type p. Le dopage des cristaux de silicium consiste à leur ajouter d'autres atomes pour améliorer la conductivité du matériau.

Un atome de silicium compte 4 électrons périphériques. L'une des couches de la cellule est dopée avec des atomes de phosphore qui, eux, comptent 5 électrons (soit 1 de plus que le silicium). On parle de dopage de type n comme négatif, car les électrons (de charge négative) sont excédentaires. L'autre couche est dopée avec des atomes de bore qui ont 3 électrons (1 de moins que le silicium). On parle de dopage de type p comme positif en raison du déficit d'électrons ainsi créé. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p [9].



Figure1.3 : La cellule photovoltaïque [10].

11.Les types des panneaux photovoltaïques :

11.1 Les panneaux PV avec des cellules monocristallines :

Les panneaux PV avec des cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal.

Son procédé de fabrication est long et exigeant en énergie ; plus onéreux, il est cependant plus efficace que le silicium polycristallin. Du silicium à l'état brut est fondu pour créer un barreau.

Lorsque le refroidissement du silicium est lent et maîtrisé, on obtient un monocristal. Un Wafer (tranche de silicium) est alors découpé dans le barreau de silicium. Après divers

CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

traitements (traitement de surface à l'acide, dopage et création de la jonction P-N, dépôt de couche anti-reflet, pose des collecteurs), le wafer devient cellule.

Les cellules sont rondes ou presque carrées et, vues de près, elles ont une couleur uniforme.

Elles ont un rendement de 12 à 18%, mais la méthode de production est laborieuse



Figure1.4 : Un panneau PV avec des cellules monocristallines [11]

11.2 Les panneaux PV avec des cellules polycristallines :

Les panneaux PV avec des cellules polycristallines sont élaborés à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vus de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux (tonalités différentes). Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines. Ces cellules, grâce à leur potentiel de gain de productivité, se sont aujourd'hui imposées. L'avantage de ces cellules par rapport au silicium monocristallin est qu'elles produisent peu de déchets de coupe et qu'elles nécessitent 2 à 3 fois moins d'énergie pour leur fabrication. Le wafer est scié dans un barreau de silicium dont le refroidissement forcé a créé une structure polycristalline. Durée de vie estimée : 30 ans.

Un cristal est un solide avec des façades polygonales, plus ou moins brillant, à structure régulière et périodique, formée d'un empilement ordonné d'un grand nombre d'atomes, de molécules ou d'ions.



Figure1.5 : Un panneau PV avec des cellules polycristalline [12].

11.3 Les modules photovoltaïques amorphes :

Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, mais malheureusement leur rendement n'est que 6 à 8% actuellement. Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide. Le rendement de ces panneaux est moins bon que celui des technologies polycristallines ou monocristallines. Cependant, le silicium amorphe permet de produire des panneaux de grande surface à bas coût en utilisant peu de matière première.

Nota : En chimie, un composé amorphe est un composé dans lequel les atomes ne respectent aucun ordre à moyenne et grande distance, ce qui le distingue des composés cristallisés. Les verres sont des composés amorphes [13].



Figure1.6 : Modules photovoltaïques fabriquées en Silicium amorphe [14].

12. Le développement du photovoltaïque :

Les coûts d'installation pour la production d'énergie électrique d'origine solaire n'ont pas encore atteint le niveau des coûts des autres producteurs qui alimentent les réseaux. De ce fait, le coût de production du kWh est encore supérieur au prix moyen de l'électricité en Europe.

Il en résulte que le photovoltaïque s'est principalement développé jusqu'à maintenant par l'acquisition de petites parts de marché, ou « niches économiques ». Il s'agissait principalement de l'alimentation de consommateurs isolés, non raccordés au réseau, pour lesquels l'alternative photovoltaïque était économiquement intéressante. La plupart de ces installations concernent des consommateurs relativement modestes, tels que chalets de week-end, cabanes de clubs alpins, relais hertziens, stations de pompage, signalisation routière et ferroviaire, etc. Leur puissance photovoltaïque installée varie entre quelques dizaines et quelques centaines de watts, et le stockage s'effectue habituellement avec des batteries. Il n'en va plus de même depuis que des préoccupations touchant à la protection de l'environnement et à la conservation des ressources commencent à intervenir dans le choix des techniques et des énergies de demain. L'énergie photovoltaïque est potentiellement une source d'énergie inépuisable et relativement plus acceptable pour notre environnement. En outre, l'évolution des coûts à long terme, à la hausse pour les énergies non renouvelables et à la baisse pour le photovoltaïque, en fera un partenaire concurrentiel pour alimenter les réseaux dans quelques années.

Il n'en faut pas davantage pour que les autorités responsables et les organisations professionnelles intéressées s'efforcent déjà de prévoir le développement de cette nouvelle source d'énergie par des programmes d'encouragement et des cours de formation. C'est dans ce cadre que se situe actuellement un marché pour une nouvelle forme de générateurs photovoltaïques raccordés au réseau, qui sont la préfiguration des centrales photovoltaïques de demain, et dont la puissance installée varie entre quelques kW et quelques centaines [15].

13.L'énergie éolienne :

L'éolienne est un dispositif qui convertit l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, elle est généralement utilisée pour la production d'électricité et appartient à la catégorie des énergies renouvelables [16].

14.Principe de fonctionnement des éoliennes :

CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

Les éoliennes convertissent l'énergie éolienne en électricité. Cette conversion se fait en deux étapes : Au niveau de la turbine (rotor), elle extrait une partie de l'énergie cinétique du vent à l'aide de courbes aérodynamiques, la convertissant en énergie mécanique. Le flux d'air autour de la voilure crée une poussée qui entraîne le rotor et une traînée qui constituent des forces parasites. Au niveau du générateur, il reçoit de l'énergie mécanique et la convertit en énergie électrique, qui est ensuite transmise au réseau [17].

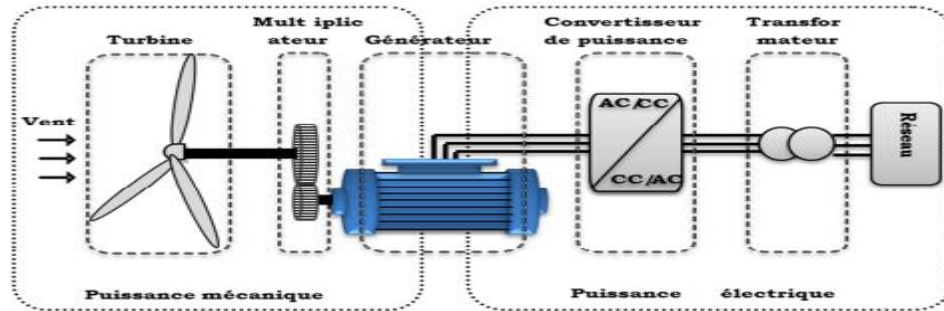


Figure 1.7 : Principaux organes du système de conversion éolien [18].

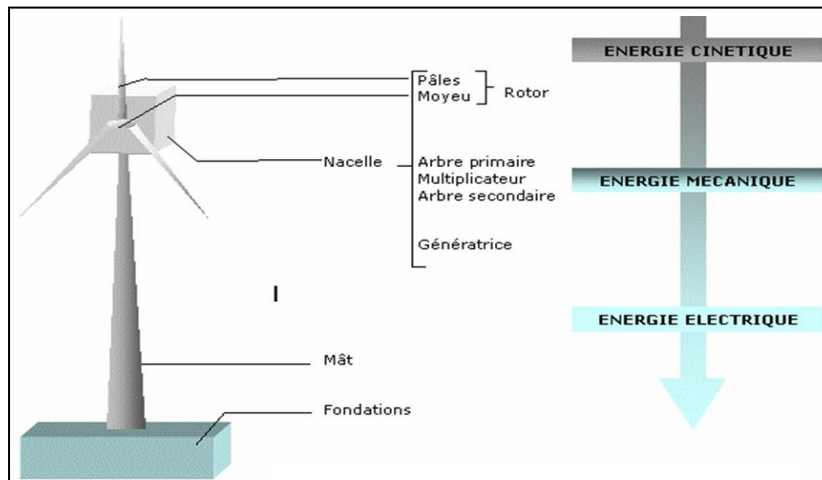


Figure 1.7 : Conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique.[19]

15. Les différents types d'éoliennes :

Les éoliennes se divisent en deux grandes familles : celles à axe vertical et celles à axe horizontal.

a. Les éoliennes à axe horizontal :

Ce sont les machines les plus répandues actuellement du fait de.

CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

- Leur rendement est supérieur à celui de toutes les autres machines. Elles sont appelées éoliennes à axe horizontal car l'axe de rotation du rotor est horizontal, parallèle à la direction de vent. Elles comportent généralement d'hélices à deux ou trois pales, ou des hélices multiples pour le pompage de l'eau.
- Elles ont un rendement élevé.
- Les éoliennes à axe horizontal (ou à hélice) sont de conception simple [20].

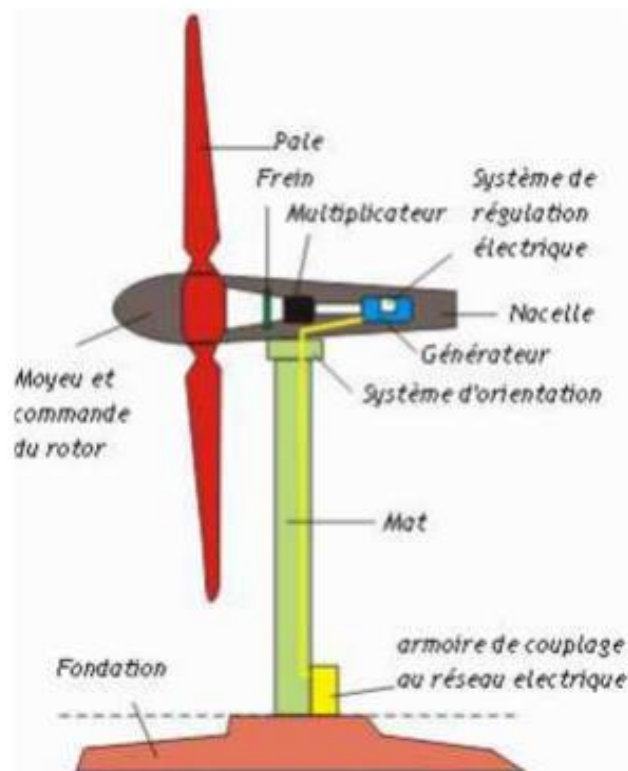


Fig1.8. Eolienne à axe horizontal [21].

b. Eolienne à axe vertical :

Ce type d'éolienne a fait l'objet de nombreuses recherches. Il présente l'avantage de ne pas nécessiter de système d'orientation des pales et de posséder une partie mécanique (multiplicateur et génératrice) au niveau du sol, facilitant ainsi les interventions de maintenance. En revanche, certaines de ces éoliennes doivent être entraînées au démarrage et le mat, souvent très lourd, subit de fortes contraintes mécaniques poussant ainsi les constructeurs à pratiquement abandonner ces aérogénérateurs (sauf pour les très faibles puissances) au profit d'éoliennes à axe horizontal [22].



Figure 1.9 : Eolienne à axe vertical [23].

16. PRESENTATION DU SYSTEME HYBRIDE

Un système hybride est un système qui utilise au moins deux sources d'énergie différentes. En particulier, le système hybride de production solaire et éolienne devient une solution très intéressante pour les applications autonomes. Combiner les deux sources de l'énergie solaire et du vent peut fournir une meilleure fiabilité, réduire la taille du stockage d'énergie et leur système hybride devient plus économique [24]. Le système hybride étudié regroupe deux parties pour la production de l'énergie passant par un stockage électrochimique comme illustre la figure suivante :

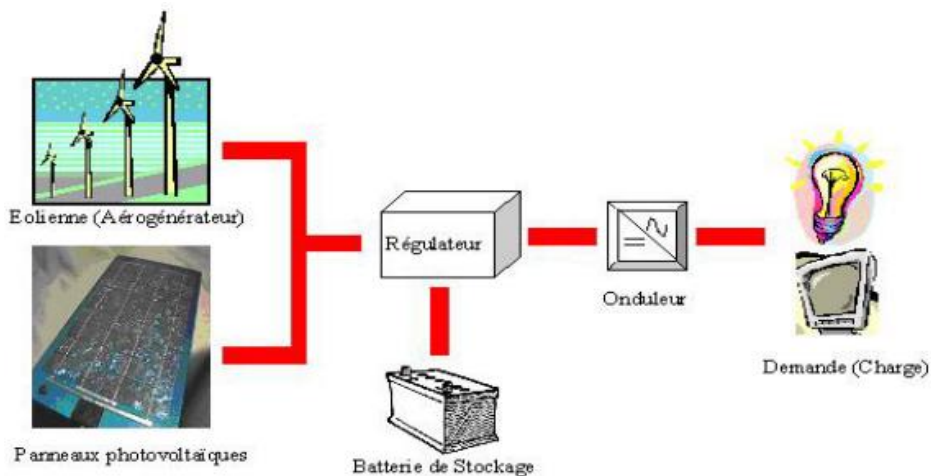


Fig.1.10 : Schéma d'un système hybride (photovoltaïque-éolienne) [25].

17.L'avantage d'un système hybride :

L'avantage d'un système hybride par rapport à un système pur éolien ou pur photovoltaïque, dépend de beaucoup de facteurs fondamentaux : la forme et le type de la charge, le régime du vent, le rayonnement solaire, le coût et la disponibilité de l'énergie, le coût relatif de la machine éolienne, le champ photovoltaïque, le système de stockage électrochimique et d'autres facteurs d'efficacité.

Les systèmes photovoltaïques sont actuellement économiques pour les installations de faibles puissances. Pour les systèmes d'énergie autonomes le coût du stockage représente la plus grande contrainte du coût global du système pour les installations de grandes puissances. [26]

Le système hybride solaire photovoltaïque et éolien devient très solution attrayante en particulier pour les applications autonomes. La combinaison des deux sources d'énergie solaire et éolienne peut fournir une meilleure fiabilité et leur système hybride devient plus économique à exploiter puisque la faiblesse d'un système peut être complétée par la force de l'autre. L'intégration de l'hybride solaire et éolien systèmes d'alimentation dans le réseau peut en outre contribuer à améliorer l'ensemble de l'économie et la fiabilité de la production d'énergie renouvelable pour alimenter ses charges. De même, l'intégration de l'énergie hybride solaire et éolienne dans un système autonome peut réduire la taille du stockage d'énergie nécessaire pour fournir une alimentation continue [27].

18.La structure du système hybride :

Trois critères peuvent être pris en compte dans le classement en fonction de la structure du système.

- Le premier critère est la présence ou non d'une source d'énergie classique. Cette source conventionnelle peut être un générateur diesel, une micro turbine à gaz, et dans le cas d'une étude du réseau électrique complet – une centrale tout entière.
- Un second critère possible est la présence ou non d'un dispositif de stockage. La présence d'un stockage permet d'assurer une meilleure satisfaction des charges électriques pendant les périodes d'absence d'une ressource primaire à convertir en électricité. Les dispositifs de stockage peuvent être des batteries rechargeables, des électrolyseurs avec réservoirs d'hydrogène, des volants d'inertie, etc. ...
- La dernière classification possible est celle relative au type de sources d'énergie renouvelables utilisées. La structure du système peut contenir un système photovoltaïque,

CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

une éolienne, un convertisseur d'énergie hydraulique (centrales hydroélectrique ou utilisation des vagues) ou une combinaison de ces sources. Un critère important pour la sélection de la source utilisée est le potentiel énergétique disponible qui dépend de l'endroit d'installation du système hybride. Un autre facteur déterminant est le consommateur électrique alimenté. Son importance détermine le besoin d'une source supplémentaire, d'un dispositif de stockage et/ou d'une source conventionnelle [28].

Une généralisation de la classification présentée est illustrée sur la Figure suivante :

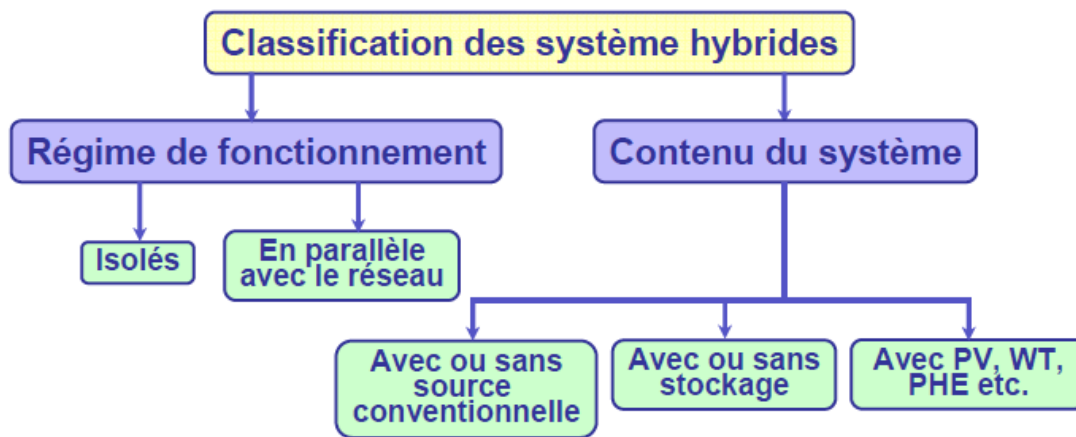


Figure1.11 : Classification des systèmes hybrides [29].

Introduction :

Dans ce chapitre on va faire le dimensionnement de notre système hybride (une maison de 54m² située dans la région de Tébessa). Premièrement, nous allons commencer par le dimensionnement de la partie photovoltaïque en utilisant les modèles mathématiques nécessaires, ensuite en introduisant le logiciel WASP le dimensionnement de la partie éolienne sera fait.

A : Partie photovoltaïque

1. Les étapes de dimensionnement d'un système PV

D'une manière générale, les paramètres à prendre en compte pour concevoir et dimensionner un système photovoltaïque est assez nombreux et concernent :

- Le lieu où sera placé le générateur PV.
- La charge (Consommation électrique).
- Le système PV (modules, régulateur, convertisseur et batteries).

1.1 Présentation de site:

Le site de notre étude est les régions de Tébessa, qui est situé dans le nord-est de l'Algérie, entre le massif de l'Aurès et la frontière Algéro-Tunisienne. La ville remonte à l'époque antique, où elle portait le nom de Thevest francisé en Théveste, son climat est semi-aride sec et froid.

Tableau 2.1 : Les coordonnées géographiques de Tébessa

Coordonnées géographiques de Tébessa	Latitude: 35.4053° 35° 24' 19" Nord, 8° 6' 59" Est	Longitude: 8.11632
Superficie de Tébessa	18400 Hectares 184,00 km ²	
Altitude de Tébessa	960 m	
Climat de Tébessa	Climat semi-aride sec et froid (Classification de Köppen: BSk)	

1.2 Variation annuelle de la température à Tébessa :

Les températures maximales quotidiennes augmentent de 14 °C, de 14 °C à 28 °C, rarement chutant en dessous de 8 °C ou dépassant 34 °C.

Les températures minimales quotidiennes augmentent de 10 °C, de 3 °C à 14 °C, rarement chutant en dessous de -0 °C ou dépassant 18 °C.

Pour référence, le 16 juillet, la journée la plus chaude de l'année, les températures à Tébessa varient généralement entre 19 °C et 35 °C, tandis que le 19 janvier, la journée la plus froide de l'année.

1.3 Les pièces et les équipements de la maison et les besoins électriques :

Tableau 2.2 : les pièces et les équipements de la maison

Pièces	Equipments
Salon	Deux lampes d'éclairage+uneprise+télévision
Cuisine	Une lampe d'éclairage+uneprise+un réfrigérateur
Chambre	Une lampe d'éclairage+uneprise+un ordinateur
Sanitaire (Toilette+Douche)	Une lampe d'éclairages+uneprise+unelave linge
Couloir	Une lampe d'éclairage +une prise
Devant la porte	Une lampe d'éclairage

Tableau 2.3 : la consommation journalière de l'appartement

Appareille	Nombrede charge	Puissance nominale (W)	Heurs d'utilisation	Energies (Wh)
Lampes (LED)	4	20	4	320
Lampes	3	10	3	90
Ordinateur	1	70	4	280
Télévision	1	170	4	680
Lave linge	1	500	0.5	250
Réfrigérateur	1	300	24	7200
Les prises	5	20	1	250
Total	16	1400	50	9070

1.4 Model mathématiques:

Pour dimensionner le champ photovoltaïque on va appliquer les équations mathématiques suivant :

Pour calculer la puissance totale on utilise la relation suivante [30] :

$$Pt(w) = \sum_1^n N. Pi \quad (2.1)$$

Le modèle mathématique utilisée pour calculer l'énergie consommée est [31] :

$$Ec(w) = Pt. t \quad (2.2)$$

La puissance crête se calcule selon la relation suivante [32] :

$$Pc = \frac{Ep.1000}{Ir} \quad (2.3)$$

Pour connaitre le nombre des modules on utilise cette relation [33] :

$$N = \frac{Pc}{Pp} \quad (2.4)$$

Concernant le nombre des modules en série on utilise cette relation [34] :

$$N_s = \frac{V_s}{V_m} \quad (2.5)$$

Pour calculer le nombre des modules en parallèle on utilise la relation suivante [34] :

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} \quad (2.6)$$

Pour dimensionner la capacité des batteries on utilise cette relation [32] :

$$C_t = \frac{E_p \cdot N_{ja}}{V_s \cdot DOD} \quad (2.7)$$

Pour calculer le nombre total des batteries on applique cette relation [35] :

$$N_{bt} = N_{bs} \cdot N_{bp} \quad (2.8)$$

Afin de calculer la puissance crête du champ de photovoltaïque on utilise cette relation [36] :

$$P_{ch} = P_c \cdot N_p \cdot N_s \quad (2.9)$$

Pour calculer la puissance d'onduleur on utilise la relation suivante :

$$P_o = (P^2 + P_r^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

On dimensionne la section des câbles selon la relation suivante :

$$\Delta U = \text{Tension appliquée} \cdot 0.02 \quad (2.11)$$

Pour calculer la résistance des câbles on utilise cette équation :

$$R = \frac{\Delta U}{I_{\max}} \quad (2.12)$$

La longueur des câbles s'exprime de cette équation :

$$L = L_p \cdot N_p \quad (2.13)$$

Finalement la section des câbles s'exprime de cette équation :

$$S = \rho \cdot \frac{L}{R} \quad (2.14)$$

1.5 Calcul de la puissance Total :

$$Pt(w) = \sum_1^n N. Pi$$

Pt : puissance total (w).

N : Nombre d'appareille.

Pi : Puissance d'une seul appareille.

Donc : Pt=1400W

1.6 Calcul de besoin journalier électrique:

$$Ec (w) = \sum Pt x t$$

Ec : Energie consommé (Wh).

Pt : Puissance Total (W).

T : Le nombre d'heures (h).

Donc : Ec=9070Wh

1.7 Calcul de la puissance crête

D'abord on calcule l'énergie à produire :

$$Ep=Ec+ (0.25. Ec)$$

$$Ep=11,3375KWh$$

$$Pc = \frac{Ep.1000}{Ir}$$

Pc = la puissance crête (WC)

Ep= l'énergie à produire (Wh)

Ir = irradiation (kW/m2 /j)

$$AN: Pc = \frac{11,3375.1000}{5}=2267,5Wc$$

1.8 Le choix de tension du système

Le choix de la tension du système dépend de la puissance crête :

Tableau 2. 4 : Le choix de tension de système d'installation

Tension U(V)	12	24	48
Pc (Wc)	$P_c < 500$	$500 < P_c < 2000$	$P_c \geq 2000$

Donc on va choisir une tension de 48V car notre puissance crête est supérieure de 2267Wc.

1.9 Calcul le nombre des modules (total et séries, parallèles)

➤ **Nombre des modules Total :**

$$N = \frac{P_c}{P_p}$$

N_t : le nombre total des modules.

P_c : la puissance crête.

P_p : la puissance d'un panneau choisi.

$$AN : N_t = \frac{2267,5}{295} = 7.68$$

Donc on a besoin de 8 panneaux de 295Wc

Caractéristique Electrique (STC)	
Puissance Maximal (Pmax)	295 Wp
Tension à Puissance Maximal (Vmax)	32,45 V
Courant à Puissance Maximum (Cmax)	9,09 A
Tension Circuit Ouvert (Voc)	40,51 V
Courant Circuit Court (Isc)	9,58 A
Efficacité Module	18,1 %
Conditions de Test Standard (STC): masse d'air AM 1,5, irradiation 1000W/m ² , température des cellules 25°C	

Figure 2.1 : Caractéristiques techniques de panneau choisi dans cette étude

➤ **Nombre des modules séries :**

$$N_s = \frac{V_s}{V_m}$$

N_s : le nombre du module en série

V_m : tension à puissance maximale

V_s : la tension de système

$$\text{AN : } N_s = \frac{48}{32,45} = 1.47$$

Donc on a 2 panneaux en série.

➤ **Nombre des modules parallèles :**

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

N_p : le nombre des modules en parallèles

N_t : le nombre total des modules

N_s : le nombre des modules en série

$$\text{AN : } N_p = \frac{8}{2} = 4$$

Donc on a 4 panneaux en parallèle.

1.10 Dimensionnement de capacité des batteries et le nombres des batteries :

$$C_t = \frac{E_p \cdot N_{ja}}{V_s \cdot DOD}$$

C_t : capacité totale des batteries en (Ah)

E_p : l'énergie à produire (Wh)

N_{ja} : nombre de jour d'autonomie

V_s : la tension de système (v)

DOD : décharge maximale de la batterie (%)

$$\text{AN : } C_t = \frac{11337,5,2}{48,0,8} = 590 \text{ Ah}$$

On a choisi un type de batterie 12V.200Ash



Figure 2.2 : Caractéristiques de la batterie choisie dans cette étude [Yangtze Solar power]

➤ **Nombre de batterie en parallèle :**

$$N_{bp} = \frac{C_t}{C_b}$$

AN: $N_{bp} = \frac{590}{200} = 2.95$

Donc 3 batteries sera en parallèle.

➤ **Nombre de batterie en série :**

$$N_{bs} = \frac{V_s}{V_b}$$

AN : $N_{bs} = \frac{48}{12} = 4$

Donc 4 batteries sera en série.

➤ **Nombre de batterie total :**

$$N_{bt} = N_{bs} \cdot N_{bp}$$

AN: $N_{bt} = 4 \cdot 3 = 12$ batteries

1.11 Le choix de régulateur:

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

Tension nominale : Elle doit être celle du champ photovoltaïque.

Courant d'entrée I_e : C'est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de débiter. Il doit être supporté sans problème par le régulateur. Pour estimer ce courant, le plus sûr est de prendre 1,5 fois le courant maximal.

Courant de sortie I_s : L'intensité du courant de sortie du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale que peuvent tirer les récepteurs simultanément. Elle peut être déterminée par la formule suivante :

$$I_{max} = P_{ch} / u$$

P_{ch} : la puissance crête du champ de photovoltaïque qui est calculé comme suit :

$$P_{ch} = P_c \cdot N_p \cdot N_s$$

$$AN: P_{ch} = 295 \cdot 4 \cdot 2 = 2360 W_c$$

$$\text{Donc : } I_{max} = \frac{2360}{48} = 49,1 A$$

Alors notre type est : 48V/50A



Figure 2.3: Le type de régulateur de charge à utiliser pour notre installation. [ASE Energy]

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS

Contrôleur de charge BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tension de la batterie	12 / 24 /48 V Sélection automatique (outil logiciel nécessaire pour sélectionner 36 V)				
Courant de charge nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Puissance maximale PV, 12 V 1a, b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Puissance maximale PV, 24V 1a, b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Puissance maximale PV, 48V 1a, b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Courant maxi. de court-circuit PV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tension PV maximale de circuit ouvert	150 V maximum absolu dans les conditions les plus froides 145 V maximum pour le démarrage et le fonctionnement				
Efficacité maximale	98 %				
Autoconsommation	10 mA				
Tension de charge « d'absorption »	Configuration par défaut : 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (réglable)				
Tension de charge « Float »	Configuration par défaut : 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (réglable)				
Algorithme de charge	adaptative à étapes multiples				
Compensation de température	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protection	Polarité inversée de la batterie (fusible, non accessible par l'utilisateur) Polarité inversée PV / Court-circuit de sortie / Surchauffe				
Température d'exploitation	-30 à +60°C (puissance nominale en sortie jusqu'à 40°C)				
Humidité	95 %, sans condensation				
Port de communication de données et allumage/arrêt à distance	VE.Direct (Consultez notre livre blanc concernant les communications de données qui se trouve sur notre site Web)				
Fonctionnement en parallèle	Oui (pas synchronisé)				
BOITIER					
Couleur	Bleu (RAL 5012)				
Bornes PV 3)	35 mm ² / AWG2 (Modèles Tr) Deux ensembles de connecteurs MC4 (modèles MC4 jusqu'à 150/70) Trois ensembles de connecteurs MC4 (modèles MC4 150/85 et 150/100)				
Bornes de batterie	35 mm ² / AWG2				
Degré de protection	IP43 (composants électroniques), IP22 (zone de connexion)				
Poids	3kg			4,5kg	
Dimensions (h x l x p)	Modèles Tr : 185 x 250 x 95 mm Modèles MC4 : 215 x 250 x 95 mm			Modèles Tr : 216 x 295 x 103 mm Modèles MC4 : 246 x 295 x 103 mm	
NORMES					
Sécurité	EN/IEC 62109				
1a) Si une puissance PV supérieure est connectée, le contrôleur limitera la puissance d'entrée au maximum défini. 1b) La tension PV doit dépasser Vbat + 5 V pour que le contrôleur se mette en marche. Ensuite, la tension PV minimale est Vbat + 1 V 2) Un champ de panneaux PV présentant un courant de court-circuit plus élevé pourrait endommager le contrôleur. 3) Modèles MC4 : plusieurs paires de répartiteurs pourront être nécessaires pour configurer en parallèle les files de panneaux solaires. Courant maximal par connecteur MC4 : 30 A					

Figure 2.4 : Caractéristiques techniques de régulateur utilisé dans cette étude [ASE Energy]

1.12 Le choix d'onduleur

On a besoin d'un onduleur qui doit être compatibles avec une installation d'une tension de 48 V et une demande de puissance de 2267 Wc.

$$P_{\text{onduleur}} = (P^2 + P_r^2)^{1/2}$$

Pr : puissance réactive [KVAR]

P : puissance crête du champ photovoltaïque

Avec :

$$Pr = Pc \cdot \frac{\sin\beta}{\cos\beta} \text{ Avec } \beta \text{ notre inclinaison de cote } 35.4^\circ$$

Alors : $P_r=1,61$

Et : $P_{\text{onduleur}}=2,78\text{KVA}$



Figure 2.5: l'onduleur a utilisé pour notre installation [Solar Esterel]

1.13 Dimensionnement des cables

On vous déterminer la section des cabales entrainant le moins de chute de tension possible donc on utilise la loi de chute de tension suivant :

$$\Delta U = \text{Tension appliquée} \cdot 0,02$$

Donc : $\Delta U = 48 \cdot 0,02 = 0,96V$

$$I_{\max} = I_{\text{mp}} \cdot N_p$$

I_{mp} : intensité maximale de panneau

N_p : nombre de modules en parallèle

AN: $I_{\max} = 9,09 \cdot 4 = 36,36A$

$$R = \frac{\Delta U}{I_{\max}} = 0,026 \Omega$$

R : résistance de câble (Ω)

$$L = L_p \cdot N_p$$

L : la longueur de câble (m)

L_p : la largeur d'un seul panneau (m)

N_p : nombre des panneaux connectés en parallèle

AN : $L = 0,992 \cdot 4 = 3,96m$

$$S = \rho \cdot \frac{L}{R}$$

ρ : La résistivité de câble : 0,0185 pour le cuivre

L : La longueur de câble (mm)

S: Section de câble

$$AN: S=0,0185 \cdot \frac{3,96}{0,026} = 2,81\text{mm}^2$$

B : Partie éolienne.

Dans cette partie de ce chapitre on s'intéresse à l'évaluation des ressources éoliennes disponibles dans la région de Tébéssa en utilisant les données de l'année 2016 entière, en vue de leur exploitation pour produire de l'énergie électrique. Dans ce contexte une éolienne choisie de 3,3 kW a été choisie et leurs performances énergétiques attendues ont été déterminé. Cette installation fait l'objet de compléter la première source photovoltaïque en obtenant un système hybride complet.

1. La méthodologie obtenue

Dans une première étape les ressources éoliennes disponibles dans cette région ont été évaluées à l'aide du logiciel WASP (Wind Atlas Analysais and Application Program) développé par le laboratoire RISOE (Danemark). Les variations annuelles des vitesses et directions du vent ont été analysées. Ensuite, avec le même logiciel Wasp, nous avons évalué les performances d'une éolienne de 3.3kw installée devant la maison

La méthodologie adoptée ainsi que les résultats obtenus sont présentés dans ce qui suit après un aperçu des travaux relatifs à la détermination des ressources éoliennes

2. Analyse statistique des données du vent :

Les données vent sont analysées à l'aide de l'utilitaire (OWC) du logiciel WASP qui est basé sur la fonction statistique de Weibull. Ce modèle est décrit par la fonction densité de probabilité de la vitesse du vent $f(v)$ donnée par l'équation suivante (Akdağ and Güler 2010) :

$$f(v) = \left(\frac{v}{A}\right) \left(\frac{v}{A}\right)^{K-1} \exp \left[- \left(\frac{v}{A}\right)^K \right] \quad (2.15)$$

Où v est la vitesse du vent.

K et A étant les paramètres de la distribution de Weibull, le facteur de forme K est sans dimension, il caractérise la dispersion de la courbe représentative de la distribution des fréquences de vitesses du vent. Le facteur d'échelle A a la même dimension qu'une vitesse, il renseigne sur la qualité du gisement éolien.

Pour déterminer les deux paramètres K et A la Méthode implémentée dans l'utilitaire OWC du logiciel WASP est Selon [37]. Les paramètres de Weibull sont déterminés en utilisant les valeurs moyennes de la vitesse du vent et de son carré.

$$V_{moy} = A \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{K}\right) \quad (2.16)$$

$$v^2 = A^2 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{2}{K}\right) \quad (2.17)$$

Où V_{moy} est la vitesse moyenne et v^2 est la valeur carrée de la vitesse du vent. Les paramètres k et A sont solutions des équations (2.16) et (2.17) qui sont tabulées. Une première table donne la valeur du paramètre k en fonction du rapport $(V_{moy})^2/v^2$. Dans une seconde table, la valeur de $\Gamma(1 + 1/k)$ est tabulée en fonction de k . La relation (2.16) est ensuite appliquée pour déterminer A.

Pour les régions où la rugosité n'est pas identique dans tous les secteurs, les paramètres de k et A sont déterminés pour chaque secteur. La vitesse moyenne et le carré de la vitesse sont alors déterminés avec les relations suivantes :

$$V_{moy} = f_1 V_{1moy} + f_2 V_{2moy} + \dots + f_{16} V_{16moy} \quad (2.18)$$

$$v^2 = f_1 v_1^2 + f_2 v_2^2 + \dots + f_{16} v_{16}^2 \quad (2.19)$$

Où f_1, f_2, \dots, f_{16} sont les fréquences du vent du premier secteur au dernier secteur. Les paramètres de Weibull correspondant à la distribution totale sont ensuite estimés en utilisant les expressions :

$$V_{moy} = A \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{K}\right) \quad (2.20)$$

La densité de puissance disponible P_{moy} en fonction de la vitesse moyenne du vent V_{moy} est exprimée comme suit [38] :

$$P_{moy} = \frac{1}{2} \rho V_{moy}^3 \quad (2.21)$$

La densité de puissance moyenne peut être exprimée en fonction des paramètres de Weibull pour chaque secteur. Pour la distribution globale, elle est donnée par la relation :

$$P_{moy} = \frac{\sum_1^{16} f_i P_i}{\sum_1^{16} f_i} \quad (2.22)$$

À l'exception des situations où la classe de rugosité n'est pas la même dans tous les secteurs, la somme des fréquences associées aux statistiques des stations n'est pas exactement égale à

100%. Généralement $\sum_1^{16} f_i = 1$, l'expression (2.22) devient :

$$P_{moy} = f_1 P_1 + f_2 P_2 + \dots + f_{16} P_{16} \quad (2.23)$$

3. Gisement éolien disponible:

Les grandeurs moyennes obtenues à partir des données de la station météorologique sont exploitées pour l'établissement des cartes des vitesses de vent disponibles dans la région d'étude. Ces données sont extrapolées horizontalement, pour tenir compte de l'orographie de la région d'étude, et verticalement, à la hauteur de l'éolienne. Une loi logarithmique, tenant compte des changements de rugosité, est appliquée pour l'extrapolation verticale des données. Pour l'extrapolation horizontale, c'est le modèle analytique de John I. Wamsley, J.R. Salmon (1982), basé sur l'analyse de l'écoulement autour des collines, qui est implémenté. Le modèle de Wamsley est une extension, en trois dimensions, du modèle de la colline développé par Jackson and Hunt (1975). Il consiste à résoudre les équations de la couche limite turbulente avec une équation additionnelle pour la viscosité turbulente.

Les résultats obtenus sont représentés par des cartes éoliennes qui indiquent les ressources éoliennes disponibles dans la région d'étude, en fonction de la topographie.

4. Coefficient d'utilisation et nombre d'heures de fonctionnement :

Le coefficient d'utilisation des éoliennes ou (Capacity Factor, CF) est le rapport entre la production des éoliennes et la production (théorique) du parc éolien qui serait obtenue si toutes les éoliennes fonctionnaient à puissance nominale. Il est défini par la relation suivante [40].

$$CF = \frac{AEP}{8760 \cdot P_n} \quad (2.24)$$

AEP : Energie annuelle produite par l'éolienne

P_n Étant la puissance nominale de l'éolienne.

Le nombre d'heures de fonctionnement de l'éolienne (NH) est calculé à l'aide de la relation suivante :

$$N.H = \frac{AEP_p}{P_n} \quad (2.25)$$

5. Données utilisées

Les données utilisées sont les données vents (vitesse et direction relevées au niveau des stations météorologiques de l'Office National de la Météorologie (O.N.M.), les données géographiques (cartes topographiques et longueurs de rugosité) et les données relatives aux éoliennes (AWS-HC 3.3 KW) installées à Tébessa :

- Les données vents utilisés sont des moyennes horaires, collectées durant une période de l'année entière 2016.
- Les principales caractéristiques des éoliennes sont données dans le tableau 2.5.

Tableau 2.5 : principales caractéristiques d'aérogénérateur

Type	AWS-HC
Puissance nominale: P_n [Kw]	3.3
Diamètre du rotor : D [m]	4.65
Hauteur du pylône : H [m]	22
Nombre de pales	3
Vitesse nominale : V_n [m/s]	10.5

6. Etude statistique des données du vent dans la région de Tébessa:

L’histogramme des vitesses et la rose des vents déterminés pour les mois de l’année 2016 sont représentés dans la figure (2.6) Les résultats obtenus montrent que la valeur de vitesse moyenne de est attend **4.97 m/s**, le facteur de forme k prend la valeur 2.53 et la densité de puissance moyenne est $P=135 \text{ W/m}^2$.ce qui indique que cette région peut être classée dans la catégorie 2 selon la carte des vents de l’Algérie [39].

En outre, la rose des vents montre que, la direction du vent dominante est du côté Nord-Ouest, (figure b. 2.6) et que les ressources éoliennes sont stables.

Pour les variations mensuelles des vitesses et directions du vent année 2016. La (figure 2.7), montre une variation des ressources éoliennes disponibles avec des vitesses moyennes qui varient entre de 5,17 m/s à 3,45m/s, avec un maximum de 6,59 m/s en mois de mars.

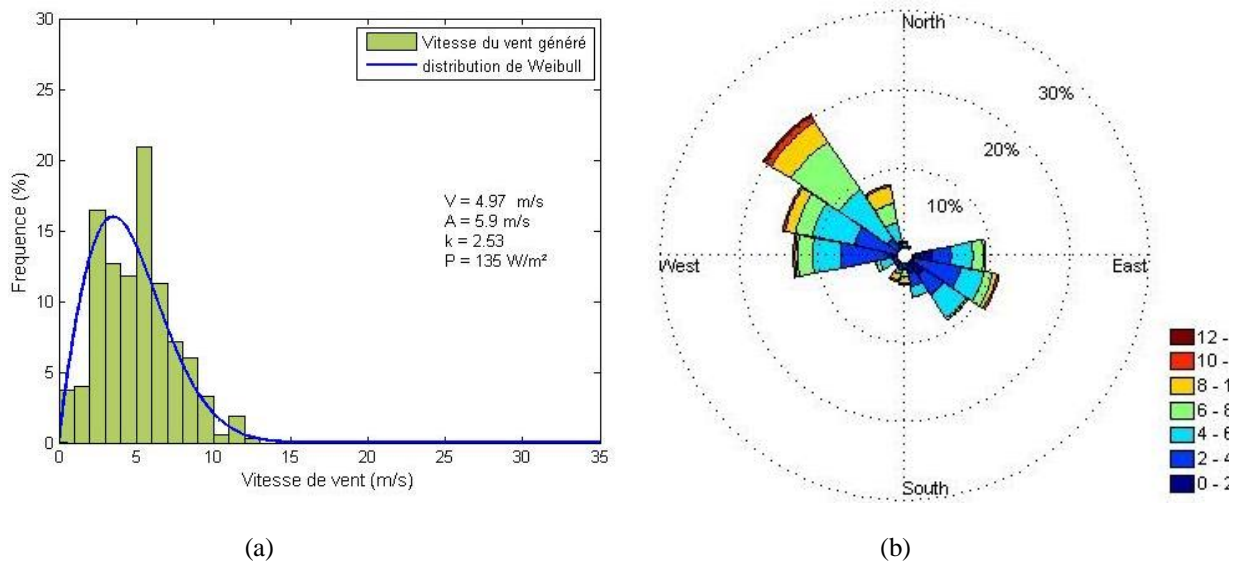


Figure 2.6 : Histogramme et rose des vents à 10 m au-dessus du sol. année 2016 Tébessa.

L’influence des données vents utilisés pour l’évaluation des performances de l’éolienne a été mise en évidence sur leur rendement énergétique durant les heures de nuit dont l’absence du rayonnement solaire.

On divise les données de l’année 2016 en deux parties :

- Les données vent entre 6h du matin au 18h soir
- Les données entre 18h du soir au 6h du matin

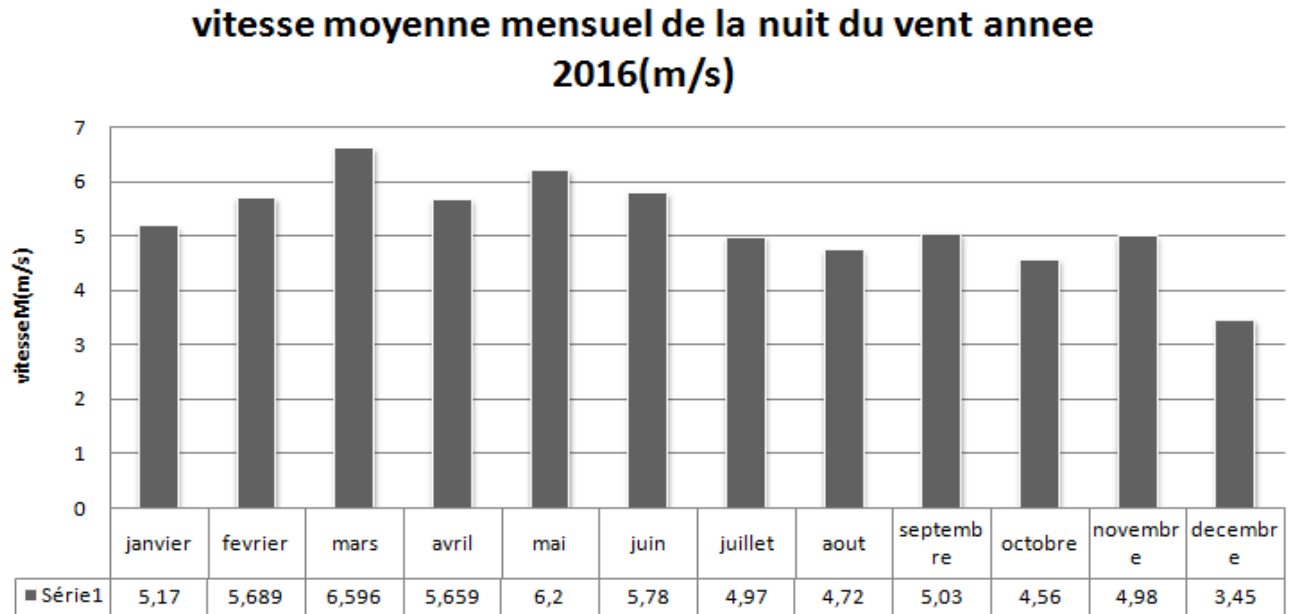


Figure 2.7 : vitesse moyenne mensuelle 2016(nuit).

Les roses des vents sont représentées dans les figures (figures 2.9 et 2.10). Et ce qui concerne la direction du vent dans la nuit, une instabilité de direction est remarquée, (figures 2.9 et 2.10). Pour les mois de janvier au mai la direction dominante était la direction Nord-Ouest (NO) et des mois août jusqu'à novembre le coté Sud-Est (SE) est qui domine. Les mois juin et juillet la direction du vent dominante était pratiquement la direction est (E) et dans décembre la direction du vent dominante a été divisée entre les directions est et ouest (E) et (O).

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS

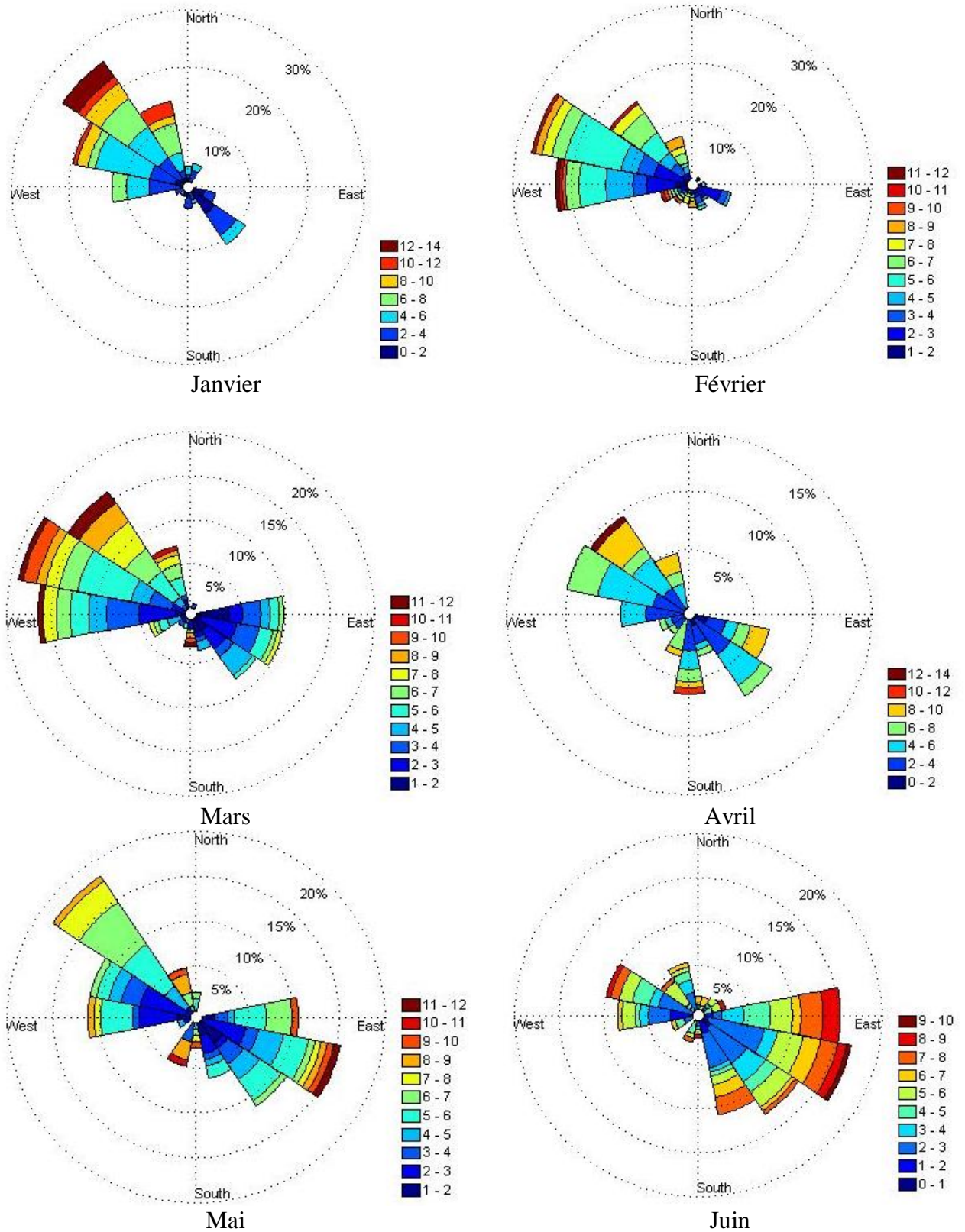


Figure 2.8 : Roses des vents mensuels à 10 m au-dessus du sol de janvier jusqu'à juin 2016 de Tébessa (nuit).

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS

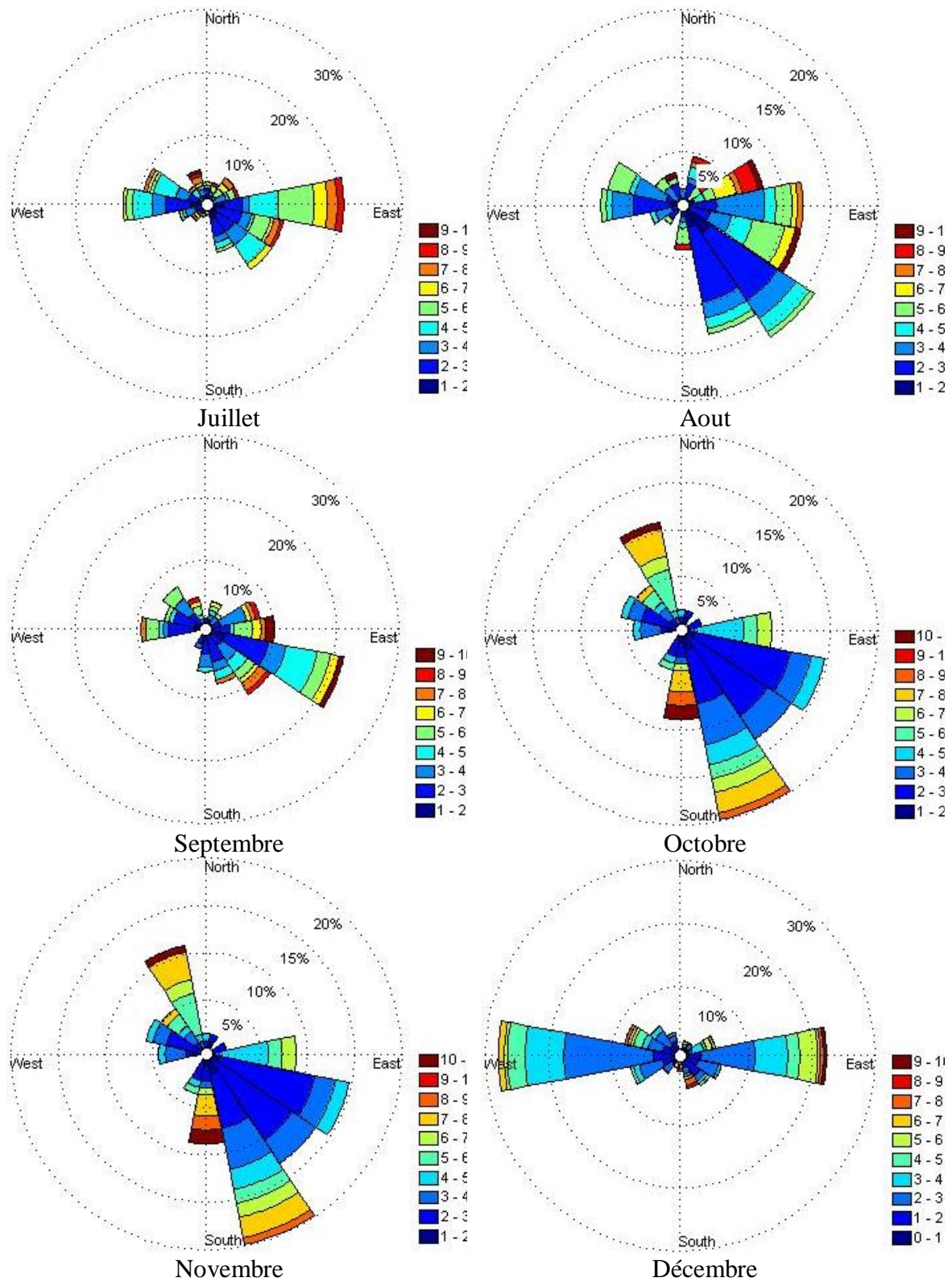


Figure 2.9 : Roses des vents mensuels à 10 m au-dessus du sol.de juillet jusqu'à décembre 2016 de Tébessa

(nuit)

Concernons l'utilisation des données de la journée entre 6h du matin aux 18 h du soir, les résultats obtenus sont représentés dans la figure (2.11) qui montrent que la vitesse moyenne du vent à la hauteur de l'éolienne varie de 4.71m/s à 2.64m/s avec une vitesse maximale de 4.61 m/s m'enregistrée en mois de mars. Les roses des vents dans les figures (2.12 et 2.13) montrent que la direction dominante du vent était la direction Nord-Est presque tous les mois de l'année sauf à partir de septembre on observe que le vent souffle dans plusieurs directions. On remarque aussi que les directions des vents dans le jour étaient plus stables que les directions des vents dans la nuit mais quand on parle sur les valeurs des vitesses moins c'est l'inverse.

7. Etude statistique des données mensuelles des vents dans la région de Tébessa 2016 (jour)

Les résultats obtenus dans la figure (2.10) montrent que la vitesse moyenne du vent à la hauteur de l'éolienne varie de 4.71m/s a 2.64m/s avec une vitesse maximale de 4.61 m/s en mois de mars. Les roses des vents dans les figures (2.1 et 2.12) montrent que la direction dominante du vent était la direction nord-est presque tous les mois de l'année sauf à partir de septembre on observe que le vent souffle dans plusieurs directions. On remarque aussi que les directions des vents dans le jour étaient plus stables que les directions des vents dans la nuit mais quand on parle sur les valeurs des vitesses moins c'est l'inverse.

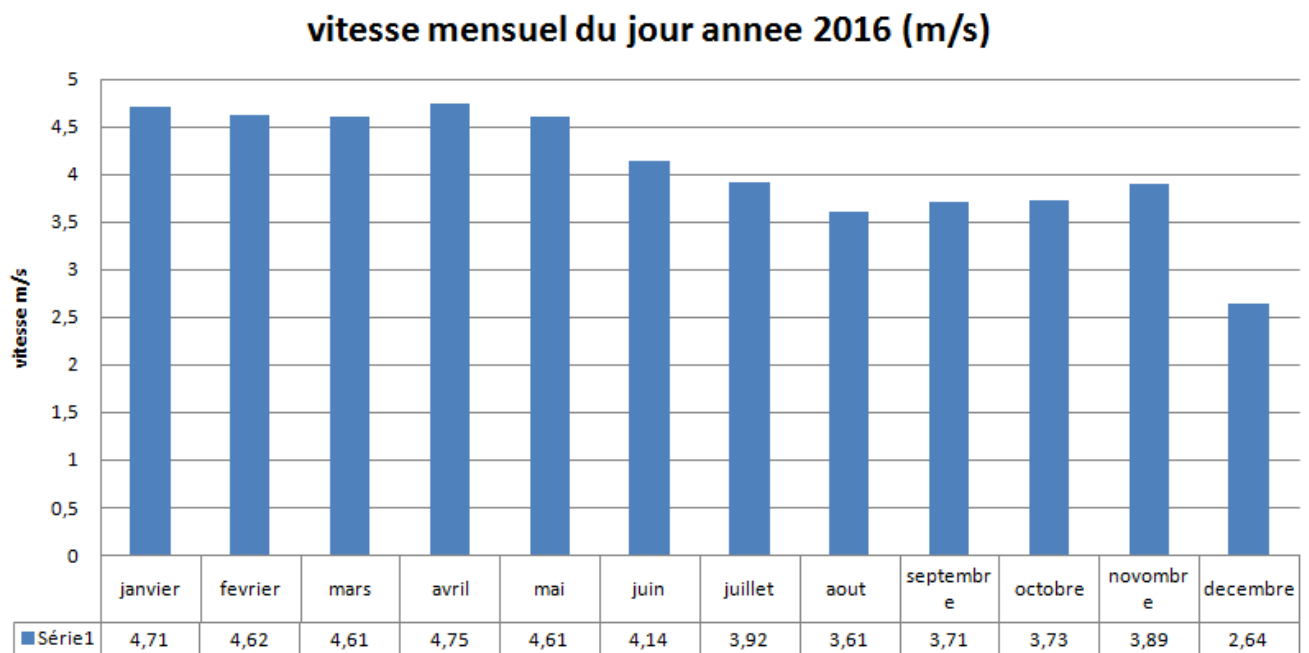


Figure 2.10 : Vitesse moyennes mensuelles Tébessa 2016

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS

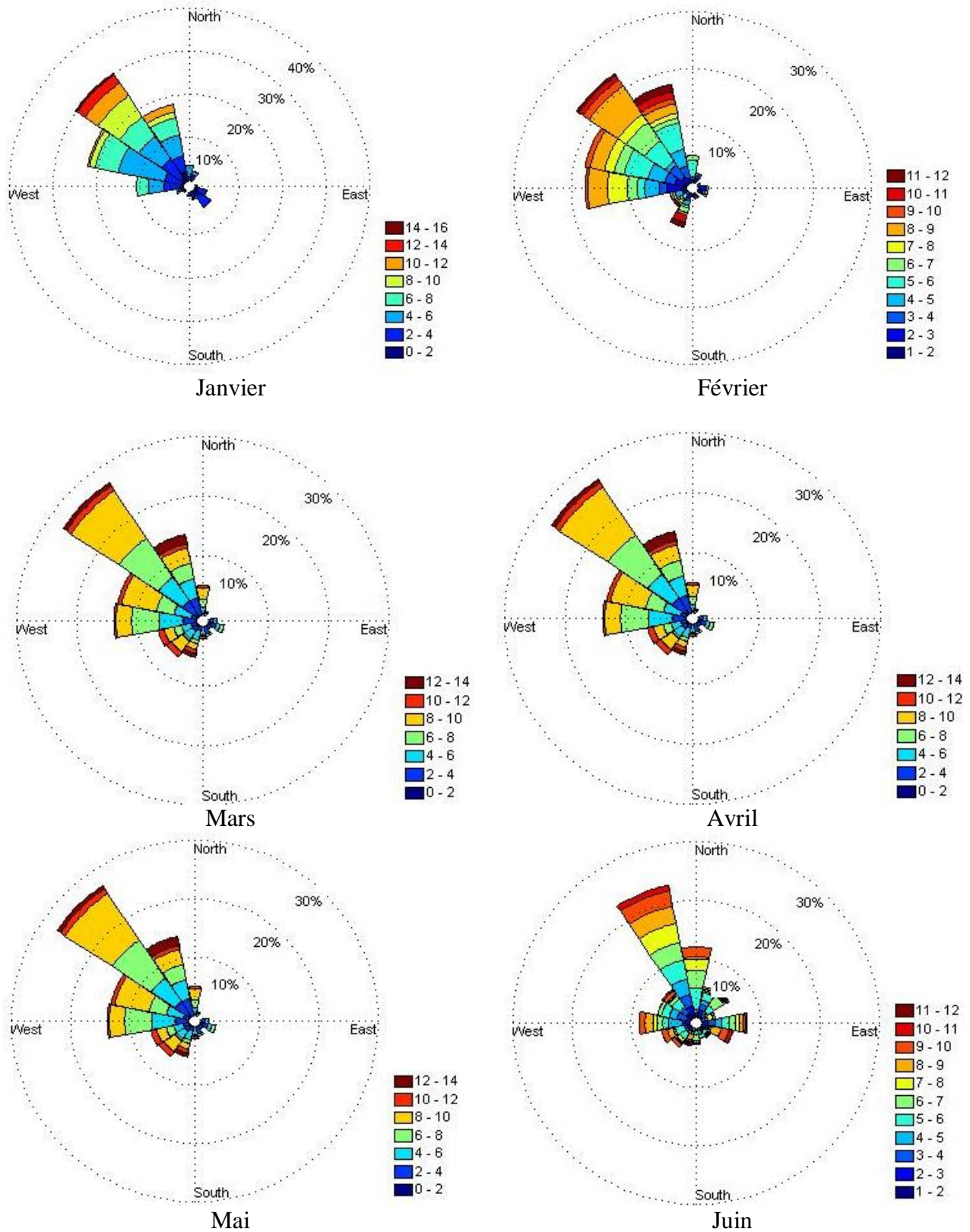


Figure 2.11 : Roses des vents mensuelles à 10 m au-dessus du sol, de janvier jusqu'à juin 2016 de Tébessa (jour).

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS

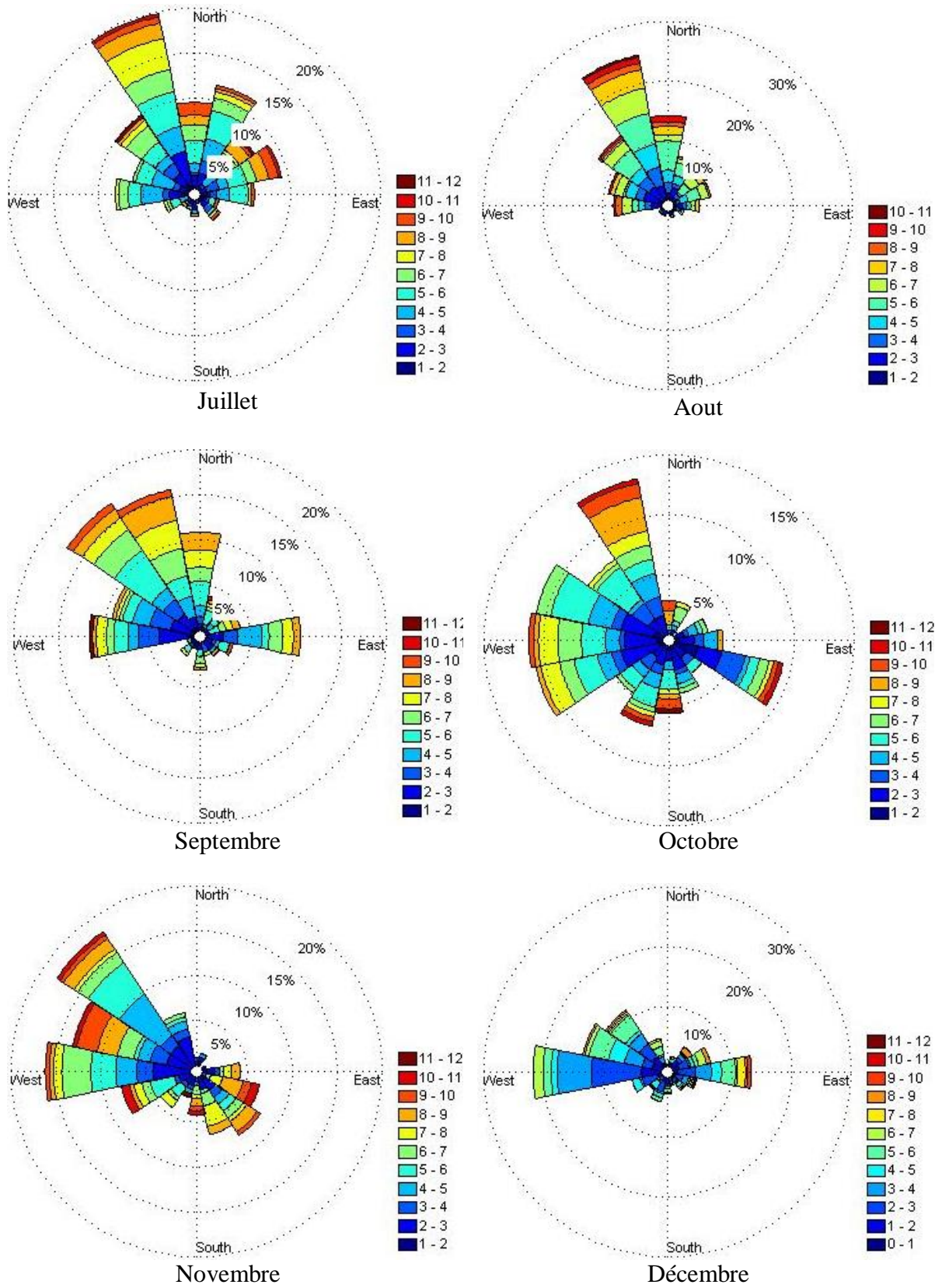


Figure 2.12 : Roses des vents mensuels à 10 m au-dessus du sol. de juillet jusqu'à décembre 2016 de Tébessa (jour).

8. Etude statistique des données des vents saisonniers (Tébessa 2016):

La figure (2.14) montre les variations des vitesses de vent pendant la saison mars avril et mai. On remarque que la saison la plus ventée jour et nuit pendant l'année 2016 est cette saison d'une moyenne de jour de 4.65m/s et une moyenne de nuit de 6.15 m/s ;

Les figures (2.15 et 2.16) représentent la direction du vent saisonnier pour la nuit et le jour. La chose qui a retenu notre attention est l'instabilité de la direction du vent dans la nuit, on a trouvé deux directions dominantes des vents nord-ouest et sud-est. Par contre dans le jour le vent souffle toujours dans la direction nord-ouest.

On a trouvé que cette saison (mars, avril, mai) était la saison la plus ventée en 2016

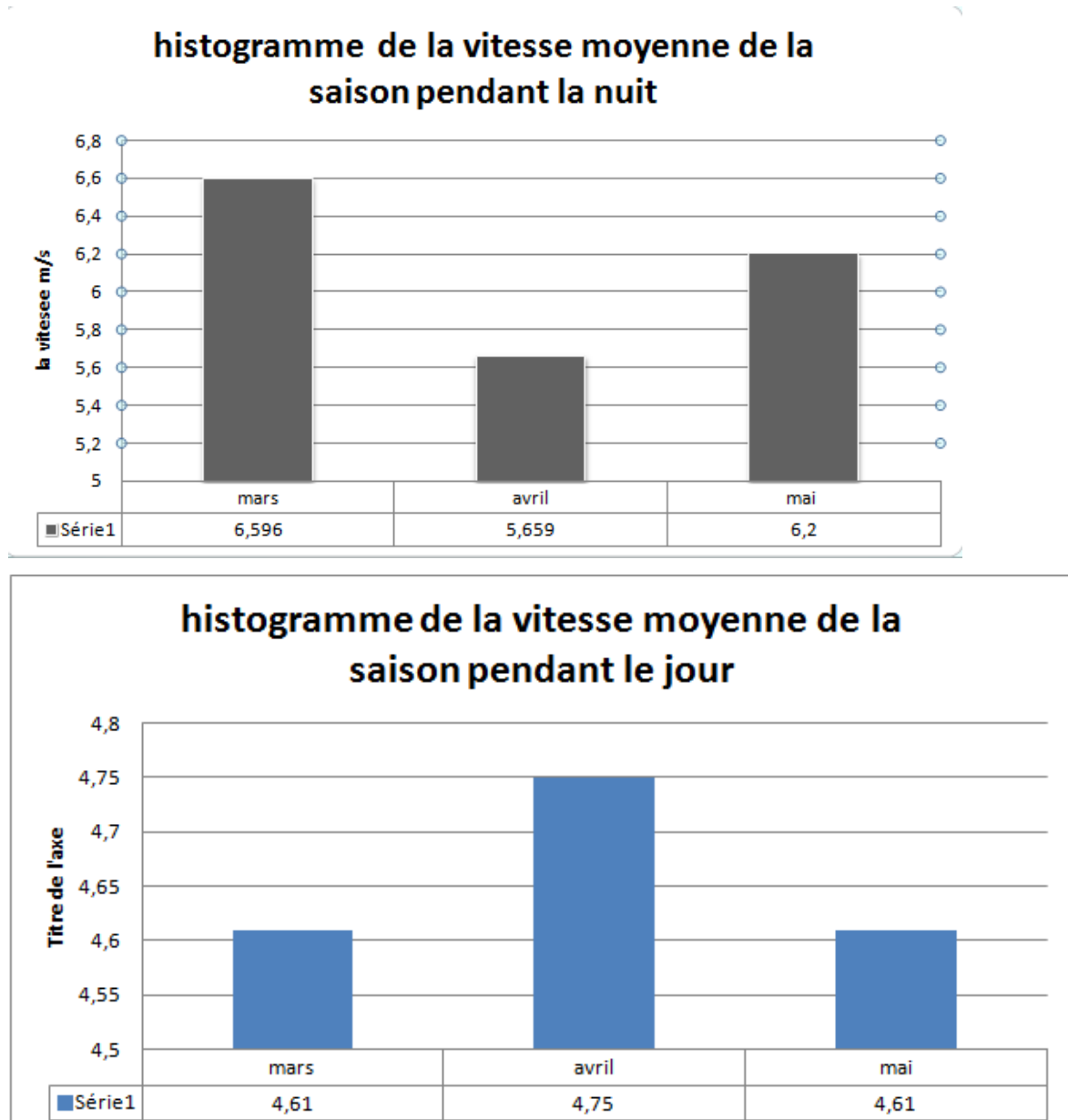


Figure2.13 : Variation des vitesses moyennes Tébessa 2016

CHAPITRE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES PV EOLIENS

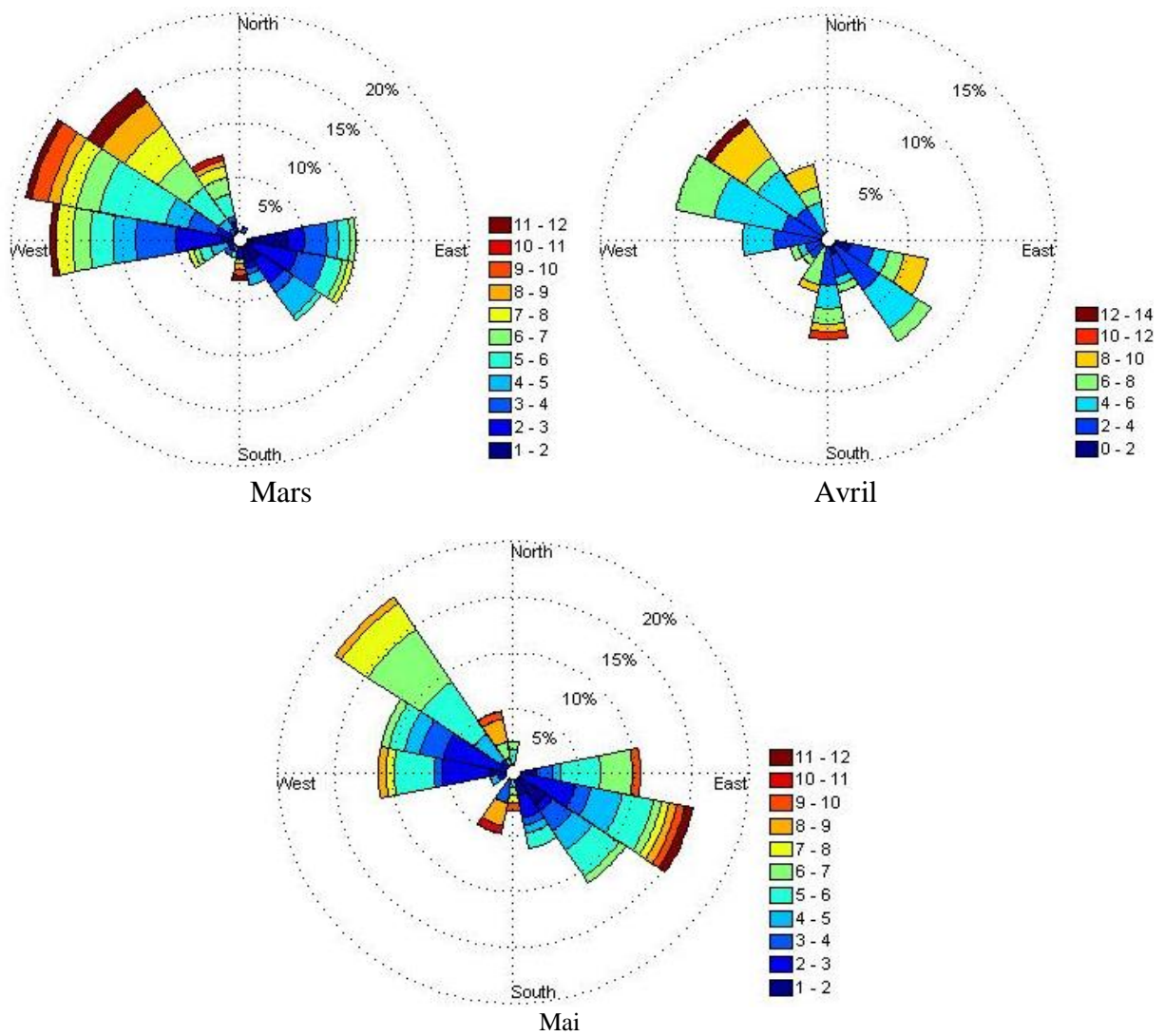


Figure 2.14 : Roses des vents mensuelles à 10 m au-dessus du sol. Tébéssa saison printemps (nuit)

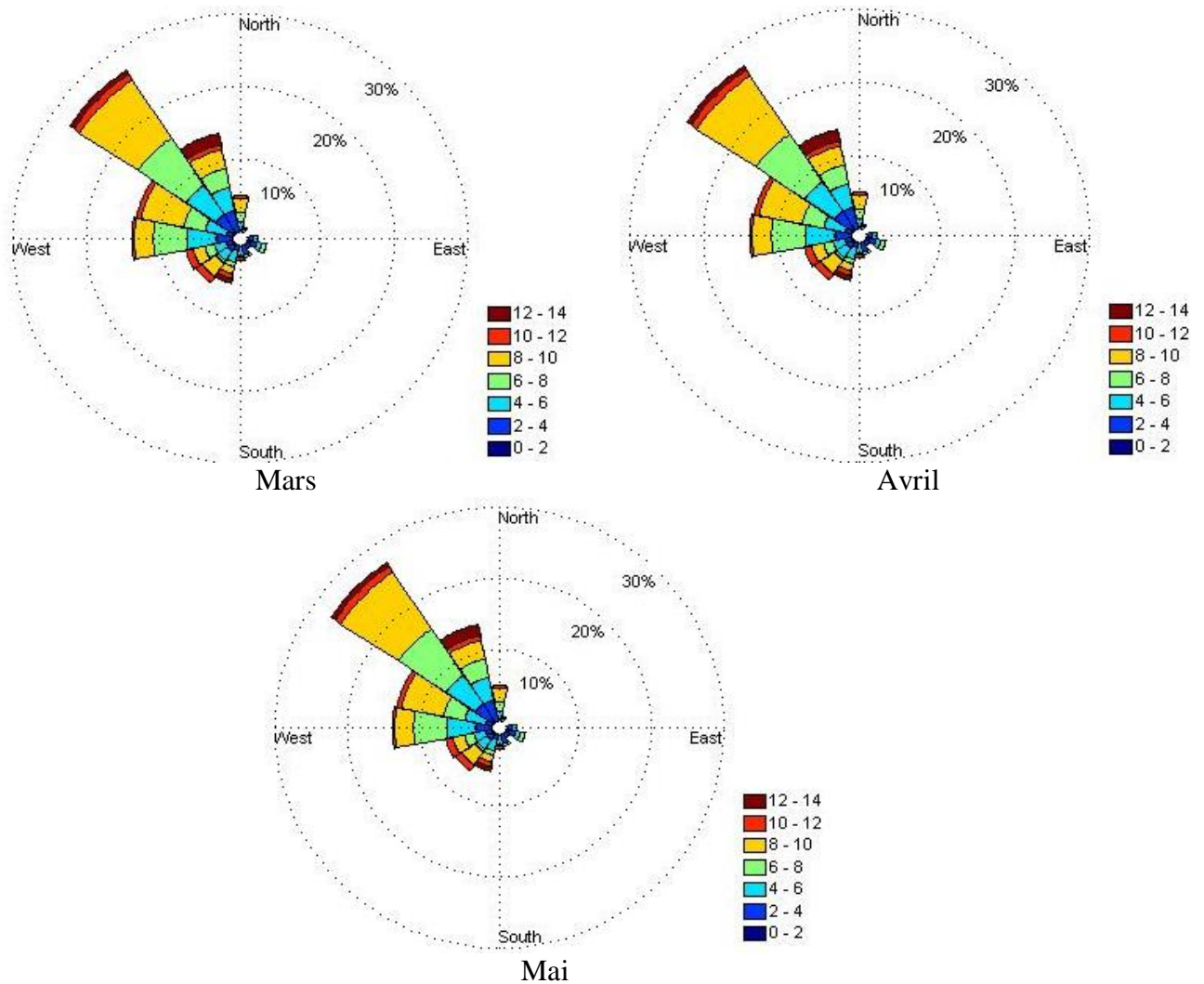


Figure 2.15 : Roses des vents mensuelles à 10 m au-dessus du sol. Tébessa saison printemps (jour)

Conclusion :

Dans ce chapitre, dans la première partie, nous avons présenté notre dimensionnement et la mise à l'échelle de l'installation PV, on a choisi les meilleurs équipements disponibles dans le marché pour optimiser le champ et déterminer le nombre et la puissance des panneaux solaires, ensuite nous avons déterminé l'onduleur correspond et leur modèle avec le nombre des batteries nécessaires pour le stockage de l'énergie. Concernant la partie éolienne nous avons utilisé le logiciel WAsP pour étudier les performances énergétiques d'une éolienne de 3,3 kW à partir des enregistrements des données des vents dans cette région durant l'année 2016, en tenir compte de l'influence de ses des données vents dans la journée d'une part aux nuits d'autre part sur l'énergie annuelle produite enregistrée par l'éolienne.

Introduction :

Dans ce chapitre on va combiner les deux système (PV-éolienne) avec un logiciel qui s'appelle Homer pro c'est un logiciel de conception de systèmes distribués d'énergie renouvelable pour panneaux photovoltaïques, éoliennes, batteries, systèmes hydrauliques, production combinée de chaleur et d'électricité, biomasse, il va nous permettre de savoir la meilleure optimisation de notre système et les différentes utilisations de nos équipements.

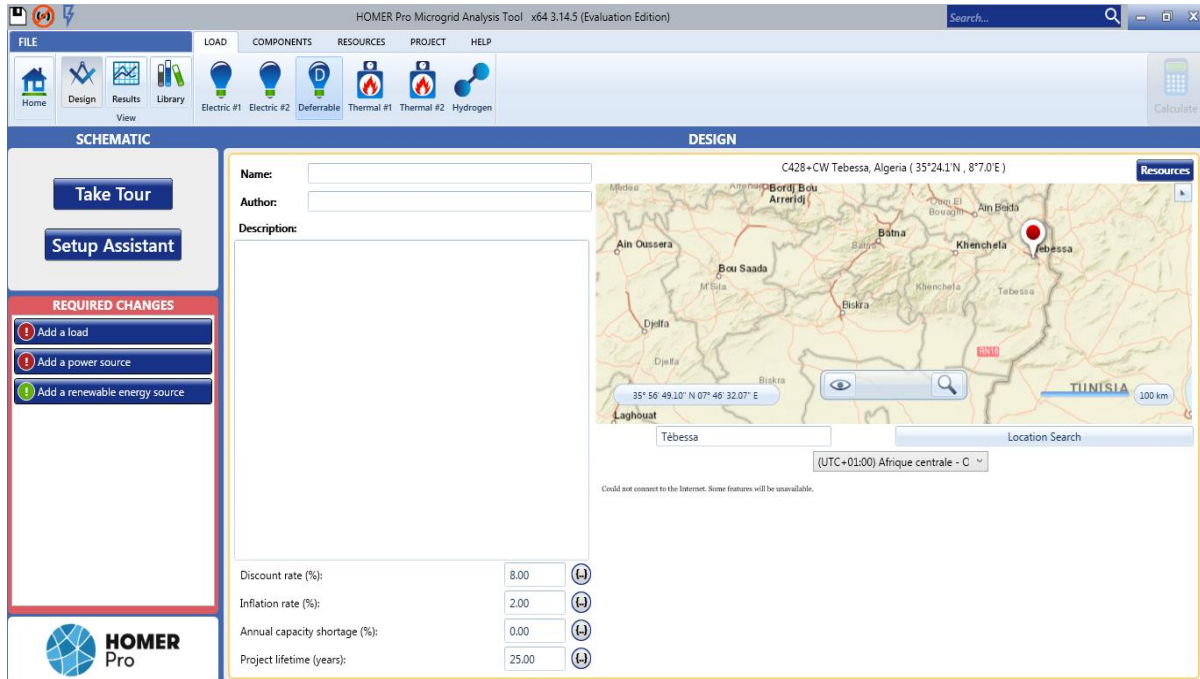


Figure 3.1 : Interface du Logiciel Homer Pro

1. Les étapes à suivre pour réaliser la simulation avec Homer pro :

1.1 Etape1 : le choix de la localisation.



Figure 3.2 : Localisation de la région étudiée.

1.2 Etape 2 : remplir la consommation journalière électrique.

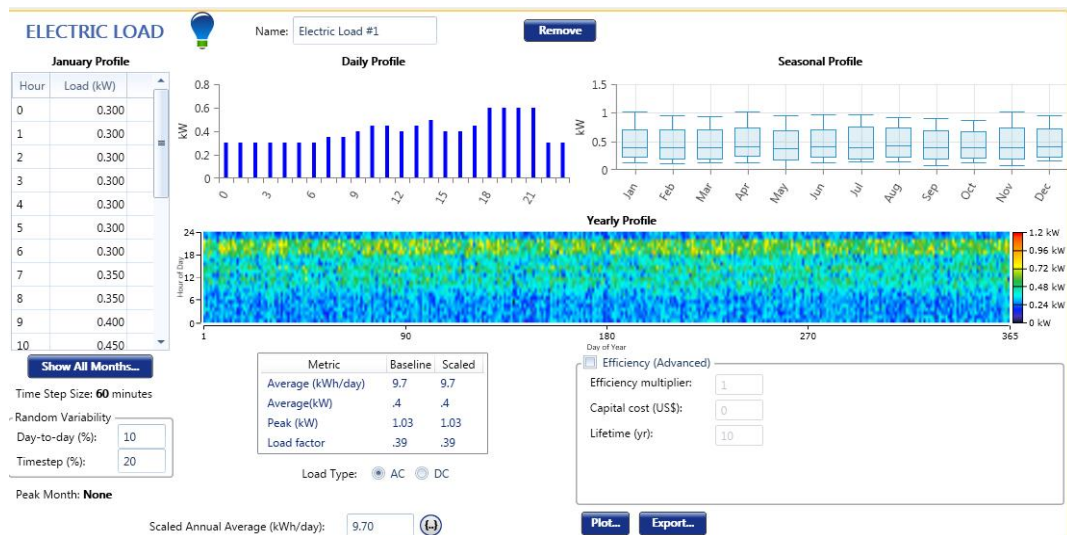


Figure 3.3 : La consommation journalière d'électricité.

Cette étape consiste de savoir tous les besoins électrique journalière de notre maison et la consommation de nos équipements pour chaque heure.

1.3 Etape 3 : le choix des panneaux photovoltaïques.

Add/Remove CanadianSolar SuperPower CS6K-295MS

PV Name: CanadianSolar SuperPower Abbreviation: CS6K-2 Remove
Copy To Library

Properties
 Name: CanadianSolar SuperPower CS6K-295MS
 Abbreviation: CS6K-295
 Panel Type: Flat plate
 Rated Capacity (kW): 0.295
 Temperature Coefficient: -0.390
 Operating Temperature (°C): 45.00
 Efficiency (%): 18.02
 Manufacturer: Canadian Solar
[Data Sheet for CS6K-295MS](#)
 Notes:
 The Mono-crystalline PERC cells in the SuperPower module offer superior low irradiance

Cost
 Capacity (kW): 1
 Capital (US\$): 100.00
 Replacement (US\$): 100.00
 O&M (US\$/year): 0.00
 Lifetime time (years): 25.00 More...

Sizing
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced
 Upper: 6
 Lower: 1

Site Specific Input
 Derating Factor (%): 88.00 More...

Electrical Bus
 AC DC

Advanced...

Figure 3.4 : Les panneaux photovoltaïques choisis.

Cette étape permet d'ajouter les panneaux photovoltaïques nécessaires pour notre système et le nombre de ces derniers aussi leurs capacités et leur voltage.

1.4 Etape 4 : l'intégration des données solaire et les températures moyennes mensuelles de la région étudiée :

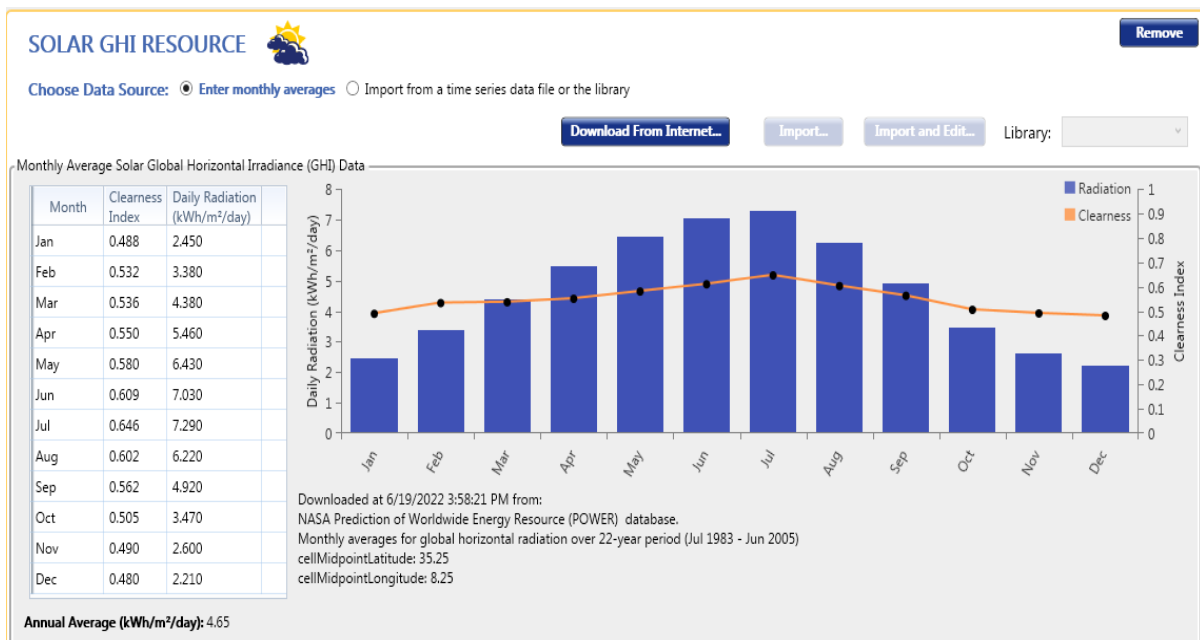


Figure 3.5 : L'irradiation mensuelle et l'index de clarté de Tébessa (2016).



Figure 3.6 : Les températures moyennes mensuelles de Tébessa (année 2016).

L'intégration des données solaires de la région étudiée et les températures moyennes est très nécessaire pour que la simulation soit optimale. En réalité, ces données sont les irradiances mensuelles et l'indice de clarté et les températures moyennes.

1.5 Etape 5 : le montage de convertisseur.

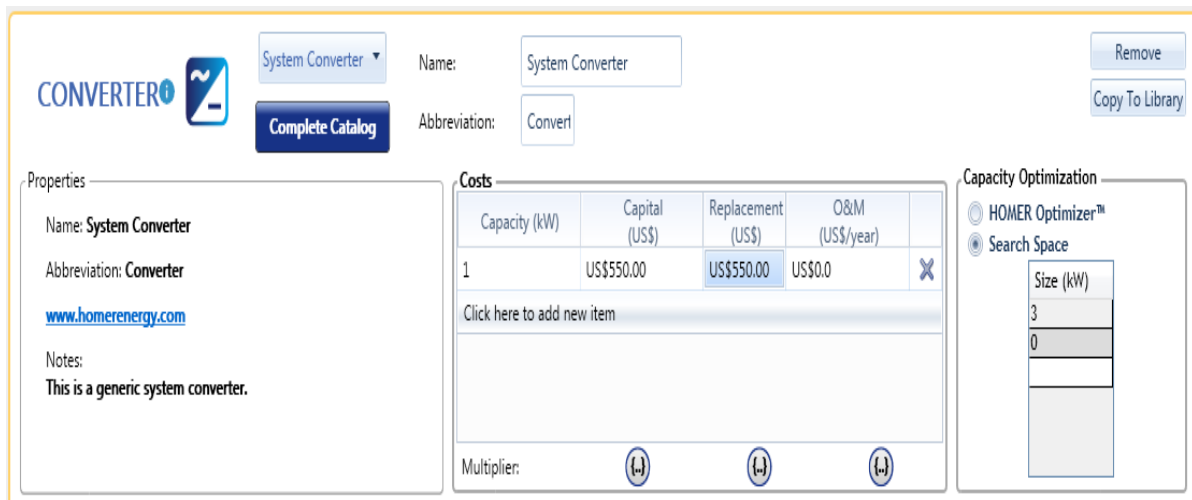


Figure 3.7 : Le choix du convertisseur.

On a besoin d'un convertisseur de 3Kw dans notre système car le courant venant des panneaux est continu donc le rôle de ce dernier est de transformer ce courant continu en alternatif.

1.6 Etape 6 : le choix des batteries :

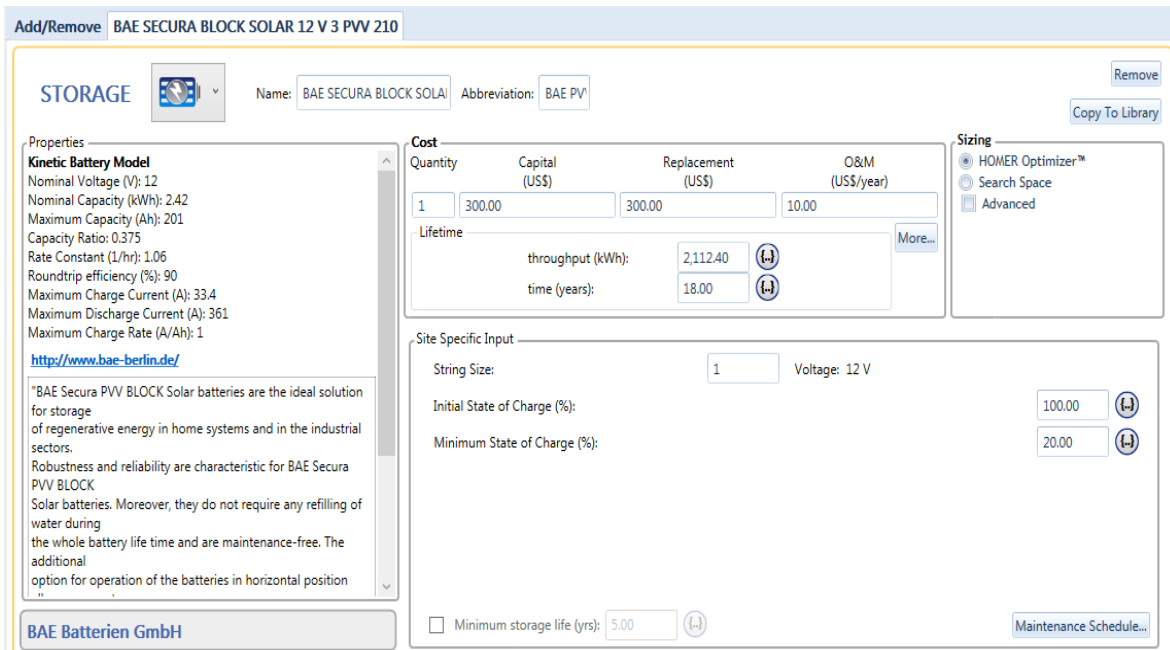


Figure 3.8 : Les batteries utilisées dans notre étude.

Les batteries solaires stockent l'électricité générée par les panneaux solaires pour une utilisation ultérieure. En effet, l'énergie solaire est une source qui ne peut garantir les mêmes performances chaque jour, notre choix était la batterie BAE SECURA de 12V/201Ah.

1.7 Etape 7 : le choix de la turbine

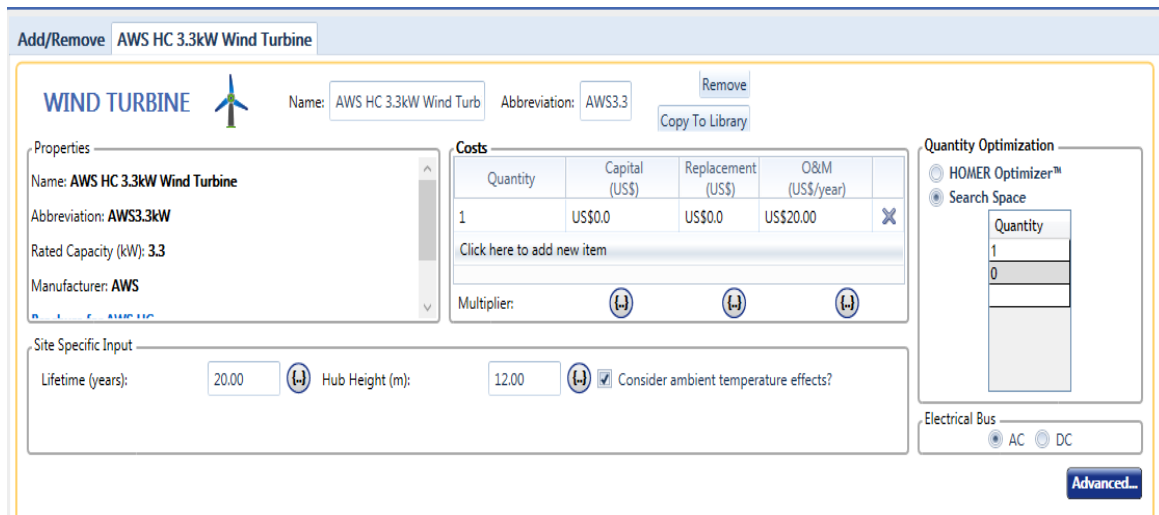


Figure 3.9 : L'éolienne choisie dans notre système.

Le critère le plus important pour choisir une éolienne est sa puissance réelle par rapport à la vitesse moyenne du vent à travers le terrain où elle est installée et aussi les besoins journaliers, dans cette étude on a choisi une éolienne avec une puissance de 3,3 kW.

1.8 Etape 8 : Ajouter les vitesses des vents mensuelles.

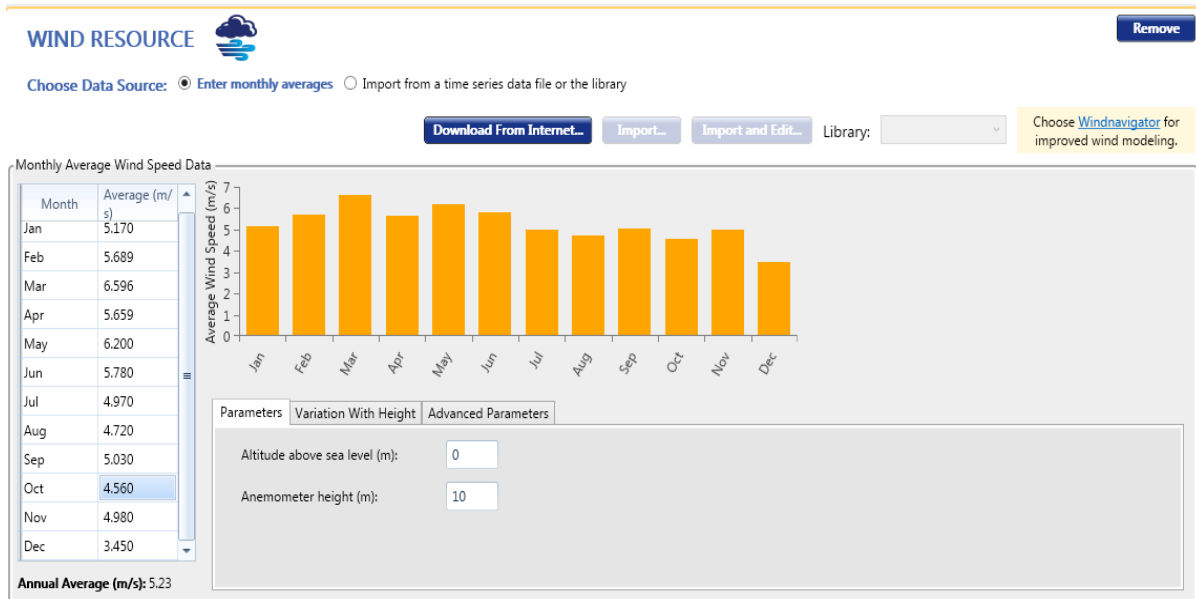


Figure 3.10 : Les vitesses des vents mensuelles Tébessa (Année 2016).

Les vitesses des vents sont mesurées par le m/s dans notre cas la vitesse de vent variée entre 5.17m/s et 3.45. On observe que le vent prend sa valeur maximale en mois de mars avec une valeur de 6.596 m/s.

Le schéma de notre étude :

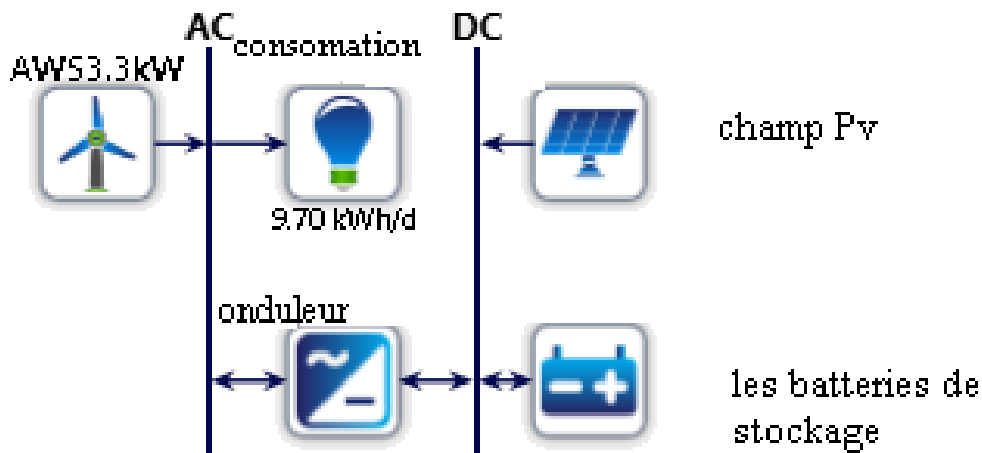


Figure 3.11 : Schéma de système hybride de notre cas étudié.

1.9 Etape 9 : le lancement de la simulation.

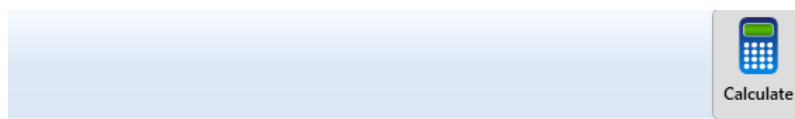


Figure 3.12 : Le lancement de la simulation avec Homer

CHAPITRE 3 : COMBINAISON DES DEUX SOURCES

	CS6K-295 (kW)	AWS3.3kW	BAE PVV 210	Converter (kW)	Dispatch	NPC (US\$)	COE (US\$)	Operating cost (US\$/yr)	Initial capital (US\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (US\$)	Production (kWh/yr)
	4.88	1	4	3.00	CC	US\$7,999	US\$0.175	US\$182.64	US\$5,638	100	0	488	7,711
	4.88	1	4	3.00	LF	US\$7,999	US\$0.175	US\$182.64	US\$5,638	100	0	488	7,711
	4.88	1	4	3.00	LF	US\$7,999	US\$0.175	US\$182.64	US\$5,638	100	0	488	7,711
	4.88	1	4	3.00	CC	US\$7,999	US\$0.175	US\$182.64	US\$5,638	100	0	488	7,711
	4.94	1	4	3.00	CC	US\$8,004	US\$0.175	US\$182.59	US\$5,644	100	0	494	7,796
	4.94	1	4	3.00	LF	US\$8,004	US\$0.175	US\$182.59	US\$5,644	100	0	494	7,796
	4.94	1	4	3.00	LF	US\$8,004	US\$0.175	US\$182.59	US\$5,644	100	0	494	7,796
	4.94	1	4	3.00	CC	US\$8,004	US\$0.175	US\$182.59	US\$5,644	100	0	494	7,796
	4.96	1	4	3.00	LF	US\$8,006	US\$0.175	US\$182.57	US\$5,646	100	0	496	7,838

AWS3.3kW				BAE PVV 210				Converter	
Capital Cost (US\$)	Production (kWh/yr)	O&M Cost (US\$)	Autonomy (hr)	Annual Throughput (kWh/yr)	Nominal Capacity (kWh)	Usable Nominal Capacity (kWh)	Rectifier Mean Output (kW)	Inverter Mean Output (kW)	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0258	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0258	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0258	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0258	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0257	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0257	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0257	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0257	0.114	
2,500	6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0257	0.114	

Figure 3.13 : Les différents résultats d'optimisation de simulation.

La figure 3.13 représente les différents résultats d'optimisation à l'aide du logiciel Homer pro, ces résultats sont classés selon une base économique. Ils montrent aussi l'architecture de chaque système et la production électrique de chaque élément.

Architecture						Cost			System			CS6K-295	
CS6K-295 (kW)	AWS3.3kW	BAE PVV 210	Converter (kW)	Dispatch		NPC (US\$)	COE (US\$)	Operating cost (US\$/yr)	Initial capital (US\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (US\$)	Production (kWh/yr)
4.88	1	4	3.00	CC		US\$7,999	US\$0.175	US\$182.64	US\$5,638	100	0	488	7,711
12.0		7	3.00	CC		US\$8,632	US\$0.189	US\$311.67	US\$4,603	100	0	1,203	19,002
AWS3.3kW			BAE PVV 210				Converter						
Production (kWh/yr)	O&M Cost (US\$)	Autonomy (hr)	Annual Throughput (kWh/yr)	Nominal Capacity (kWh)	Usable Nominal Capacity (kWh)	Rectifier Mean Output (kW)	Inverter Mean Output (kW)						
6,847	20.0	19.1	716	9.67	7.73	0.0258	0.114						
		33.5	1,999	16.9	13.5	0	0.404						

Figure 3.14 : Les résultats optimaux de notre système.

CHAPITRE 3 : COMBINAISON DES DEUX SOURCES

Les résultats optimums de notre système sont 2, la première représente un système hybride avec 5 panneaux photovoltaïques de 295Wc et une seule turbine de 3.3kW et 4 batteries de 200Ah et un convertisseur de 3kW.

La deuxième représente seulement un champ photovoltaïque avec 12 panneaux de 295 Wc et 7 batteries de 200Ah et un convertisseur de 3kW.

Ce qui nous intéresse c'est le premier cas du système hybride, on va voir l'évolution de ses éléments.

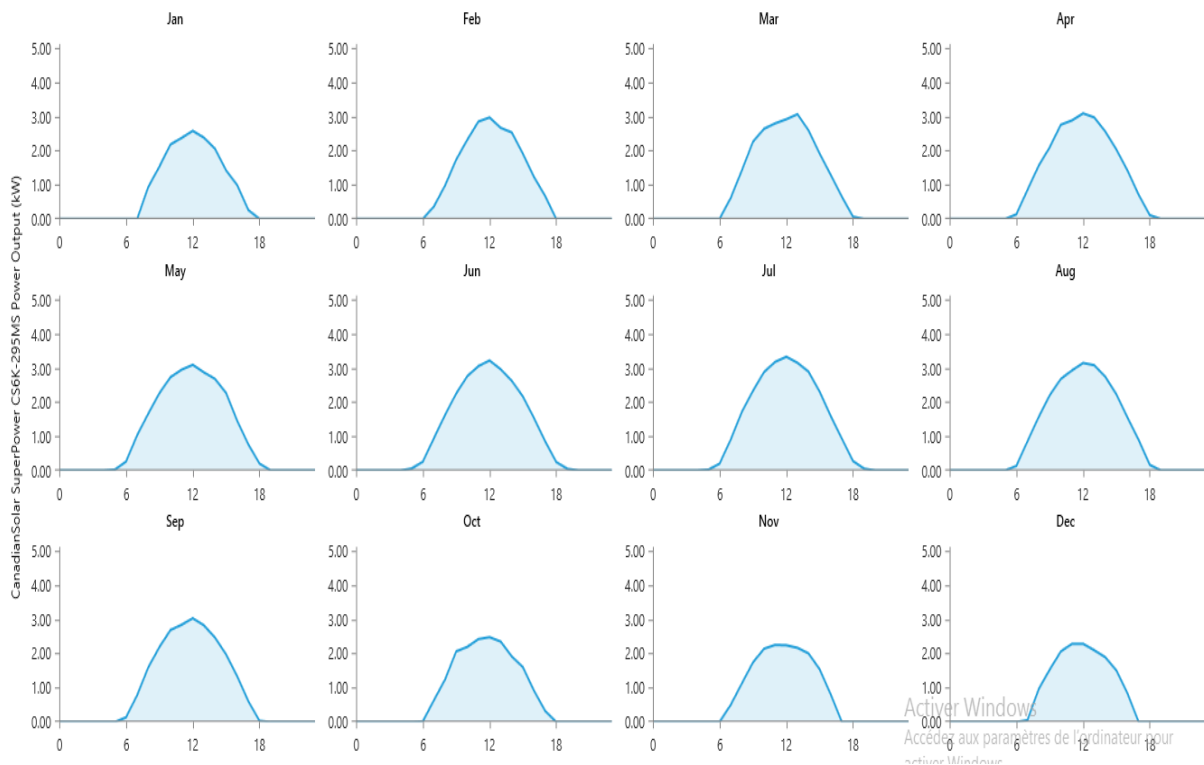


Figure 3.15 : Profile de production d'énergie journalière du champ PV.

La figure (3.15) représente l'évaluation de la production d'énergie du champ photovoltaïque de 6 :00am jusqu'à 18 :00am en (KW) en remarque que cette production prend son pique à midi durant tous les jours de l'année, la production maximal journalière est presque 3kW de jan jusqu'à septembre cette valeur diminue à partir d'octobre à cause de plusieurs facteurs naturelle et la dégradation d'irradiation dans ces derniers mois.

CHAPITRE 3 : COMBINAISON DES DEUX SOURCES

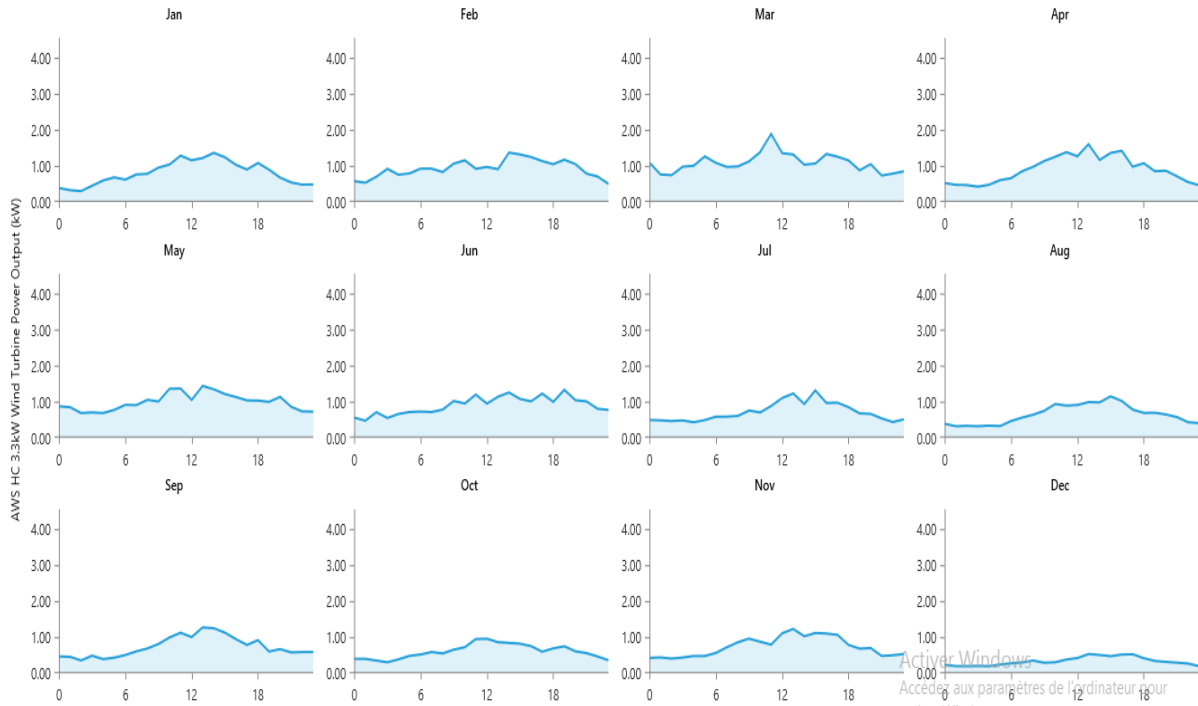


Figure 3.16 : Profile de production d'énergie journalière de la turbine.

La figure (3.16) représente l'évaluation de la production d'énergie de la turbine en m/s, on observe que cette turbine produit l'énergie toute la journée avec une moyenne de 1 kW pour chaque heure mais cette production diminue à partir d'octobre à cause des vitesses faibles des vents surtout en mois de décembre alors la production d'énergie est presque nulle.

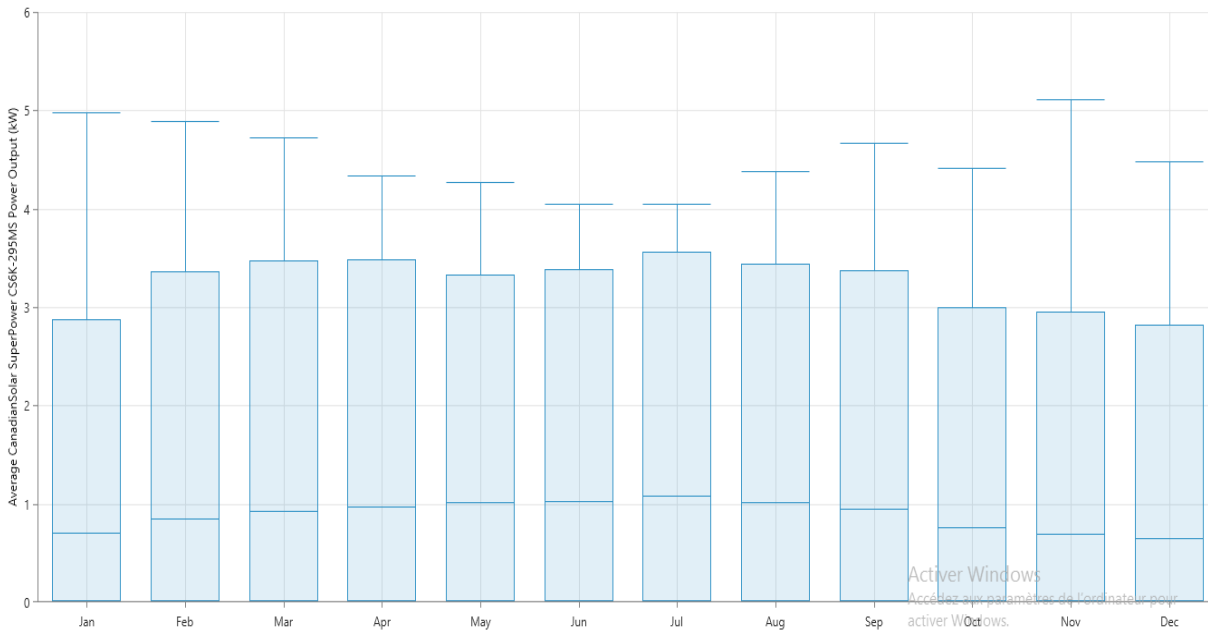


Figure 3.17 : Puissance de sortie moyenne mensuelle des panneaux photovoltaïques

La figure (3.17) représente la puissance de sortie moyenne mensuelle des panneaux photovoltaïques en kW, on remarque qu'il y a une petite différence de production durant l'année mais la moyenne journalière maximale prend la même valeur presque tous les mois.

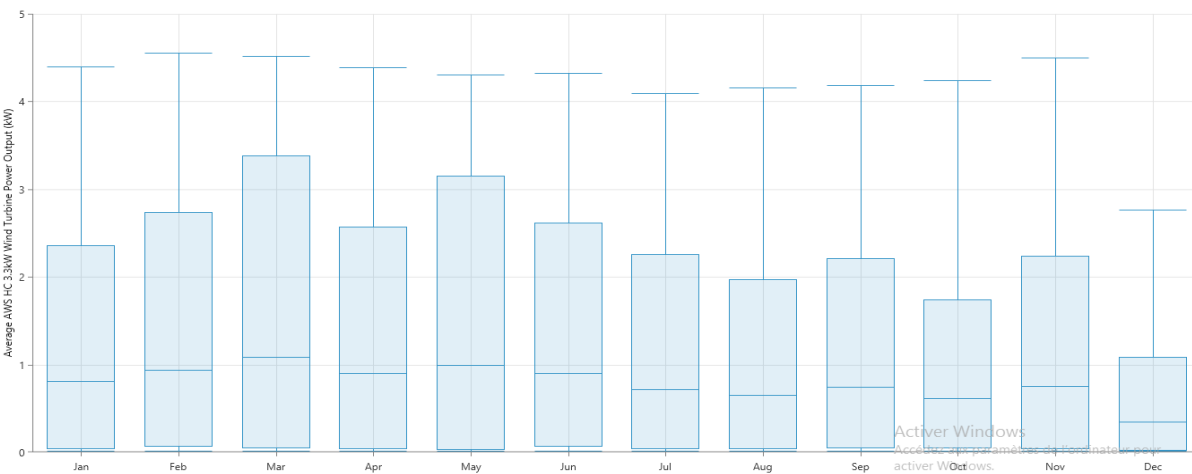


Figure 3.18 : Puissance de sortie moyenne mensuelle de la turbine

La figure (3.18) représente la puissance de sortie moyenne mensuelle d'éolienne en kW, La chose qui a retenu notre attention est la fluctuation de la production d'énergie et cela est dû à la fluctuation des vitesses du vent et aux changements de direction du vent. Cette énergie prend sa valeur maximale en mars et minimale en décembre, Cela explique pourquoi, dans les mois où la vitesse du vent diminue, nous avons recours davantage à l'énergie solaire.



Figure 3.19 : L'état des batteries dans différents mois de l'année.

La figure (3.19) représente la décharge des batteries dans différents mois de l'année, d'une manière générale, on note que la consommation d'énergie stockée n'était pas significative au cours de (mars, avril, mai) et que la valeur maximale de décharge était de 55%, cela est dû à la disponibilité de l'énergie solaire et les vitesses de vent importantes au cours de ces mois.

D'autre part, nous voyons que la consommation d'énergie stockée au cours des derniers mois de l'année était importante, et la valeur de la consommation a atteint 80% au cours du mois de décembre en raison la faible disponibilité d'élément du vent et du rayonnement solaire.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait notre étude en utilisant logiciel Homer Pro qui nous a permet de dimensionner notre système hybride et connaitre le choix idéal dans notre étude à l'aide des données climatiques de la région de Tébessa et les caractéristiques de ces déferents éléments aussi l'étude des valeurs de production d'énergie par le champ photovoltaïque et éolien et l'étude de la décharge des batteries durant l'année 2016.

CONCLUSIONS GENERALE ET PERSPECTIVES

Conclusion générale

Dans le présent travail nous avons étudié un système hybride (PV-éolienne) pour l'alimentation électrique d'une habitation de 54 m², typique Algérienne sous les conditions climatiques de la région de Tébessa. Le système photovoltaïque a été dimensionné en utilisant des modèles mathématiques et le système éolien en utilisant l'logiciel WAsP.

Pour le système hybride étudié (PV-Eolien) La simulation a été effectuée en utilisant l'logiciel le Homer Pro.

Les résultats obtenus montrent que l'énergie totale produite par le système est de l'ordre de **14 554 kW**, la moyenne de production est environ 1,7 kWh durant l'année. Dont 7711 kW proviennent de l'énergie solaire ,6843 kW de l'énergie éolienne et la valeur d'énergie stockée dans les batteries est de l'ordre de 716 kW.

Sachant que l'utilisation d'une éolienne de 3,3 kW uniquement n'est pas suffisante, le recours à l'autre source, en occurrence l'énergie solaire devient couteux surtout avec le stockage, (le cout des batteries de stockage est **3500** dollars). La combinaison des deux sources d'énergies (solaire et éolienne) est une opportunité intéressante pour l'optimisation du cout et l'augmentation du rendement du système, ce qui a été montré par les résultats obtenus dans cette étude.

Les besoins énergétiques de cette maison est déterminé en fonction de l'alimentation énergétiques des équipements électrique et l'éclairage des pièces de cette habitation. 05 panneaux photovoltaïques montés en un seul rangé d'une puissance unitaire de 295 W_c ont été dimensionnés avec 04 batteries de stockage type BAE SECURA de 12V/201Ah.

Concernant la partie éolienne durant les mois mars, avril et mai, le résultat obtenu montre que l'énergie moyenne produite est de l'ordre **4,40 kW** soit 50 % du besoin global de la maison étudiée, donc dans cette période de l'année nous pouvons minimiser le stockage et préserver nos Batteries.

L'autre période de l'année l'utilisation de l'énergie solaire est plus productive pour le système durant le reste des mois de l'année, à l'exception des mois de décembre, Janvier et février ou l'utilisation de l'énergie stockée par le système PV-Eolien devient impérative. L'utilisation de l'énergie stockée dans les batteries prend le maximum au mois décembre avec un pourcentage de 80% du besoin en énergie électrique.

En générale, Le résultat global de cette simulation montre que l'exploitation de notre système partie photovoltaïque était de 53% et 47% de l'autre source par conséquence notre système Hybride est favorable dans cette région.

CONCLUSIONS GENERALE ET PERSPECTIVES

En perspective, ce travail peut conduire à évoluer notre recherche dans les :

- Possibilité de réaliser ce système avec l'optimisation des consommations énergétiques dans d'autre région de l'Algérie ;
- Réalisation des systèmes similaire pour un quartier de plusieurs maisons ;
- Hybridation du ce système avec d'autre source, pour minimiser le cout et augmenter le rendement.

Référence :

- [1] WASSILAI GUERGAZIX DAHMOUN Volume 4, Issue 1, June 2021, Pages 46-68
- [2] PNER Programme National Des Energies Renouvelables en 2011 modifié en 2015
- [6] AYMENKADDOUR « Conception et mise en place d'un prototype d'une mini centrale Hybride mobile 13KVA » Mémoire de master université Hassan II Casablanca 2018
- [8] M.PETIBON STÉPHANE « Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques » thèse de DOCTORAT, 2009
- [10] HICHAM BAHTOUN « Etude des différents montages et défiants branchements des panneaux solaires » mémoire de master université Oum El Bouaghi 2014
- [11] ABEDELMALIK ZORIG « Modélisation et commande d'un système de production d'énergie photovoltaïque couplé au réseau triphasé » mémoire de master université de Msila 2011
- [12] ABEDELMALIK ZORIG « Modélisation et commande d'un système de production d'énergie photovoltaïque couplé au réseau triphasé » mémoire de master université de Msila 2011
- [14] ERRAHMANI AZIZA « Amélioration de l'efficacité des panneaux photovoltaïques par l'installation d'un système de refroidissement par l'eau des modules PV » mémoire de master université d'Adrar 2019
- [15] Centrales photovoltaïques Guide « Le dimensionnement et la réalisation de projets A l'usage des bureaux d'ingénieurs » ISBN 3-905232-26-X 1996, 252 pages N° de commande 724.243 f.
- [16] Un aperçu des dynamiques régionales par filière. « 3ième inventaire. Edition 2011 »
- [17] TIR ZOHEIR « Contribution à l'Etude d'un Aérogénérateur Asynchrone en Cascade » mémoire de magister Université Ferhat Abbas de Sétif, 2010.
- [18] L. CHANG, « Systèmes de conversion de l'énergie éolienne », Université du Nouveau-Brunswick, IEEE Canadien 2002.
- [19] BOGDAN,SB, SALAMEH, ZM « Methodology for optimally the combination of a battery bank and PV array in a wind/PV hybrid system ». IEEE transaction on Energies conversion

REFERENCES

- [20] BENYAHIA OUAHIBA « Analyse des performances d'éoliennes sur un Banc d'essai ; Simulation sous ANSYS et SolidWorks » mémoire de master université de Boumeras 2017.
- [21] J. MARTIN « Energies éoliennes » Techniques de l'ingénieur, traité de Génie énergétique, pp.B 8 585 1-B 585 21
- [22] J. MARTIN, « Technique de l'Ingénieur Energies Eoliennes », 1999.
- [23] NASR SARAH et MOUBAYED NAZIH « ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE ÉOLIENNE À AXE HORIZONTAL ET ÉOLIENNE À AXE VERTICAL » thèse de doctorat Université Libanaise 8 novembre 2011
- [24] A. EL KHADIMI ET ALL « Dimensionnement et Optimisation Technico-économique d'un Système d'Energie Hybride Photovoltaïque - Eolien avec Système de Stockage » Rev. Energ. Ren. Vol. 7 (2004) 73-83
- [25] KETTA LAHCEN « Amélioration des performances d'un système éolien par l'introduction d'une source solaire » thèse de master de l'université de Blida 2018
- [26] R. AL BADWAWI, ET ALL 'A Review of Hybrid Solar PV and Wind Energy System', Smart Science" Vol. 3, N°3, pp. 127 - 138, 2015
- [27] DRIS MIDA « Contribution à la Modélisation d'un Système de Production d'Energie Electrique Hybride Eolien – Photovoltaïque » thèse de doctorat de l'université de Biskra 2019
- [28] M. J. T. NKOUIMI « Outil d'aide au dimensionnement des systèmes photovoltaïques domestiques », Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé,
- [29] A. LABOURET, M. VILLOZ « Energie solaire photovoltaïque », 3eme édition, Edition Dunod 2005.
- [30] (PATRICK HOUÉE). Les éléments nécessaires à l'étude d'un système photovoltaïque non relié au réseau.
- [31] (Central PV guide)
- [32] (S. BOULMRHARJ and all 2018). Performance comparison and impact of weather conditions on different photovoltaic modules in two different cities
- [33] (M. L. LOUAZENE et all 2013) optimization of global solar radiation of tilt angle for solar panels, location: Ouargla, ALGERIA
- [34] (M. L. LOUAZENE et all 2013) optimization of global solar radiation of tilt angle for solar panels, location: Ouargla, ALGERIA
- [35] (MARUBENI PROTECHS CORPORATION BUR-076 Rev-1/20-July-12.). Etude d'un

systeme solaire photovoltaïque : cas de l'installation au c.h.u.k

- [36] (STI ELT doc/ B. Flèche-D.Delagnes /juin 07). Conception d'une interface LabVIEW dédiée à la caractérisation des générateurs photovoltaïques (2018/2019)
- [37] (PETERSEN ERIK LUNDTANG ET IB. TROEN) « Atlas Eolien Européen » Riso National Laboratory. Meteorology and Wind Energy Departement
- [38] ELODIE, F et MATHILDE , et al « Dimensionnement d'une Installation Eolienne et Modelisation Informatique dune Pale d'Eolienne» Rapport_P6-3_41 Institu Nationale des Sciences Appliquees de Rouen
- [39] Daaou Nedjari et al. « Optimal windy sites in Algeria: Potential and perspectives» CDER 2018
- [40] Cooney et al. «Performance characterization of a commercial scale wind turbine operating in an urban environment using real data» 2017

Liens utilisés

- [3] <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/>
- [4] <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie#:~:text=A%20travers%20ce%20programme%20d,de%202021%2C%20le%20solaire%20thermique>
- [5] http://www.energies-renouvelables.org/solaire_photovoltaique.asp
- [7] <https://www.quelleenergie.fr/questions/compose-panneau-photovoltaique-fonctionne>
- [9] <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaique>
- [13] https://www.doc-developpement-durable.org/file/Energie/Solaire_photovolta%3%AFque/Energie_solaire_photovoltaique.pdf