

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البليدة



UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE MÉCANIQUE



Mémoire de Master
Installation énergétique et turbomachine

Thème

Amélioration des performances d'un système éolien par l'introduction d'une Source solaire

Présenté par :

KETTAL AHCEN

Dirigé par

Dr. L. Aiche HAMANE

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017-

2018 *Remerciements*

A

Tous mes enseignants

J'ai eu l'honneur d'être parmi vos élèves et de bénéficier de votre riche enseignement. Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour moi un modèle. Votre gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité mon admiration.

A Mon Encadreur : Dr. Hamane

Votre compétence, votre encadrement ont toujours suscité mon profond respect. Je vous remercie pour votre accueil et vos conseils. Veuillez trouver ici, l'expression de mes gratitude et de ma grande estime. Veuillez recevoir mes remerciements pour le grand honneur que vous m'avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.

A Messieurs les jurys, vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail

Je dois un remerciement à tous les enseignants de l'université de notre institut pour leurs qualités scientifiques et pédagogiques.

Je tiens à remercier chaleureusement, tout mes proches et tout ceux qui, de près ou de loin, m'ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie cette thèse ...

A l'âme de mon père ; Qu' Allah lui ouvre les portes de Son Paradis

A ma mère, qu'Allah lui protège et accorde une longue vie en santé et bonheur

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder bonheur et paix.

A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail.

A toutes ma famille et tous mes amis et tous ceux qui me canaient.

Sommaire

Sommaire

Nomenclature

Liste de figure

Liste de tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre 1 généralité sur système hybride

1-1 Introduction4

1-2 Généralités sur les systèmes d'énergies hybrides4

1-3 Composants d'un système hybride (éolien – photovoltaïque)5

1-3.1 Système photovoltaïque5

1-3.2 Système éolien9

1-3.3 Les batteries12

1-3.4 Régulateur13

1-3.5 Onduleur13

1-4 Conclusion13

Chapitre 2 études théoriques et simulation du système éolien-photovoltaïque

2-1 Introduction14

2-2 étude du système photovoltaïque14

2-2.1 Rayonnement solaire14

2-2.2 Repérage d'un site sur la surface terrestre15

2-2.3 Energie reçue par un capteur photovoltaïque17

2-2.3.1 Estimation de l'énergie instantanée (ciel clair).....17

2-2.3.2 Estimation de l'énergie instantanée (ciel couvert).....17

2-2.3.3	Estimation de l'énergie journalière incidente	18
2-2.3.4	Estimation de l'énergie annuelle incidente	18
2-3	Etude du système éolienne	19
2-3.1	Critère de choix d'un potentiel éolien.....	19
2-3.1.1	Le vent	19
2-3.1.2	Gisement éolien en Algérie	19
2-3.1.3	La loi de distribution de weibull	20
2-3.1.4	La puissance moyenne annuelle fournit par aérogénérateur...	21
2.4	Description du logiciel Retscreen	21
2.4.1	Survol des différents logiciels	21
2.4.1.1	Logiciel pour les énergies renouvelables	21
2.4.1.2	Paramètres pour le choix des logiciels	22
2.4.1.3	Paramètres pour le choix des logiciels –Retscreen	24
2.4.2	Présentation de Retscreen	24
2.4.2.1	Principal caractéristiques	25
2.4.2.2	Interfaces	26
2.4.2.3	Code de couleur des cellules	28
2.4.2.4	Données à entrer	28
2.5	Conclusion	29
Chapitre 3 : Résultats et Discussion		
3.1	Introduction	30
3.2	Description des sites étudiés	30
3.2.1	Site Annaba	30
3.2.2	Site Bechar	32

3.3 Description de système hybride choisi	34
3.3.1 Système photovoltaïque	34
3.3.2 Système éolienne	34
3.4 Résultats et Discussion	34
3.4.1 Puissance électrique produite par le système photovoltaïque.....	34
3.4.2 Puissance électrique produite par le système éolien	38
3.5 Résultat et comparaison de simulation le système hybride par logiciel RetScreen.....	42
3-6 Conclusion	45
Conclusion général.....	46

Résumé

BIBLIOGRAPHIE

Nomenclature

T : température [K]

λ : longueur d'onde [nm]

δ : déclinaison du soleil [°]

H : l'angle horaire du soleil

h : hauteur du soleil [°]

a : azimut du soleil [°]

γ : hauteur de la normale du capteur [°]

α : Azimut du capteur [°]

E_G : énergie instantanée globale [W/m^2]

E_S : énergie instantanée direct [W/m^2]

E_D : énergie instantanée Diffus [W/m^2]

TRI : Taux de rendement interne [%]

TRIM : Taux de rendement interne modifié [%]

DZD : dinar Algérien

A : Ampère

j : jour

°C : degré celsius

ha : hectare

Hz : hertz

h : heure

J : joule

Kg : kilogramme

Km : kilomètre

KW : kilowatt

L : litre

MW : mégawatt

m : mètre

Pa : Pascal

K : kilo

M : méga

G : Giga

Liste de figure

Figure 1.1 schéma générale d'une installation hybride éolien-photovoltaïque avec système de stockage

Figure1-2: Structure basique d'une cellule solaire Figure1-2: Structure basique d'une cellule solaire

Figure 1-3 : Conversion de l'énergie cinétique du vent

Fig1-4 : configuration à axe horizontal

Figure 1.5 types d'éoliennes a axe verticale

Fig1-6: les composantes de l'aérogénérateur

Figure (2.1) : Schéma simplifié d'un système PV

Figure2.2: Interface Retscreen

Figure2.3 : Interface Retscreen Expert

Figure2.4 : Code de couleur des cellules Retscreen

Figure 3.1 : Rayonnement solaire horizontal et incline fonction du mois d'Annaba

Figure 3.2 : Vitesse du vent fonction du mois d'Annaba

Figure 3.3 : Rayonnement solaire horizontal et incline fonction du mois de Bechar

Figure 3.4 : Vitesse du vent fonction du mois de Bechar

Figure 3.5: électricité exportée par mois d'Annaba

Figure 3.6: Flux monétaires Annuels de Centrale électrique à Annaba (type pv)

Figure 3.7 : électricité exportée par mois de Bechar

Figure 3.8: Flux monétaires Annuels de central électrique à Bechar (type pv)

Figure 3.9 : Courbe de puissance par vitesse du vent à Annaba

Figure 3.10 : Courbe d'énergie par vitesse du vent à Annaba

Figure 3.11 : flux monétaires annuels de centrale électrique à Annaba (type éolien)

Figure 3.12 : Courbe de puissance par vitesse du vent à Bechar

Figure 3.13 : Courbe d'énergie par vitesse du vent à Bechar

Figure 3.14 : flux monétaires annuels à centrale électrique de Bechar (type éolien)

Figure 3.15 : flux monétaires annuels à centrale d'Annaba

Figure 3.16 : flux monétaires annuels à centrale de Bechar

Liste de tableaux

Tableau 3.1: Position géographique du site d'Annaba

Tableau 3.2 : les données climatiques d'Annaba

Tableau 3.3 : Position géographique de Bechar

Tableau 3.4 : les données climatiques de Bechar

Tableau 3.5 : la puissance électrique produit à Annaba (type pv)

Tableau 3.6: la puissance électrique produit à Bechar (type pv)

Tableau 3.7 : la puissance électrique produite à centrale d'Annaba (type éolien)

Tableau 3.8 : la puissance électrique produite à centrale de Bechar (type éolien)

Tableau 3.9 : la puissance électrique produite à centrale d'Annaba (type hybride)

Tableau 3.10 : la puissance électrique produite à centrale de Bechar (type hybride)

INTRODUCTION GENERALE

Le problème dans le monde entier est de répondre à la demande énergétique qui augmente sans cesse. L'augmentation rapide de l'activité industrielle dans les pays développés et l'investissement des entreprises dans les pays qui assurent un coût de production moins élevé a accru très rapidement la demande mondiale d'énergie. Cette augmentation se traduit, en réalité, avec la croissance du prix du carburant qui représente la source la plus importante de l'énergie. La réserve mondiale du pétrole diminue de plus en plus et il n'y aura pas assez de pétrole pour couvrir la demande. L'énergie nucléaire n'est pas disponible pour tout le monde pour des raisons politiques ou financières, son installation coûte cher comme elle peut être dangereuse au niveau écologique. L'utilisation des ressources conventionnelles est alors limitée et n'est pas encouragée pour des raisons liées à l'environnement. Le recours à d'autres types de ressources d'énergie dites renouvelables est donc inévitable et devient plus qu'une nécessité pour le progrès de l'humanité.

En particulier, parmi toutes les ressources renouvelables possibles (biomasse, soleil, vent, houle, etc.). Le vent est une source d'énergie libre, propre, et inépuisable. Il a servi l'humanité bien pendant beaucoup de siècles en propulsant des bateaux et en conduisant les moulins à vent pour broyer les grains et de pomper de l'eau. Le Danemark était le premier pays qui a servi de la puissance du vent pour la génération de l'électricité. Les Danois utilisaient une turbine de vent de diamètre de 23m en 1890 pour produire de l'électricité. A partir des années 1910, plusieurs centaines d'unités des capacités de 5 à 25 kilowatts étaient en fonction au Danemark.

L'énergie éolienne devient de plus en plus une source significative d'énergie, elle est aujourd'hui l'énergie la plus accessible en termes de technologie et de coûts et est appelée à prendre une place très importante parmi toutes les énergies exploitables par l'humanité.

Depuis quelques années, la production électrique éolienne est en plein développement industriel. Elle présente en effet de nombreux atouts : c'est tout d'abord une énergie renouvelable non polluante qui contribue à une meilleure qualité de l'air et à la lutte contre l'effet de serre. C'est aussi une énergie qui utilise les ressources nationales et concourt donc à l'indépendance énergétique et à la sécurité des approvisionnements. Enfin, le démantèlement des installations et la gestion des déchets générés pourront se faire sans difficultés majeures et les sites d'implantation pourront être réutilisés pour d'autres usages.

Des difficultés existent malgré tout : la gestion technique de la production sur le réseau électrique, certains impacts environnementaux (avifaune, paysage, bruit) et l'aménagement du territoire. Dans ce guide, nous abordons les différents aspects de la production électrique éolienne.

Classée parmi les énergies renouvelables, l'énergie solaire correspond à la lumière et à la chaleur transmise par le Soleil. Propre et virtuellement intarissable à l'échelle humaine, elle est souvent considérée comme l'énergie de l'avenir.

Même s'il ne permet pas encore de remplacer les autres sources d'énergie, la solaire offre la possibilité de réduire de façon significative l'utilisation des combustibles fossiles, participant ainsi à la transition énergétique.

Face à la nécessité de limiter les gaz à effet de serre et à l'augmentation des prix du charbon, du pétrole et du gaz naturel, l'énergie solaire constitue un axe de développement privilégié. En effet, la perspective de réduire ses dépenses de chauffage et d'assurer une certaine indépendance énergétique est intéressante. Surtout si on contribue par la même occasion à préserver l'environnement

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.

La combinaison de plusieurs sources d'énergies renouvelables permet d'optimiser au maximum les systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vue technique qu'économique.

Les systèmes hybrides combinent plusieurs sources d'énergies renouvelables et parfois non renouvelables dans le but d'optimiser à la fois techniquement et économiquement des systèmes de production électrique. On peut imaginer plusieurs combinaisons de systèmes hybrides avec de l'éolien, du photovoltaïque, de l'hydraulique et du diesel en site relié au réseau ou site isolé.

Il existe plusieurs combinaisons de systèmes hybrides, à savoir : éolien-diesel, photovoltaïque-diesel, et éolien- photovoltaïque-diesel, et éolien-photovoltaïque. Ces mêmes sources d'énergies peuvent être combinées avec d'autres sources telles que l'énergie hydrauliques. Les méthodes d'évaluation des systèmes hybrides éolien/photovoltaïque autonomes et leurs avantages se sont beaucoup développées ces dernières années. L'optimisation de l'énergie éolienne et photovoltaïque avec un stockage électrochimique (il existe d'autre solution de stockage notamment l'utilisation de l'hydrogène qui donne une autonomie beaucoup plus importante que celles des batteries d'accumulateurs), avec ou sans apport de diesel, dépend beaucoup des modèles économiques de chaque système pris séparément (éolien et photovoltaïque).

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.

Minimiser le coût du stockage et optimiser sa capacité est la raison essentielle de la combinaison des systèmes éolien et photovoltaïque.

Ce travail a pour objectif de faire le dimensionnement d'un système hybride éolien-photovoltaïque afin d'augmenter les performances du système à énergie renouvelable.

Deux sites ont été sélectionnés pour l'étude Annaba et Béchar.

Dans le premier chapitre on présente les généralités sur les systèmes hybrides et plus particulièrement le système photovoltaïque-éolien.

Le second chapitre est dédié à l'étude théorique de système éolien-photovoltaïque.

Enfin dans le troisième chapitre, une présentation du logiciel Retscreen est faite et les résultats de la simulation de notre système sont présentés.

CHAPITRE 1

Généralité sur système hybride

1.1. Introduction :

La combinaison de plusieurs sources d'énergies renouvelables permet d'optimiser au maximum les systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vue technique qu'économique.

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.

Minimiser le coût du stockage et optimiser sa capacité est la raison essentielle de la combinaison des systèmes éolien et photovoltaïque.

1.2. Généralités sur les systèmes d'énergie hybrides :

Le terme « Système d'Energie Hybride » fait référence aux systèmes de génération d'énergie électrique multi-sources. Il s'agit de systèmes complexes associant différentes sources renouvelables ou bien combinées avec des sources conventionnelles (générateur diesel...), différents éléments de stockage et différentes charges. Ils permettent la compensation du caractère intermittent des sources renouvelables et offrent un rendement énergétique global plus élevé.

Le système hybride de production de l'énergie dans sa vue la plus générale, est celui qui combine et exploite plusieurs sources disponibles facilement mobilisables. Le système qui nous intéresse regroupe deux parties pour la production de l'énergie.

Les systèmes d'énergie hybrides peuvent être connectée aux réseaux électriques ou autonomes, pour le premier cas La production énergétique hybride est alors centralisée et mise en réseau entre plusieurs sites de production et de consommation. La connexion des sources hybrides aux réseaux électriques doit respecter certaines normes qui ne sont pas forcément spécifiques au domaine d'énergies renouvelables.

Dans les sites isolés où le réseau n'existe pas, il est donc pratique et dans la majorité des cas nécessaire que le système hybride possède une autonomie totale. Il est donc impératif d'associer un élément de stockage de type accumulateur électrochimique ou hydrogène au système dans la mesure où la consommation et la production sont fortement découplées.

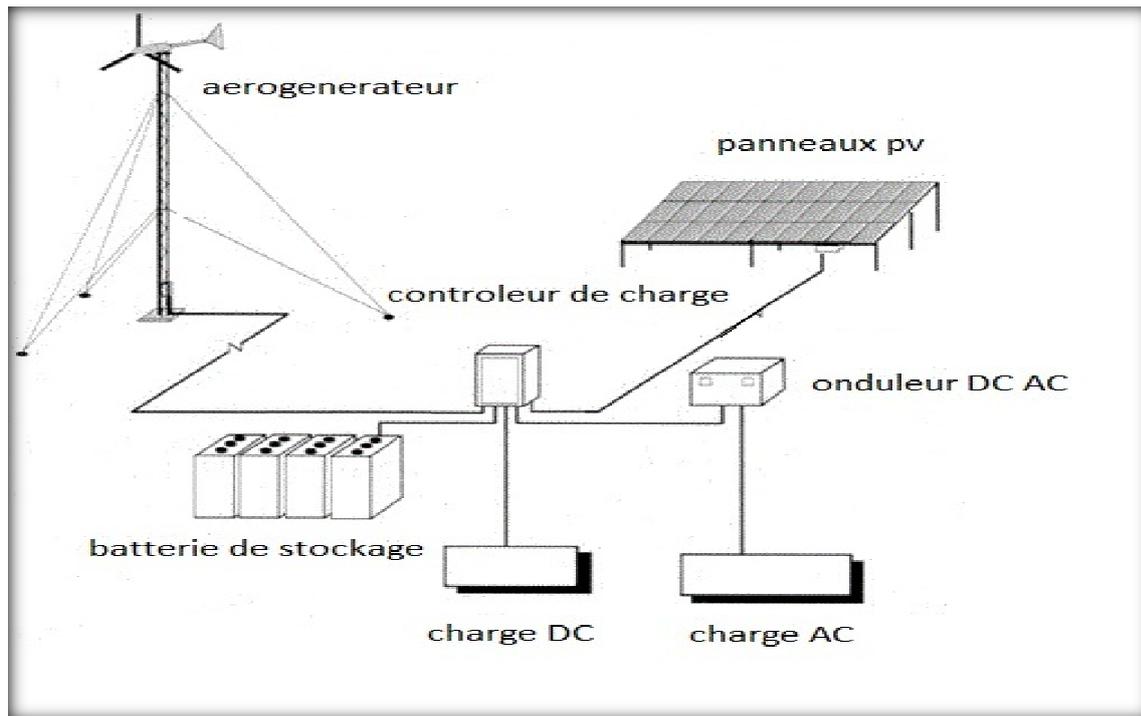


Figure 1.1 schéma générale d'une installation hybride éolien-photovoltaïque avec système de stockage

1.3. Composants d'un système hybride (éolien- photovoltaïque) :

1.3.1. Système photovoltaïque :

Le système photovoltaïque convertit le rayonnement solaire en électricité. Il est composé de :

- Cellule photovoltaïque.
- modules ou panneaux photovoltaïque.

1.3.1.1) La Cellule photovoltaïque:[1]

La cellule PV est le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs et transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Les cellules photovoltaïques sont constituées :

- D'une fine couche semi-conductrice (matériau possédant une bande interdite, qui joue le rôle de barrière d'énergie que les électrons ne peuvent franchir sans une excitation extérieure, et dont il est possible de faire varier les propriétés électroniques) tel que le silicium, qui est un matériau présentant une conductivité électrique relativement bonne.
- d'une couche antireflet permettant une pénétration maximale des rayons solaires.

- d'une grille conductrice sur le dessus ou cathode et d'un métal conducteur sur le dessous ou anode.

- les plus récentes possèdent même une nouvelle combinaison de multicouches réfléchissants justes en dessous du semi-conducteur, permettant à la lumière de rebondir plus longtemps dans celui-ci pour améliorer le rendement.

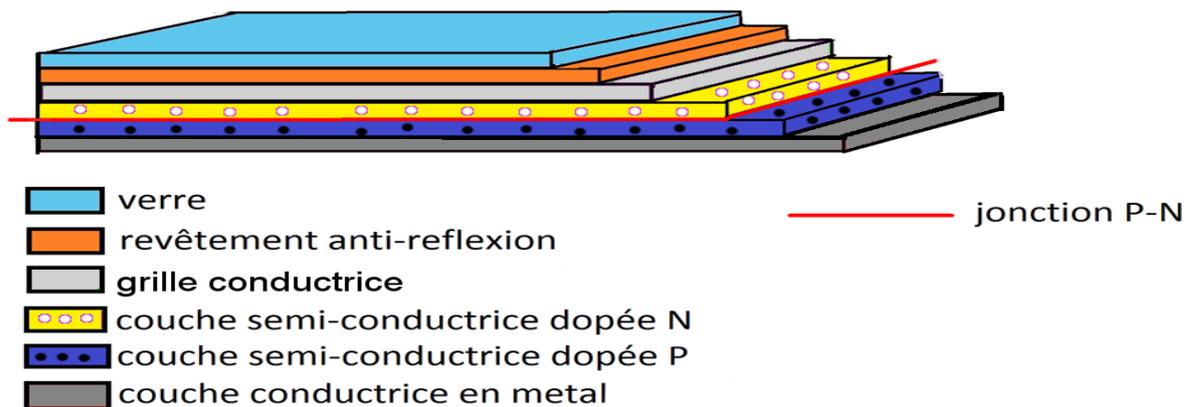


Figure 1-2: Structure basique d'une cellule solaire

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière.

a) Les différents types de cellules solaires :

Les types des cellules solaires se divisent en deux grandes familles :

* La cellule cristalline (qu'il soit mono ou poly) :

Est une technologie éprouvée et robuste (espérance de vie : 30 ans), dont le rendement est de l'ordre de 13 %. Ces cellules sont adaptées à des puissances de quelques centaines de watts à quelques dizaines de kilowatts.

- La cellule monocristalline :

Sont des cellules qui s'approche le plus du modèle théorique, elle est effectivement composée d'un seul cristal divisé en deux couches.

Elles ont le meilleur rendement (de 12 à 18% voir jusqu'à 24% en laboratoire)

Cependant, elles coûtent trop chères dues à leur fabrication complexe.

- La cellule poly-cristalline :

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, leurs rendements est de 11% à 15% voir jusqu'à 20% en labo.

*** La cellule amorphe :**

Les coûts de fabrication sont sensiblement meilleur marchés que ceux du silicium cristallin. Les cellules amorphes sont utilisées partout où une alternative économique est recherchée, ou, quand très peu d'électricité est nécessaire (par exemple, alimentation des montres, calculatrices, luminaires de secours). Elles sont également souvent utilisées là où un fort échauffement des modules est à prévoir. Cependant, le rendement est de plus de 2 fois inférieur à celui du silicium cristallin et nécessite donc plus de surface pour la même puissance installée. Les cellules en silicium amorphe sont actuellement de moins en moins utilisées.

L'avantage de ce dernier type est le fonctionnent avec un éclairement faible (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment).

1.3.1.2) LE MODULE PHOTOVOLTAÏQUE :[2-3]

Les puissances demandées par les charges couramment utilisées nécessitent conjointement des tensions supérieures à ceux que peuvent fournir les cellules élémentaires, il faut donc envisager des groupements .Pour cela les cellules sont assemblées pour former un module .Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la même tension. Un module photovoltaïque se compose généralement d'un circuit de 36 cellules en série, protégées de l'humidité par un capsulage de verre et de plastique. L'ensemble est ensuite muni d'un cadre et d'une boîte de jonction électrique.

➤ **Caractéristiques d'un module :[4]**

***La puissance crête PC :** puissance électrique maximum que peut fournir le module dans la condition standard (25°C et un éclairement de 1000W/m²).

*** Rendement maximal :** rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.

*** Tension à vide V_{co} :** tension au bornes du module en absence de tout courant, pour un éclairement «plein soleil ».

*** La caractéristique I (V) :** courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui –ci.

*** Courant de court circuit I_{cc} :** courant débité par un module en court circuit pour un éclairement «plein soleil ».

* **Point de fonctionnement optimum (U_m, I_m)** : lorsque la puissance de crête est maximum en « plein soleil », $P_m = U_m \cdot I_m$.

* **Facteur de forme** : rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance de radiation incidente.

1.3.1.3) LE PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE :

Afin d'obtenir des puissances de quelques KW à quelques MW, sous une tension convenable, il est nécessaire d'associer les modules en série (augmenté la tension) et en parallèle (augmenté le courant) pour former un panneau (ou champ PV).

La quantité d'électricité dans l'ensemble des composants du panneau PV dépend :

- Des besoins en électricité.
- De la taille du panneau.
- De l'ensoleillement du lieu d'utilisateur.
- De la saison d'utilisateur.

1.3.1.4) Avantages et inconvénients d'une installation PV :

a) **Avantage : [3]**

- **Son carburant est gratuit** : Le soleil est la seule ressource dont a besoin un panneau solaire. Et le soleil brillera jusqu'à la fin des temps. De plus, la plupart des cellules photovoltaïques sont fabriquées à base de silicium, un matériau abondant et non toxique (second matériau le plus abondant sur Terre).

- **L'énergie solaire photovoltaïque ne génère ni bruit, ni émissions nocives, ni gaz polluants** : L'électricité solaire utilise seulement l'énergie du soleil comme carburant. Elle ne crée aucun co-produit nocif et contribue activement à réduire le réchauffement climatique.

- **Les systèmes photovoltaïques sont très sûrs et d'une grande fiabilité** :

L'espérance de vie d'un module solaire est d'environ 30 ans. La performance des cellules photovoltaïques est généralement garantie par les fabricants pour une durée de 20 à 25 ans. Le photovoltaïque est donc une technologie fiable sur le long terme. De plus, la fiabilité des produits est garantie aux consommateurs.

- **Les modules photovoltaïques sont recyclables et les matériaux utilisés pour leur production (silicium, verre, aluminium, etc.) peuvent être réutilisés** : Le recyclage n'est pas seulement bénéfique pour l'environnement, il contribue également à réduire l'énergie nécessaire pour produire ces matériaux et ainsi à réduire leur coût de fabrication.

- **L'énergie solaire photovoltaïque exige peu de maintenance** : Les modules solaires ne nécessitent pratiquement aucune maintenance et sont faciles à installer.

- **L'énergie solaire photovoltaïque fournit de l'électricité aux zones rurales les plus isolées** : Les systèmes photovoltaïques apportent une valeur ajoutée aux zones rurales (en particulier dans les pays en développement où il n'y a pas de réseau électrique disponible).
- **L'énergie solaire photovoltaïque peut être intégrée de manière esthétique dans les bâtiments** : Les modules solaires peuvent couvrir toits et façades, contribuant ainsi à l'autonomie énergétique des bâtiments. Ils sont silencieux et peuvent être intégrés de manière très esthétique.
- **L'énergie solaire captée par la terre pendant une heure pourrait suffire à la Consommation mondiale pendant une année** : Au total, ce rayonnement représente 1.6 milliards de TWh, soit huit mille fois la consommation énergétique annuelle mondiale

b) Inconvénients :

- Le développement du photovoltaïque est rapide, mais représente encore peu de chose dans le bilan énergétique mondial.
- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible (la limite théorique pour une cellule au silicium cristallin est de 28%).
- Tributaire des conditions météorologiques.

1.3.2. Système éolien :

L'éolienne est un dispositif destiné à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique (le vent fait tourner les pales du dispositif), elles sont généralement utilisés pour produire de l'électricité et entre dans la catégorie des énergies renouvelables.

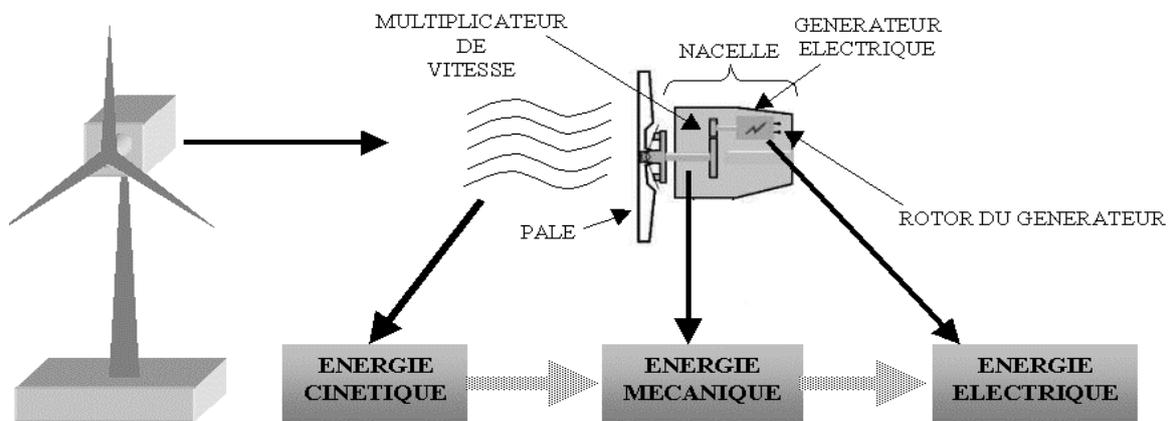


Figure 1-3 : Conversion de l'énergie cinétique du vent

1.3.2.1. Les différents types d'éoliennes :

Les éoliennes se divisent en deux grandes familles : celles à axe vertical et celles à axe horizontal :[5]

1.3.2) Les éoliennes à axe horizontal :

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

* 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 des 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.

Sur base la du nombre de pales que compte l'hélice, on peut distinguer deux groupes :

- **Les éoliennes à rotation lente "multiples" :**

Elles sont, depuis longtemps, relativement répandues dans les campagnes ; et servent quasi exclusivement au pompage de l'eau.

- **Aérogénérateurs :**

Les éoliennes à rotation rapide, bi- ou tripales en général, constituent actuellement la catégorie des éoliennes en vogue, et sont essentiellement affectées à la production d'électricité, d'où leur nom le plus courant "d'aérogénérateurs".

Parmi les machines à axe horizontal parallèle à la direction du vent, il faut encor différencier l'aérogénérateur dont l'hélice est en amont de machine par rapport au vent « hélice au vent » et celle dont l'hélice est en aval de la machine par rapport au vent « hélice sous le vent ».

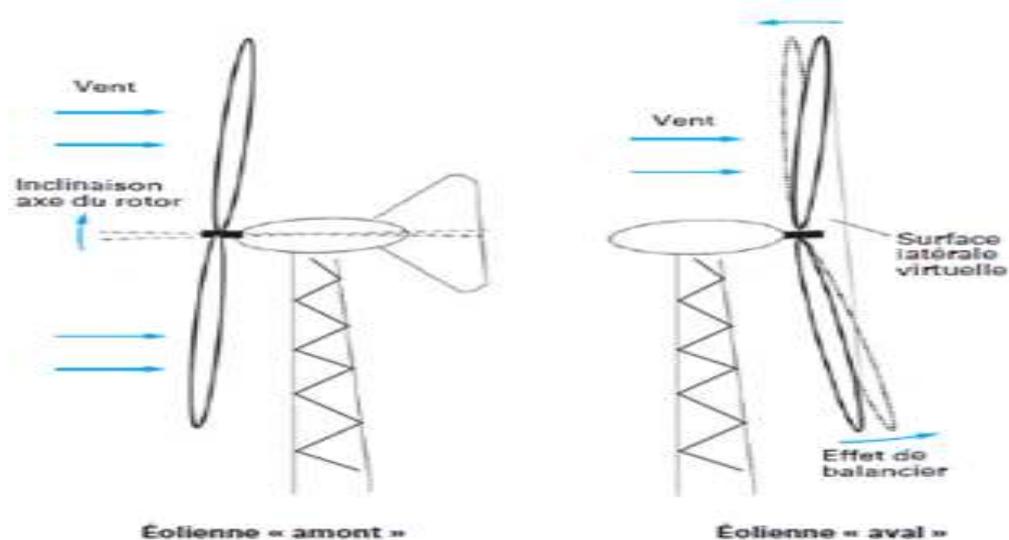


Fig1-4 : configuration à axe horizontal

1.3.1.3) Les éoliennes à axe vertical :

Pour ces capteurs, l'axe de rotation est vertical et perpendiculaire à la direction du vent, et sont les premières structures développées pour produire de l'électricité. Elles possèdent l'avantage d'avoir les organes de commande et le générateur au niveau du sol, donc elles sont facilement accessibles.

Elles sont adaptées à tous les vents et ne nécessitent pas de dispositif d'orientation.

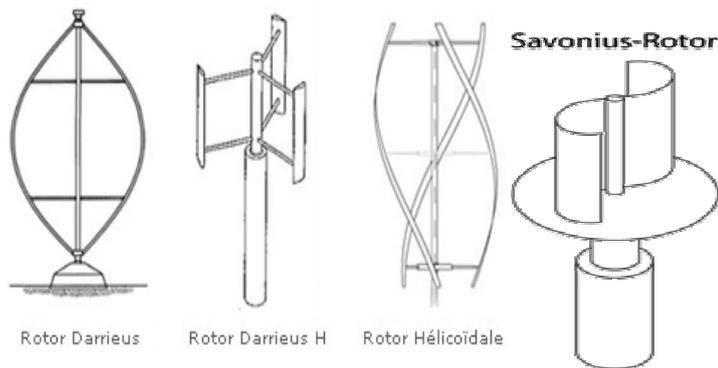


Figure 1.5 types d'éoliennes à axe verticale

1.3.2.3 Composants d'un système éolien :[6]

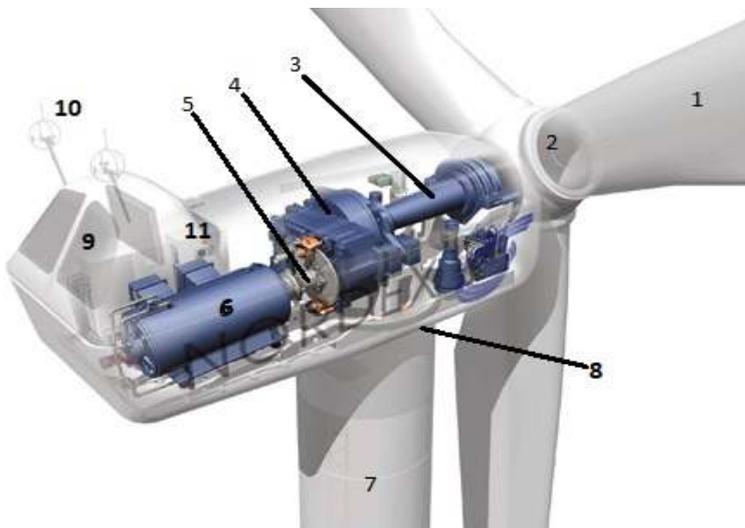


Fig1-6: les composantes de l'aérogénérateur

1. **Les pales** : sont les capteurs de l'énergie cinétique qui transmettent l'énergie au rotor.
2. **Le moyeu** : il est pourvu d'un système qui permet d'orienter les pales pour réguler la vitesse de rotation.

3. **L'arbre primaire (ou arbre lent) :** relie les pales au multiplicateur.
4. **Le multiplicateur :** il permet de réduire le couple et d'augmenter la vitesse. C'est l'intermédiaire entre l'arbre primaire et l'arbre secondaire.
5. **L'arbre secondaire :** il amène l'énergie mécanique à la génératrice. Il est équipé d'un frein à disque mécanique qui limite la vitesse de l'arbre en cas de vents violents.
6. **Le générateur électrique :** il assure la production électrique. Sa puissance peut atteindre jusqu'à 5 MW. Il peut-être une dynamo (produit du courant continu) ou un alternateur (produit du courant alternatif). L'alternateur est le plus utilisé pour des raisons de coût et de rendement.
7. **Le mât :** c'est un tube en acier, pilier de toute l'infrastructure. Sa hauteur est importante : plus elle augmente, plus la vitesse du vent augmente mais en même temps le coût de la structure augmente. En général, le mat a une taille légèrement supérieure au diamètre des pales.
8. **Le système d'orientation de la nacelle :** c'est une couronne dentée équipée d'un moteur qui permet d'orienter l'éolienne et de la verrouiller dans l'axe du vent grâce à un frein.
9. **Le système de refroidissement :** il est à air, à eau ou à huile et destiné au multiplicateur et à la génératrice.
10. **Les outils de mesure du vent :** girouette pour la direction et anémomètres pour la vitesse. Les données sont transmises à l'informatique de commande.
11. **Le système de contrôle électronique :** il gère le fonctionnement général de l'éolienne et de son mécanisme d'orientation.
12. Au pied du mât se trouve un transformateur.

I.3.2.4. Avantages et inconvénients de l'énergie éolienne :

a) Avantage :

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable contrairement aux énergies fossiles .c'est une énergie propre qui n'a aucun impact néfaste sur l'environnement, Elle constitue un bon complément du système photovoltaïque et elle est bien adapté pour les sites isolés ventés.

b) Inconvénients :

- *La sécurité : le mât doit être robuste et l'éolienne bien fixée pour éviter les accidents. Dans les régions froides, la glace peut s'accumuler sur les pales des éoliennes, causer de fortes vibrations et être projetée à grande distance.
- * Voisinage : avant de faire l'acquisition d'un système éolien il faut prendre en compte l'aspect esthétique et le bruit qui peut déranger le voisinage.

* Interférences électromagnétiques : les systèmes éoliens produisent parfois des interférences électromagnétiques qui compromettent la réception des programmes radiophoniques ou de télévision.

I.3.3. Les batteries :

Le stockage d'énergie est un facteur clé dans un système d'énergie hybride en site isolé étant donné le caractère aléatoire et variable dans le temps des énergies renouvelables.

I.3.4. Régulateur :

Le rôle du régulateur est d'assurer et régulé la charge des batteries. Il optimise la puissance des panneaux et des éoliennes et empêche les décharges/surcharges profondes.

I.3.5. Onduleur :

L'onduleur convertit le courant direct à faible tension produit par les panneaux Photovoltaïque ou les batteries en courant alternatif standard utilisable.

I.4. Conclusion :

Dans ce chapitre Une brève description des systèmes d'énergie hybride a été présenté Les principales notions liées a la technologie utilisé dans les systèmes a énergies hybrides Ont été données, ainsi que les avantages et les inconvénients de ces systèmes.

CHAPITRE 2

Etudes théoriques et simulation du système éolien-photovoltaïque

2.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons introduire les modèles théorique qui définissent se chaque composant du système hybride ainsi que les modèles de calcul du rayonnement solaire, et du potentiel éolien.

2.2.étude du Système photovoltaïque :

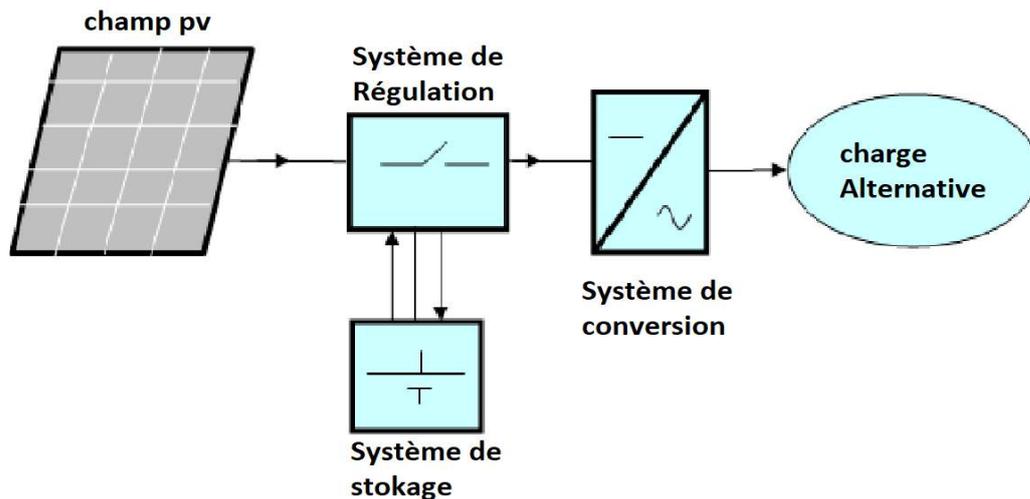


Figure (2.1) : Schéma simplifié d'un système PV

2.2.1. Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil.

Il est composé de toute la gamme des rayonnements, de l'ultraviolet lointain comme les rayons gamma aux ondes radio en passant par la lumière visible. Le rayonnement solaire contient aussi des rayons cosmiques de particules animées d'une vitesse et d'une énergie extrêmement élevées.[7]

Est constitué de trois composantes principales :

- **Rayonnement direct** : Flux solaire sous forme de rayons parallèles provenant de disque soleil sans avoir été dispersé par l'atmosphère.
- **Rayonnement diffus** : C'est la partie du rayonnement provenant du soleil, ayant subi multiples réflexions (dispersions), dans l'atmosphère.
- **Rayonnement réfléchi** : C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (nuage, sable...). Il se caractérise par un coefficient propre de la nature de lieu appelé Albédo.

2.2.2. Repérage d'un site sur la surface terrestre :

Pour repérer un site donné S sur la surface terrestre on définit deux grandeurs :

***la latitude du lieu ϕ** : qui représente la distance angulaire du site S par rapport au plan de l'équateur ϕ varie entre -90° et $+90^\circ$ tel que [$\phi > 0$ vers le Nord et $\phi < 0$ vers le sud].

***la longitude du lieu λ** : c'est l'angle que fait le méridien de Greenwich avec la projection du méridien de lieu sur le plan équatorial.

2.2.2.1) Coordonnées du soleil :[2]

Pour bien définir les coordonnées du soleil, il convient de spécifier un certain nombre de direction de référence, ou elle varie à chaque instant de la journée de deux manières, par deux systèmes de coordonnées différent :

- **Par rapport au plan équatorial de la terre :**

- ***La déclinaison du soleil δ** :

La direction du soleil est repérée par rapport au plan équatorial de la terre grâce à un angle δ appelée déclinaison du soleil. Le mouvement du soleil se manifeste par une variation de δ entre deux valeurs extrêmes $+\delta$ et $-\delta$ par rapport à l'équateur terrestre, (21 décembre $\delta = -23.45^\circ$, 21 juin $\delta = +23.45^\circ$, 21 mars et 21 septembre $\delta = 0$)

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} * (284 + J) \right]$$

J : le nombre de jours de l'année (1 à 365)

- ***L'angle horaire du soleil H :**

$$H = 15^\circ (\text{TSV} - 12)$$

TSV : temps solaire vrai.

- **Par rapport au plan horizontal du lieu :**

- * **La hauteur du soleil h :**

C'est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection sur le plan horizontal. La hauteur du soleil varie à chaque instant de la journée et de l'année selon la relation suivante :

$$\sin h = \cos W \cos \delta \cos \phi + \sin \delta \sin \phi$$

h varie entre 0° et 180°

$h = 0^\circ$ lever

$h = 180^\circ$ coucher

* Azimut du soleil a :

C'est l'angle que fait la projection de la direction du soleil avec la direction du sud. L'azimut du soleil varie à chaque instant de la journée selon la relation suivante :

$$\sin a = (\cos \delta \sin W) / \cos h$$

a : varie entre -180° et $+180^\circ$

2.2.2.2) Coordonnées du capteur : [9]

Un capteur quelconque R est défini par deux angles (γ , α) en coordonnées horizontales

* La hauteur de la normale du capteur γ :

C'est l'angle que fait la normale du capteur et sa projection sur le plan horizontal

$$\gamma \text{ varie entre } -90^\circ \text{ et } +90^\circ \left\{ \begin{array}{l} \gamma > 0 \quad \text{plan tourné vers le haut} \\ \gamma < 0 \quad \text{plan tourné vers le bas} \\ \gamma = +90 \quad \text{plan horizontal tourné vers le haut} \\ \gamma = -90 \quad \text{plan horizontal tourné vers le bas} \\ \gamma = 0 \quad \text{plan vertical} \end{array} \right.$$

* Azimut du capteur α :

C'est l'angle que fait la projection de la normale sur le plan horizontal et la direction du sud.

$$\alpha \text{ Varie entre } -180^\circ \text{ et } +180^\circ \left\{ \begin{array}{l} \alpha > 0 \quad \text{vers l'ouest} \\ \alpha < 0 \quad \text{vers l'est} \\ \alpha = 0 \quad \text{plan sud} \\ \alpha = -90 \quad \text{plan Est orienté vers l'est} \\ \alpha = +90 \quad \text{plan ouest orienté vers l'ouest} \\ \alpha = 180 \quad \text{plan Nord orienté vers Nord} \end{array} \right.$$

2.2.2.3) Angle d'incidence sur un capteur plan :

Par définition, l'angle d'incidence i est l'angle de la direction du soleil avec la normale au plan.

$$\cos(i) = \cos(\alpha - a) \cos(\gamma) \cos(h) + \sin(\gamma) \sin(h)$$

2.2.3. ENERGIE REÇUE PAR UN CAPTEUR PHOTOVOLTAÏQUE :

le rayonnement solaire globale (G) reçue par un capteur incliné de β par rapport à un plans horizontal est composée de deux rayonnement, direct(S) et diffus(D) . Ses rayonnements varient aléatoirement en fonction de la hauteur du soleil, l'angle d'incidence, des intempéries de l'état de visibilité de l'atmosphère.

2.2.3.1. Estimation de l'énergie instantanée (ciel clair) : [10]

Les puissances du rayonnement direct E_S , diffus E_D et global E_G reçues par un capteur (α, γ) incliné de β par rapport au plan horizontal sont données par les relations suivantes :

$$E_S = A \cos(i) e^{-1/(B \sin(h+2))}$$

$$E_D = \left[\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right] D_H + \left[\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right] a^* G_H \quad \text{Avec } D_H = A' (\sin(h))^{0.4} ; G_H = A'' (\sin(h))^{B'}$$

$$E_G = E_S + E_D$$

$$[E_S] = [E_D] = [E_G] = W/m^2$$

DH : éclairement diffus reçu par une surface horizontale.

GH : éclairement global reçu par une surface horizontale.

a^* : l'albédo du sol (coefficient de réflexion du sol).

$$a^* \begin{cases} 0,9 \text{ à } 0,8 \text{ neige} \\ 0,8 \text{ à } 0,4 \text{ sol clair,} \\ 0,4 \text{ à } 0,2 \text{ verdure} \end{cases}$$

2.2.3.2. Estimation de l'énergie instantanée (ciel couvert) : [10]

Le ciel couvert est un ciel gris totalement rempli de couche nuageuse, plus ou moins denses optiquement, mais au travers desquelles il n'est pas possible de distinguer le disque solaire, dans ces conditions le rayonnement direct est inexistant et le rayonnement global ne se compose que de rayonnement diffus.

Si la couverture nuageuse est homogène on peut considérer que le rayonnement diffus du ciel est isotrope de même que le rayonnement diffus du sol.

Le rayonnement global par le ciel couvert est :

$$E_G' = E_D' = K E_G (1 + 0.3 \sin(h))$$

Avec :

$K=0.6$ pour le ciel bleu foncée.

$K=0.3$ pour le ciel bleu clair.

$K=0.15$ pour le ciel bleu laiteux.

2.2.3.3. Estimation de l'énergie journalière incidente :[11]

L'énergie journalière reçue par un capteur plan quelconque dépend en générale de la latitude des couches atmosphériques et des conditions météorologique est donnée par :

$$E_{js} = \frac{1}{k} \Delta T \sum_k ES$$

$$E_{jD} = \frac{1}{k} \Delta T \sum_k ED$$

$$E_{jG} = \frac{1}{k} \Delta T \sum_k EG$$

E : l'énergie instantanée (directe, diffus, globale) incidente sur le capteur.

K : le nombre d'intervalle entre le lever et le coucher sur le capteur.

ΔT : la différence entre le temps du lever et du coucher sur le capteur.

EJ : l'énergie journalière (directe, diffuse ou globale) incidente sur le capteur.

2.2.3.4. Estimation de l'énergie annuelle incidente :[11]

L'énergie annuelle reçue par un capteur d'orientation quelconque est déterminée par un programme de simulation en faisant la somme des énergies journalières :

$$E_{as} = \sum_1^N E_{js}$$

$$E_{aD} = \sum_1^N E_{jD}$$

$$E_{aG} = \sum_1^N E_{jG}$$

Ea : l'énergie annuelle (directe, diffuse ou globale) incidente sur le capteur.

2.3.étude du Système éolien :

2.3.1. Critère de choix d'un potentiel éolien :

Chapitre 2 : Etude théorique et simulation du système éolien-photovoltaïque

L'énergie cinétique de vent constitue une ressource énergétique inépuisable mais fluctuante. Pour toute installation d'une éolienne dans un endroit, il faut d'abord faire une étude des caractéristiques des sites :

*Quantifier la ressource éolienne sur les sites d'application.

*Estimer la puissance moyenne annuelle disponible sur ces sites.

2.3.1.1. Le vent :[12]

Le vent est généralement appliqué aux déplacements naturels horizontaux de l'atmosphère (mouvement d'air). Les mouvements de direction verticale sont appelés des courants. Les vents sont produits par les différences de pressions atmosphériques engendrées principalement par les gradients de température. Les variations de la distribution des pressions et des températures sont dues essentiellement à une distribution inégale de l'énergie solaire sur la surface de la terre, et aux différences des propriétés thermiques des surfaces des continents et des océans. Quand les températures de régions voisines deviennent inégales, l'air le plus chaud tend à s'écouler par dessus l'air le plus froid (le plus lourd). La direction des vents générés de cette façon est généralement grandement modifiée par la force de Coriolis résultant de la rotation de la terre.

2.3.1.2. Gisement éolien en Algérie :[13]

En ce qui concerne l'Algérie, la ressource éolienne varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et climat très diversifié. En effet, notre vaste pays se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes. Le nord méditerranéen est caractérisé par un littoral de 1200Km et un relief montagneux, représenté par deux chaînes de l'atlas télien et l'atlas saharien. Entre elles, s'intercalent des plaines et les hauts plateaux de climat continental. Le sud, quant à lui, se caractérise par un climat saharien.

Le sud algérien est caractérisé par des vitesses plus élevées que le nord, plus particulièrement le sud ouest avec des vitesses supérieures à 4m/s et qui dépassent la valeur de 6m/s dans la région d'Adrar. Concernant le nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peut élevée. On note cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers de Oran, Bejaia et Annaba, sur les hauts plateaux de Tiaret ainsi que dans la région délimitée par Bejaia au nord et Biskra au sud.

2.3.1.3. La loi de distribution de weibull :[14-15]

La connaissance de la loi de distribution de la vitesse du vent est importante pour de nombreuses applications de l'énergie éolienne.

Divers modèle de distribution statistique, notamment le modèle log-normal, la distribution gaussienne bivariate ont été appliqués pour caractériser la distribution de probabilité de la vitesse moyenne du vent. Toutefois, le modèle le plus utilisé est celui de la distribution de Weibull qui s'avère approprié à la représentation des propriétés statistiques du vent (Keller, 1992)

La forme mathématique de la distribution de Weibull est :

$$F(v) = (k/c) * (v/c)^{k-1} \exp[-(v/c)^k]$$

C : paramètre d'échelle

K : paramètre de forme

La fréquence cumulée ou probabilité pour que la vitesse du vent soit inférieure à un certain seuil donné V_x est donnée par :

$$F(V \leq V_x) = \int_0^{V_x} f(v) dv = 1 - \exp[-(V_x/c)^k]$$

De la même façon, la probabilité pour que la vitesse du vent soit supérieure à cette valeur V_x est donnée par :

$$F(V \geq V_x) = \int_{V_x}^{\infty} f(v) dv = \exp[-(V_x/c)^k]$$

La probabilité pour que la vitesse V soit comprise entre deux valeurs V_x et V_y est donnée par :

$$F(V_x \leq V \leq V_y) = \int_{V_x}^{V_y} f(v) dv = \exp[-(V_x/c)^k] - \exp[-(V_y/c)^k]$$

La vitesse moyenne du vent est donnée par la distribution de Weibull :

$$V_m = \int_0^{\infty} v f(v) dv = C \Gamma(1 + (1/k))$$

Où Γ est la fonction Gamma. La fonction Gamma est définie par la relation suivante :

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} \exp(-t) t^{x-1} dt \quad \text{Avec } x > 0$$

2.3.1.4. La puissance moyenne annuelle fournie par aérogénérateur :

La puissance moyenne produite par un aérogénérateur peut être évaluée en combinant sa courbe de puissance avec la distribution de la vitesse du vent sélectionnée. Elle est donnée par

$$P_{\text{moy}} = \int_0^{\infty} P(v)f(v)dv$$

P (V) : Fonction de puissance de l'aérogénérateur.

F(V) : Fonction de distribution de la vitesse du vent.

2.4) Description du logiciel Retscreen :

2.4.1) Survol des différents logiciels :

Étant donné les différents efforts des dernières années à travers le monde pour diminuer la dépendance au pétrole, beaucoup de ressources ont été mises de l'avant pour développer les énergies renouvelables et principalement, l'énergie éolienne et l'énergie solaire photovoltaïque. Ces énergies sont en forte croissance partout à travers le monde. Les outils comme les logiciels font partie des grandes réalisations concernant ces énergies à promouvoir. De nombreux logiciels existent maintenant pour modéliser, optimiser ou dimensionner les différents systèmes conçus à partir d'énergie renouvelable. Beaucoup de ces logiciels sont spécialisés pour un type d'énergie particulier. Il en existe un bon nombre pour le solaire photovoltaïque ainsi que pour l'énergie éolienne.

2.4.1.1) Logiciels pour les énergies renouvelables :

Il est intéressant de pouvoir comparer différents systèmes simples et des systèmes hybrides à l'aide d'un seul et même logiciel. De nombreux logiciels concernent les énergies renouvelables utilisées spécifiquement pour les bâtiments et les maisons et même plus précisément sur l'efficacité énergétique de ces bâtiments. Peu de logiciels traitent de la production d'énergie en intégrant plusieurs types d'énergie. En intégrant à la fois les outils de simulation et les outils de calculs des coûts, voici les quelques logiciels disponibles : In my backyard, EnergyPeriscope, Hybrid2, HOMER et Retscreen. Ces logiciels seront discutés dans une section ultérieure.

2.4.1.2) Paramètres pour le choix des logiciels :

Chapitre 2 : Etude théorique et simulation du système éolien-photovoltaïque

Afin de choisir les logiciels, il est indispensable de définir les besoins, donc de déterminer les attentes minimales auxquelles le logiciel doit répondre. Les logiciels devront avoir ces paramètres afin d'être sélectionnés :

a) Langue :

Pour des raisons évidentes de compréhension, le logiciel doit être en français ou en anglais.

b) Accessibilité à tous :

L'accessibilité à tous est un point important selon moi. Afin de promouvoir les énergies renouvelables, le public doit pouvoir les comprendre et utiliser des outils qui rendront faisables leurs projets. Il faut qu'ils soient à la fois assez performants pour les scientifiques et chercheurs et relativement simples pour que même les non initiés soient capables de les utiliser.

Il est donc primordial que le logiciel soit disponible pour le système d'exploitation Windows qui est majoritairement utilisé et qu'il ne requière pas des puissances de calculs excessives. D'emblée, la plupart des logiciels ont ces caractéristiques de base.

➤ **Prix :**

Les pays industrialisés ont généralement beaucoup de financement pour la recherche, ce qui n'est pas le cas de tous les pays. Si un minimum de ressources financières est utilisé pour les logiciels, ce sont des ressources qui peuvent être dépensées ailleurs comme dans la réalisation de projets concrets. La gratuité ou le faible coût des rendent la recherche et la réalisation de projets accessibles à tous les pays et à toute la société. De plus, cela facilite aussi l'apprentissage des étudiants qui peuvent faire des projets scolaires plus appliqués, plus concrets sans même que leurs institutions déboursent des sommes considérables, souvent plusieurs milliers de dollars par licence, pour des logiciels qui offrent des possibilités similaires. Dans le cas d'une étude macroscopique, si un logiciel peut obtenir des résultats similaires à la réalité à une fraction du prix, je considère que cette incertitude est tolérable.

➤ **Facilement disponible :**

La disponibilité du logiciel sur Internet est un fort atout pour l'accessibilité à tous. Peu importe l'endroit dans le monde, dès qu'on a accès à une connexion Internet, le logiciel peut être téléchargé.

➤ **Simplicité d'utilisation :**

La simplicité d'utilisation est importante puisqu'elle rend à la fois le logiciel accessible aux non-initiés et permet de gagner un temps non négligeable aux scientifiques et chercheurs qui n'ont pas à apprendre un langage de programmation pour l'utiliser et qui peuvent réaliser des simulations rapidement. De cette façon, on peut assurer une certaine pérennité des études faites puisqu'elles peuvent être réalisées par une majorité d'étudiants et de chercheurs.

➤ **Documentation disponible :**

Bien entendu, la disponibilité de la documentation en ligne est essentielle. L'accessibilité à un tutoriel et à l'aide du logiciel est primordiale. Le tutoriel permet à tous de pouvoir utiliser le logiciel sans aucune formation préalable. L'aide du logiciel quant à elle permet d'obtenir des précisions sur les différentes données à fournir et le fonctionnement global du logiciel. La possibilité de retour et commentaires par le support technique sur les fichiers produits ou de l'assistance par Internet ou encore des fichiers d'exemple disponibles sont des atouts.

c)Plusieurs technologies disponibles :

Vu le sujet de l'étude, le logiciel doit supporter au minimum la simulation pour la production des énergies suivantes : le solaire photovoltaïque, le diesel et l'éolien. Il doit aussi permettre la simulation de systèmes hybrides soit éolien-photovoltaïque, éolien-diesel, photovoltaïque-diesel et finalement éolien-photovoltaïque-diesel.

d)Systèmes hors réseau :

Beaucoup de logiciels supportent la simulation de systèmes connectés au réseau, mais peu d'entre eux permettent la simulation de systèmes hors réseau.

e)Évaluation des coûts :

La simulation doit pouvoir offrir une estimation des coûts du système. Cette évaluation pourra être validée par un second logiciel.

f)Optimisation des systèmes :

L'optimisation des systèmes est très intéressante, surtout pour les systèmes hybrides puisque le logiciel offre des solutions plus performantes que ce que les calculs élémentaires offriraient. Malheureusement, ce paramètre n'est pas disponible pour tous les logiciels.

2.4.1.3) Paramètres pour le choix des logiciels –Retscreen :

a) Langue :

36 langues

b) Accessibilité à tous :

Gratuit, téléchargement disponible en ligne, aide et tutoriel, fichiers d'exemple disponibles en ligne.

c) Plusieurs technologies disponibles :

Éolienne ; photovoltaïque ; électricité solaire thermique ; moteur à pistons ; turbine à gaz ; turbine à vapeur ; pile à combustible

d) Systèmes hors réseau : oui

e) Simulation de systèmes dans plusieurs pays :

Partout à travers le monde selon des lieux prédéterminés

f) Évaluation des coûts : oui

2.4.2) Présentation de Retscreen :

Retscreen® International est à la fois un outil de sensibilisation aux énergies propres, d'aide à la décision et de renforcement des compétences. L'outil consiste en un logiciel standardisé et intégré d'analyse de projets d'énergies propres qui peut être utilisé partout dans le monde pour évaluer la production énergétique, les coûts du cycle de vie et les réductions d'émissions de

gaz à effet de serre pour différentes technologies d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable .

2.4.2.1) Principales caractéristiques :

Le logiciel Retscreen permet de simuler différents types de projets, pour différents types d'établissement ou de technologies et selon différentes méthodes d'analyse. Les types de projets possibles sont :

- mesures d'efficacité énergétique.
- production d'électricité.
- production d'électricité –multiples technologies.
- production de chaleur.
- production de froid.
- production de chaleur et d'électricité.
- production de froid et d'électricité.
- production de chaleur et de froid.
- production de froid, de chaleur et d'électricité.

Pour chacune des options, il est possible de définir des sous-options. Pour les projets de mesures d'efficacité énergétique, on peut choisir le type d'établissement du projet parmi les options suivantes:

- résidentiel.
- Commercial.
- Institutionnel.
- Industriel.
- autre.

Pour la production d'électricité, les technologies disponibles sont nombreuses :

- électricité géothermique.
- électricité solaire thermique.
- énergie de la houle.
- énergie des courants océaniques.
- énergie marémotrice.

Chapitre 2 : Etude théorique et simulation du système éolien-photovoltaïque

- Eolienne.
- moteur à pistons.
- Photovoltaïque.
- piles à combustible.
- turbine à gaz.
- turbine à gaz –cycle combiné.
- turbine à vapeur.
- turbine hydroélectrique.

Retscreen permet donc un bon nombre d'analyses pour des projets très diversifiés. De plus, il est possible de faire deux types d'analyse pour un même projet: une analyse simple et courte ou une analyse approfondie nécessitant de nombreuses données.

2.4.2.2) Interfaces :

Un grand avantage de Retscreen est son interface commune et déjà bien connue de tous. Ce logiciel est en fait des feuilles de calculs sophistiquées qui s'ouvrent dans Excel comme montré à la section 1 de la Figure3.1.



Figure2.2 : Interface Retscreen

Chapitre 2 : Etude théorique et simulation du système éolien-photovoltaïque

Son utilisation est donc simple et intuitive. Il suffit de choisir les options ou d'entrer les données en commençant par le haut de la feuille de calculs et onglet par onglet. Les résultats s'affichent et se mettent à jour au fur et à mesure que les informations sont entrées.

L'onglet «démarrer » est relativement court à remplir. Ce sont les informations générales du projet. L'onglet «modèle énergétique » (si on choisit la méthode d'analyse 1) comprend les données sur le système de production d'énergie, l'analyse des émissions et l'analyse financière. Si la méthode d'analyse 2 est choisie, l'onglet « modèle énergétique » ne comprend que les informations liées au système de production d'énergie, les autres sections sont définies dans des onglets séparés : analyse des coûts, analyse des émissions, analyse financière et analyse de risque.

Le logiciel a été mis à jour pour Retscreen expert la Figure3.2.



Figure2.3 : Interface Retscreen Expert

Retscreen Expert est la dernière version du logiciel, et son lancement public a eu lieu le 19 septembre 2016. Le logiciel permet une reconnaissance, une évaluation et une optimisation complète de la viabilité financière et technique des projets d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétiques. Le logiciel permet aussi de mesurer et de vérifier les performances réelles d'installations et de repérer les possibilités de production et d'économie d'énergie. Le Mode visionnement de Retscreen Expert est offert gratuitement et il donne accès à toutes les fonctionnalités du logiciel. Cependant, à différence d'anciennes versions du logiciel, le Mode professionnel (qui permet aux utilisateurs de sauvegarder, imprimer, etc.) est maintenant offert en Mode professionnel.

2.4.2.3) Code de couleur des cellules :

L'utilisateur doit entrer des données dans les cellules de couleur des feuilles de calcul. Les autres cellules qui ne requièrent pas d'entrée de données sont protégées pour éviter que l'utilisateur efface malencontreusement une formule ou une cellule contenant une référence. Le tableau des codes de couleur des cellules de données d'entrée et de sortie de Retscreen est présenté ci-dessous.

<u>Cellules d'entrée et de sortie</u>	
Blanche	Donnée de sortie - calculée par le modèle.
Jaune	Donnée d'entrée - requise par le modèle.
Bleue	Donnée d'entrée - requise par le modèle et base de données en ligne disponible.
Grise	Donnée d'entrée - pour référence seulement. Non requise par le modèle.

Figure2.4 : Code de couleur des cellules Retscreen

2.4.2.4) Données à entrer :

Pour les données entrées, on débute avec l'onglet «démarrer », on entre les informations du projet donc le nom du projet, le lieu du projet et pour qui et par qui le projet est réalisé, ensuite on choisit selon les options définies le type de projet, la technologie désirée et le type de réseau à simuler. Il faut aussi choisir le type d'analyse, méthode 1 ou méthode 2, et le pouvoir calorifique de référence, pouvoir calorifique supérieur ou pouvoir calorifique inférieur.

Une autre partie importante de l'onglet « démarrage » est la définition du site. Certains sites de partout à travers le monde sont déjà entrés dans la base de données de Retscreen avec des données moyennes par mois de gisement solaire (en kWh/m²/jour) et éolien (en m/s). Il ne suffit que de sélectionner le pays, la province ou l'état et finalement la ville désirée.

Pour les autres données, prenons l'exemple avec un projet en utilisant le type d'analyse : méthode 1. En choisissant, ce type d'analyse simplifiée, on comprend bien les données nécessaires pour Retscreen.

Chapitre 2 : Etude théorique et simulation du système éolien-photovoltaïque

Pour définir le système de production d'électricité, les panneaux solaires photovoltaïques ou les éoliennes doivent être sélectionnés parmi la base de données des équipements de Retscreen. On doit déterminer leur facteur d'utilisation en pourcentage et indiquer le prix de l'électricité exportée en \$/MWh.

Dans la section analyse d'émissions, les frais de transactions pour les crédits de GES en pourcentage et le crédit pour réduction de GES en \$/tonne de CO₂ doivent être entrés. On peut aussi choisir une option pour comparer la réduction nette d'émissions de GES en tonnes de CO₂ à :

- automobiles et camions légers non utilisés.
- litres d'essence non consommés.
- barils de pétrole brut non consommés.
- acres de forêt absorbant du carbone.
- hectares de forêt absorbant du carbone.
- tonnes de déchets recyclés.

Pour la section de l'analyse financière, les paramètres financiers à définir sont le taux d'inflation, la durée de vie du projet et le ratio d'endettement. Le coût pour le système de production d'électricité doit être déterminé (coût initial pour les éoliennes ou les panneaux et pour les autres équipements). Les autres sections à remplir sont les encouragements et subventions, les frais annuels et paiements de la dette et les économies et revenus annuels.

En résumé, les informations à fournir sont plutôt d'ordre financier une fois que le système est défini.

2.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons appris les caractéristiques installés les panneaux solaires et éolienne, et la méthode de calcul du rayonnement solaire et vitesse du vent, nous avons également parler du programme Retscreen.

CHAPITRE 3

Résultats et Discussion

3.1) Introduction :

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats de les simulation sur les sites de Annaba et Béchar.

3-2) Description des sites étudiés :

Dons cette partie, nous avons choisi 2 sites à étudier en utilisant un programme de Retscreen :

3-2-1) site Annaba :

Tableur3.1 : position géographique du site de Annaba.

	Lieu des données climatique	lieu des installations
Latitude	36,8	36,8
Longitude	7,8	7,8
élévation (m)	4	0

Tableau 3.2 : les données climatiques d'Annaba

Mois	Température de l'air	Rayonnement solaire quotidien – horizontal	Rayonnement Solaire quotidien-incliné	Pression atmosphérique	Vitesse du vent
	°C	KWh/m ² /j	KWh/m ² /j	KPa	m/s
janvier	11,1	2,28	3.36	96,9	3,7
février	11,3	3,15	4.15	96,8	3,8
mars	13,3	4,25	4.93	96,7	3,8
avril	15,3	5,21	5.40	96,4	3,7
mai	18,6	6,25	5.97	96,5	3,6
juin	22,4	6,98	6.41	96,6	3,8
juillet	25,2	7,14	6.66	96,6	3,9

août	25,9	6,08	6.10	96,6	3,9
septembre	23,5	5	5.59	96,6	3,7
octobre	20,4	3,57	4.51	96,7	3,4
novembre	15,7	2,45	3.49	96,7	3,6
décembre	12,4	2,02	3.07	96,9	3,8
Annuel	18	4,54	4.97	96,7	3,7

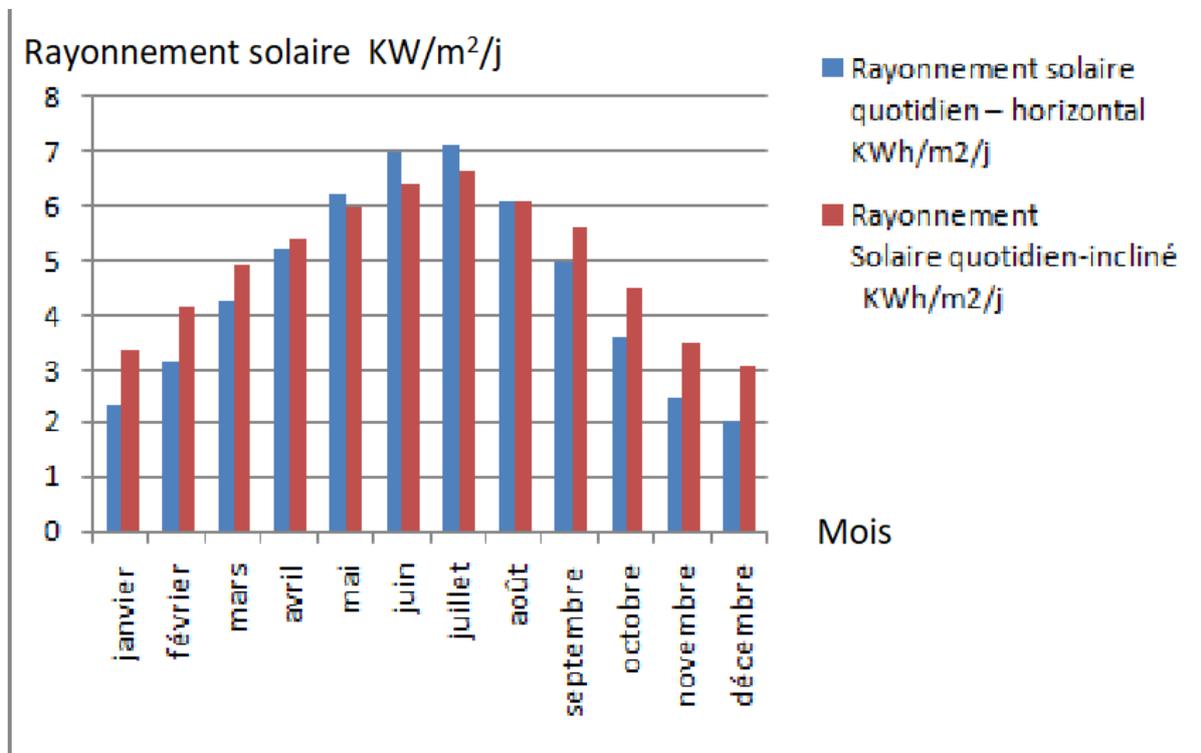


Figure 3.1 : Rayonnement solaire horizontal et incliné fonction du mois d'Annaba

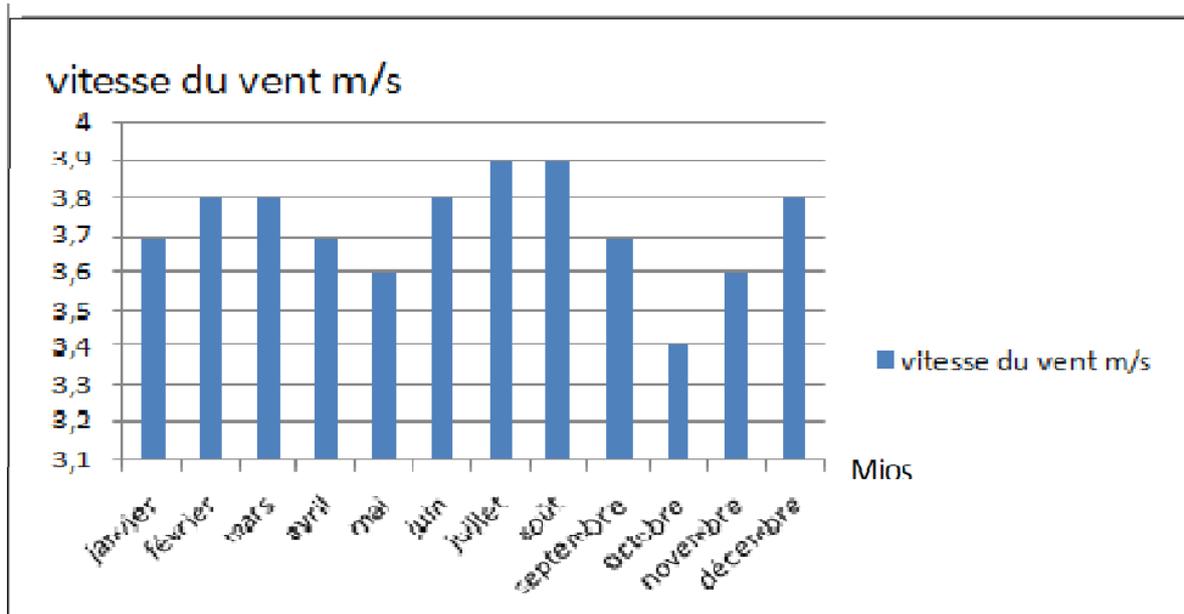


Figure 3.2 : Vitesse du Vent fonction du mois d'Annaba

3-2-2) site Bechar :

Tableur3.3 : position géographique du site de Annaba.

	Lieu des données climatique	lieu des installations
latitude	31.5	31.5
longitude	-2.3	-2.3
élévation (m)	816	774

Tableau 3.4 : les données climatiques de Bechar

Mois	Température de l'air	Rayonnement solaire quotidien-horizontale	Rayonnement Solaire quotidien-incliné	Pression atmosphérique	Vitesse du vent
	°C	KWh/m ² /j	KWh/m ² /j	KPa	m/s
janvier	9.2	3.51	5.13	92.4	3.1
février	12.2	4.45	5.72	92.3	3.5
mars	16.4	5.50	6.28	92	4.4
avril	20.5	6.72	6.82	91.7	5.2

mai	24.9	7.12	6.59	91.7	5.6
juin	30.6	7.18	6.39	91.8	5
juillet	34.1	7.02	6.36	91.8	4.5
août	33.3	6.27	6.11	91.8	4.4
septembre	28.3	5.48	5.92	91.9	4.1
octobre	21.9	4.54	5.61	92.1	3,6
novembre	15.1	3.61	5.08	92.1	3.2
décembre	10.3	3.16	4.76	92.4	2.9
Annuel	21.5	5.38	5.90	92	4.1

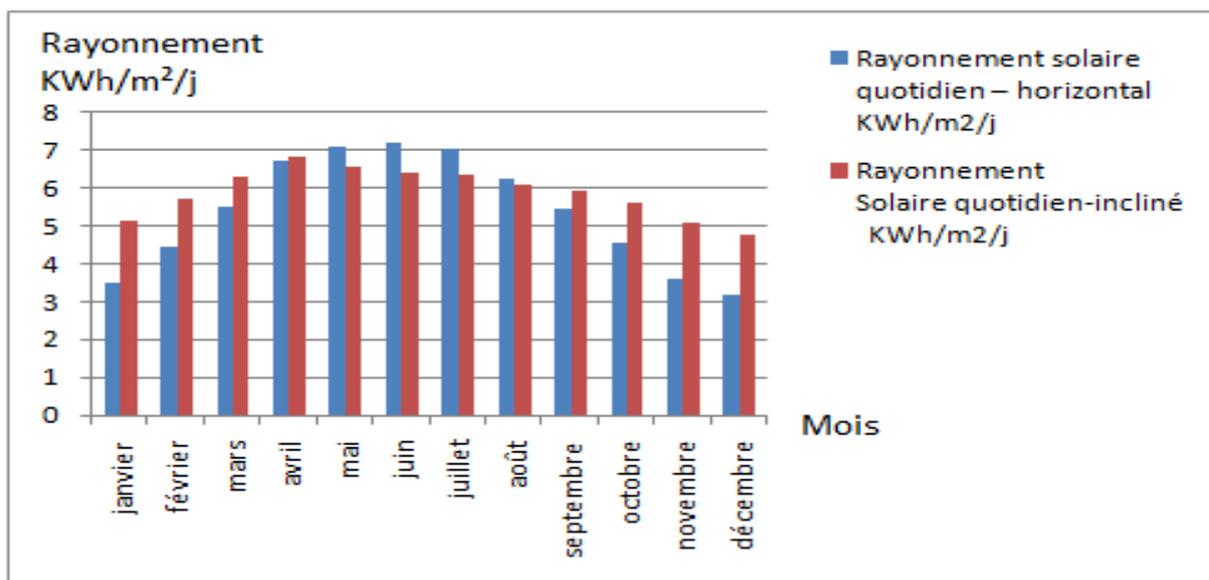


Figure 3.3 : Rayonnement solaire horizontal et incliné fonction du mois de Bechar

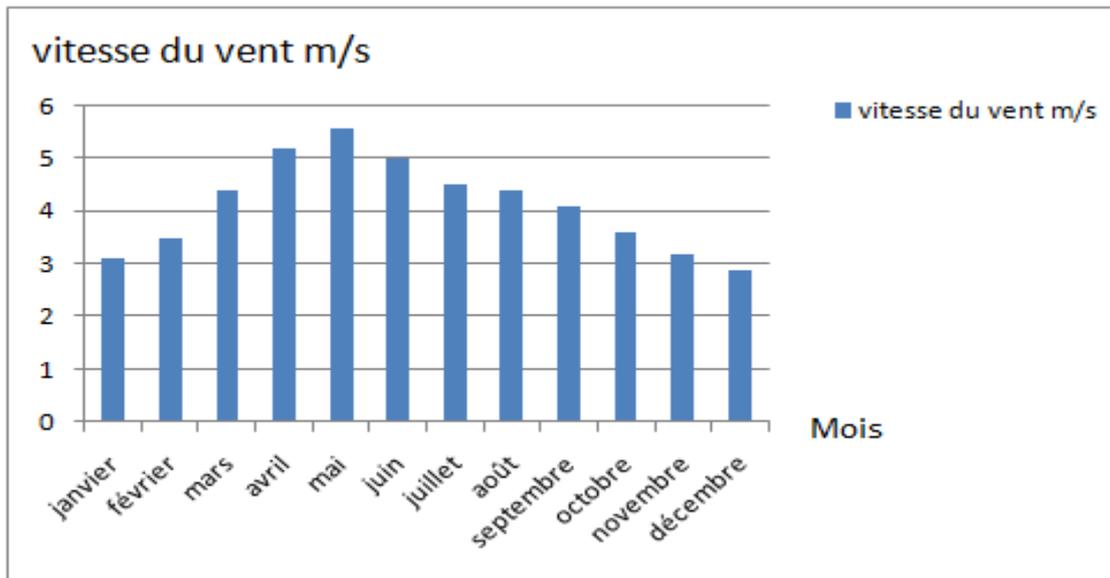


Figure 3.4 : Vitesse du Vent fonction du mois de Bechar

3-3) Description du Système hybride choisi :

3-3-1) Système photovoltaïque :

On a choisi une centrale photovoltaïque d'une puissance de 100KW compose de 500 panneaux de type mono-si, modèle mono-si –CS5P 200W et Onduleur d'un Rendement 97%

Capacité 100KW

3-3-2) système éolien :

On a choisi une centrale électrique (éolien) d'une puissance de 10000KW compose de 15 Turbine de Modèle G52-850kw-86m et les pertes (par effet de sillage 4% ; au niveau des pales 2% ; diverses 6% ; disponibilité 98%)

3-4) Résultats et Discussion :

3-4-1) puissance électrique produite par le système photovoltaïque :

3.4.1.1) La resulta de Calcul dans de sites 'Annaba' :

Tableau 3.5 : la puissance électrique produit à Annaba (type pv)

mois	Rayonnement Solaire quotidien-horizontale	Rayonnement Solaire quotidien-incliné	Prix de l'électricité exportée	électricité exportée au réseau
	KW/m ² /j	KW/m ² /j	DZD/KWh	KWh
janvier	2.28	3.36	0.10	9561.414
février	3.15	4.15	0.10	10587.378

Mars	4.25	4.93	0.10	13734.811
avril	5.21	5.40	0.10	14434.370
mai	6.25	5.97	0.10	16220.693
juin	6.98	6.41	0.10	16529.897
juillet	7.14	6.66	0.10	17472.216
aout	6.08	6.10	0.10	16002.415
septembre	5	5.59	0.10	14343.834
octobre	3.57	4.51	0.10	12221.573
Novembre	2.45	3.49	0.10	9413.825
Décembre	2.02	3.07	0.10	8712.317
Annuel	4.54	4.97	0.10	159234.743

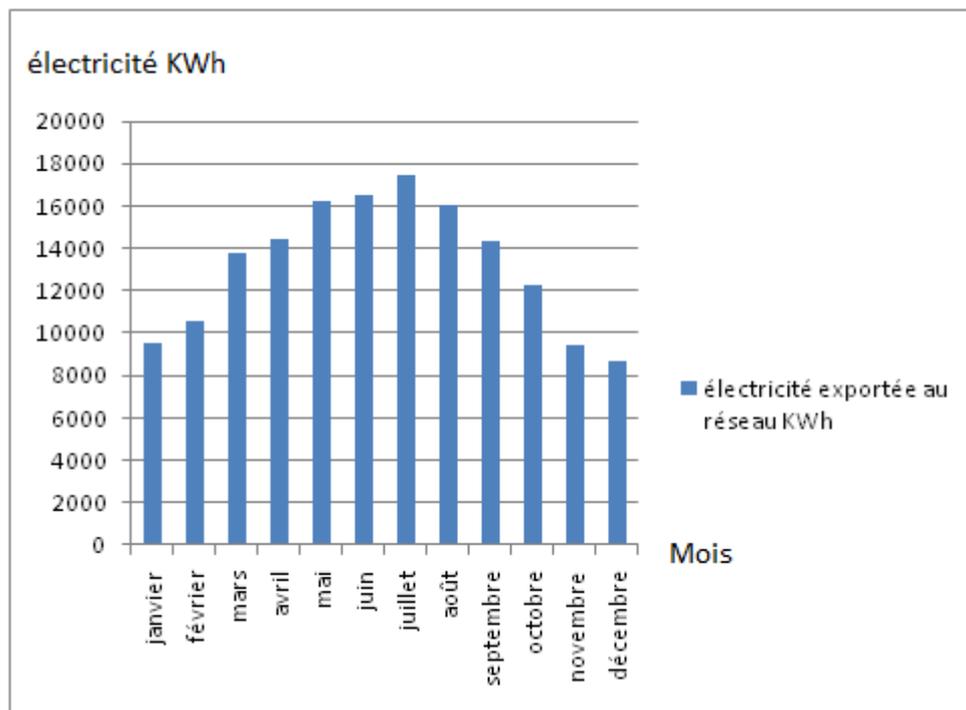


Figure 3.5: électricité exportée par mois d'Annaba

Nous remarquons que la production électricité exportée augmente en été.

➤ **Viabilité financière :**

Pour él

* Taux de rendement interne (TRI) avant impôt - capitaux propres : -8.3%

* Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt - capitaux propres :
-2.8%

* Taux de rendement interne (TRI) avant impôt – actifs : -11.2%

* Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt – actifs : -6.6%

- * Retour simple : 26.4 an
- * Valeur Actualisée Nette (VAN) : -159 515 DZD
- * Économies annuelles sur la durée de vie : -17 474 DZD/an
- * Ratio avantages-coûts : -0.72
- * Recouvrement de la dette : 0.5
- * Coût de réduction de GES : 197 DZD/tCO₂
- * Prix de revient de l'énergie : 0.227 DZD/KWh

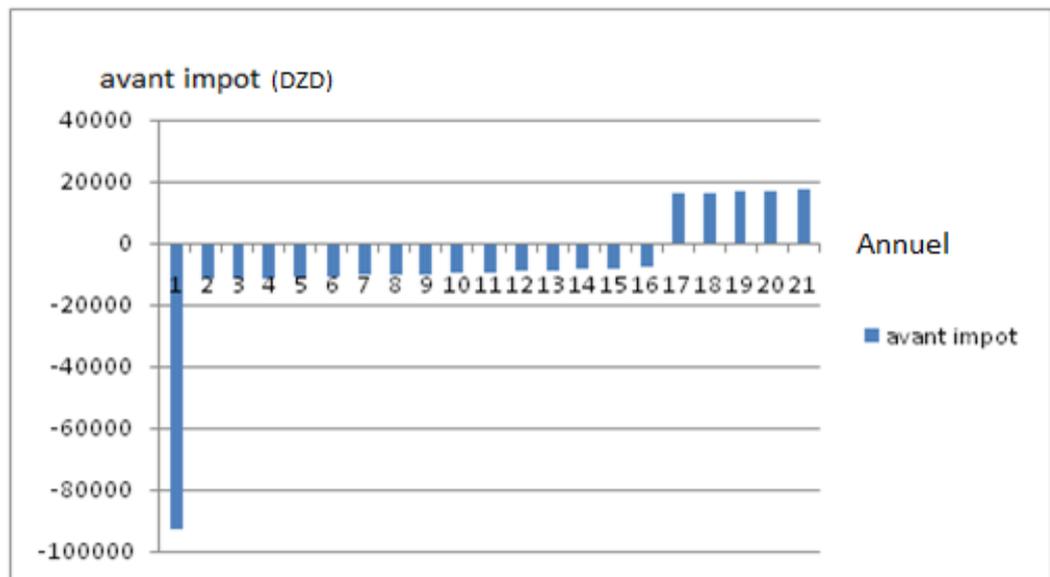


Figure 3.6: Flux monétaires Annuels de Centrale électrique à Annaba (type pv)

Notez que la diminution de flux monétaires dans les premières années du projet en raison des dépenses plus élevée du projet de photovoltaïque.

3.4.1.2) La résultat de Calcul de sites Bechar :

Tableau 3.6: la puissance électrique produit à Bechar (type pv)

mois	Rayonnement Solaire quotidien-horizontale	Rayonnement Solaire quotidien-incliné	Prix de l'électricité exportée	électricité exportée au réseau
	KW/m ² /j	KW/m ² /j	DZD/KWh	KWh
janvier	3.51	5.13	0.10	14480.958
février	4.45	5.72	0.10	14316.340
Mars	5.50	6.28	0.10	17074.176
avril	6.72	6.82	0.10	17581.080

mai	7.12	6.59	0.10	17309.203
juin	7.18	6.39	0.10	15888.789
juillet	7.02	6.36	0.10	16076.162
aout	6.27	6.11	0.10	15496.900
septembre	5.48	5.92	0.10	14843.095
octobre	4.54	5.61	0.10	14940.063
Novembre	3.61	5.08	0.10	13525.625
Décembre	3.16	4.76	0.10	13400.957
Annuel	5.38	5.90	0.10	184933.347

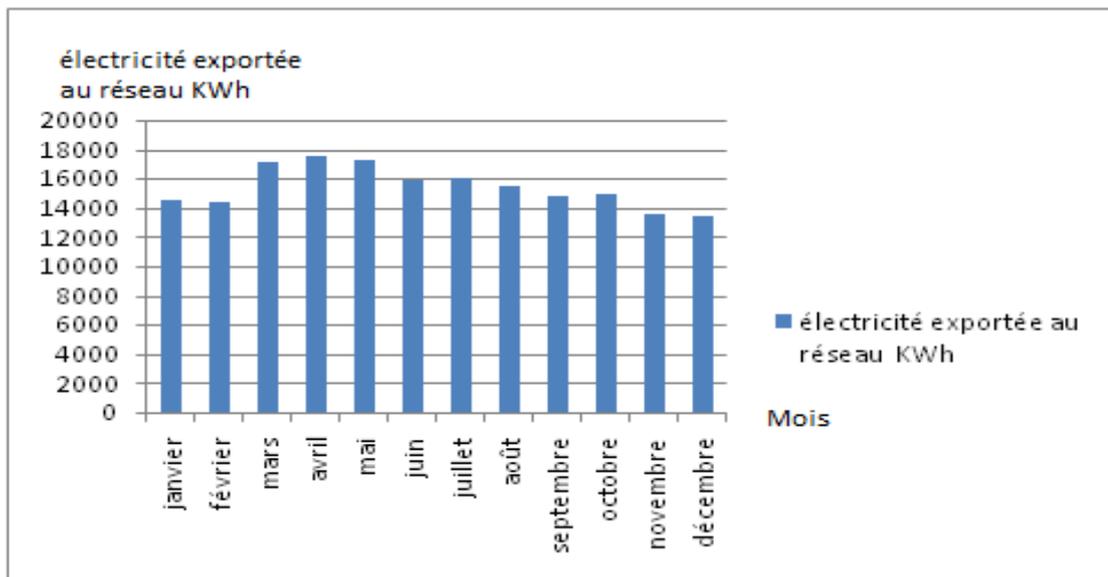


Figure 3.7 : électricité exportée par mois de Bechar

Nous remarquons que la production électricité exportée augmente en printemps.

➤ **Viabilité financière :**

- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt - capitaux propres : -4.7%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt - capitaux propres : -1.2%
- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt – actifs : -8.6%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt – actifs : -5.4%
- * Retour simple : 21.7 an
- * Valeur Actualisée Nette (VAN) : -131997 DZD
- * Économies annuelles sur la durée de vie : -14460 DZD/an

- * Ratio avantages-coûts : -0.42
- * Recouvrement de la dette : 0.61
- * Coût de réduction de GES : 141 DZD/tCO₂
- * Prix de revient de l'énergie : 0.196 DZD/KWh

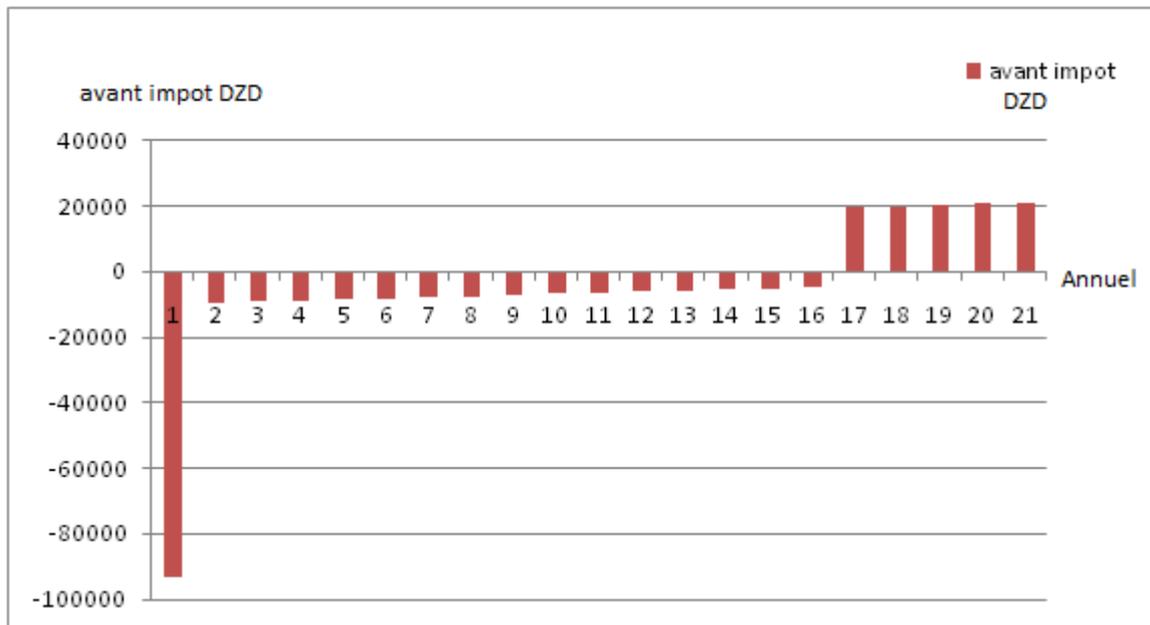


Figure 3.8: Flux monétaires Annuels de central électrique à Bechar (type pv)

3-4-2) puissance électrique produite par le système éolien :

3-4-2-1) La résultat de Calcul dans de sites 'Annaba' :

- évaluation des ressources :
 - *Méthode d'évaluation de la ressource : vitesse du vent
 - *vitesse de vent-annuelle : 6 m/s
 - *mesuré à : 10 m
 - *coefficient de l'air-annuelle : 0.14
 - *température de l'air-annuelle : 18°C
 - *pression atmosphérique-annuelle : 96.7KPs

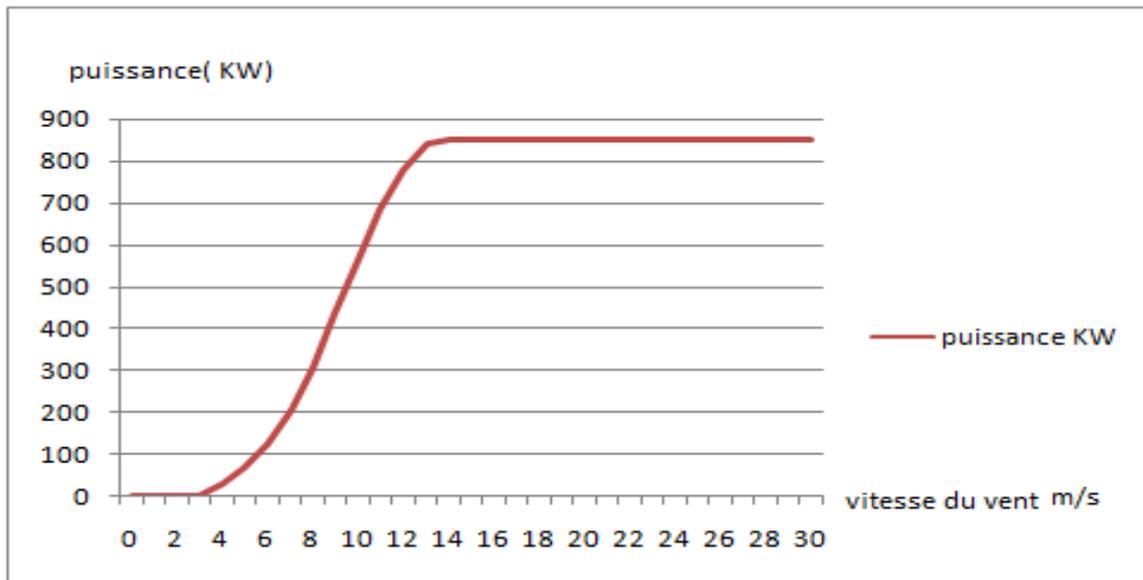


Figure 3.9 : Courbe de puissance par vitesse du vent à Annaba

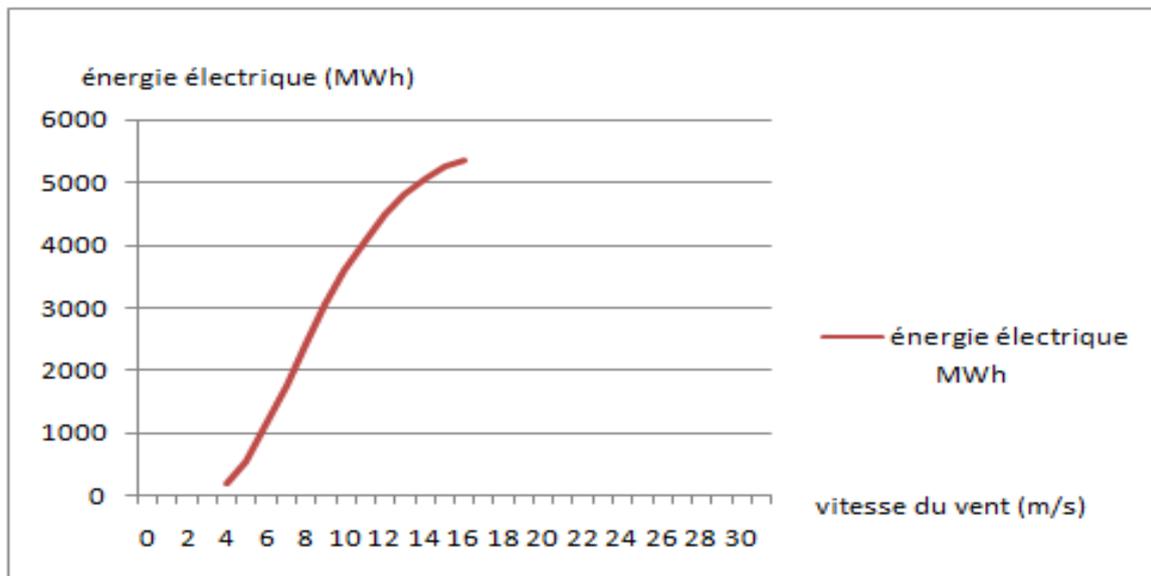


Figure 3.10 : Courbe d'énergie électrique par vitesse du vent à Annaba

Tableau3.7 : la puissance électrique produit à Annaba (type éolien)

	capacité	électricité
	KW	KWh
éolienne	12750	38190463

➤ **Viabilité financière :**

* Taux de rendement interne (TRI) avant impôt - capitaux propres : 10.1%

- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt - capitaux propres : 9.7%
- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt – actifs : 0.424
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt – actifs : 3.2%
- * Valeur Actualisée Nette (VAN) : 1208713 DZD
- * Économies annuelles sur la durée de vie : 132410 DZD/an
- * Ratio avantages-coûts : 1.1
- * Recouvrement de la dette : 1.2
- * Coût de réduction de GES : -6 DZD/tCO₂
- * Prix de revient de l'énergie : 0.114 DZD/KWh

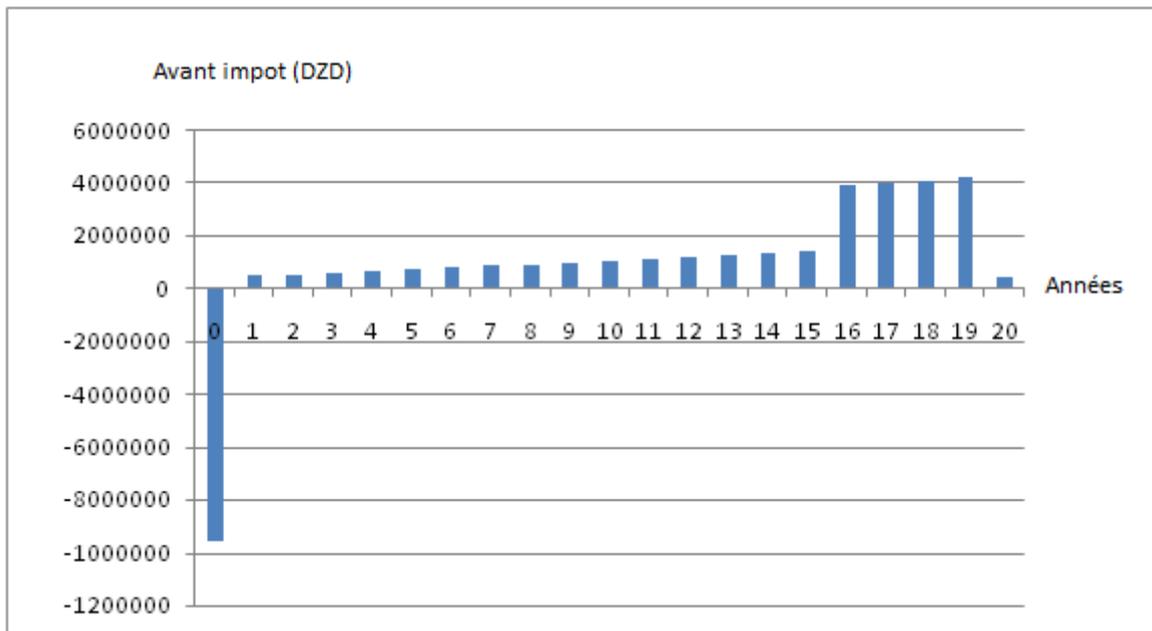


Figure 3.11 : flux monétaires annuels de centrale électrique à Annaba (type éolien)

3.4.2.2) La resulta de Calcul dans 2^{eme} sites (Bechar) :

- évaluation des ressources :

*Méthode d'évaluation de la ressource : vitesse du vent

*vitesse de vent-annuelle : 5,5m/s

*mesuré à : 10 m

*coefficient de l'air-annuelle : 0.14

*température de l'air-annuelle : 21.5°C

*pression atmosphérique-annuelle : 92KPs

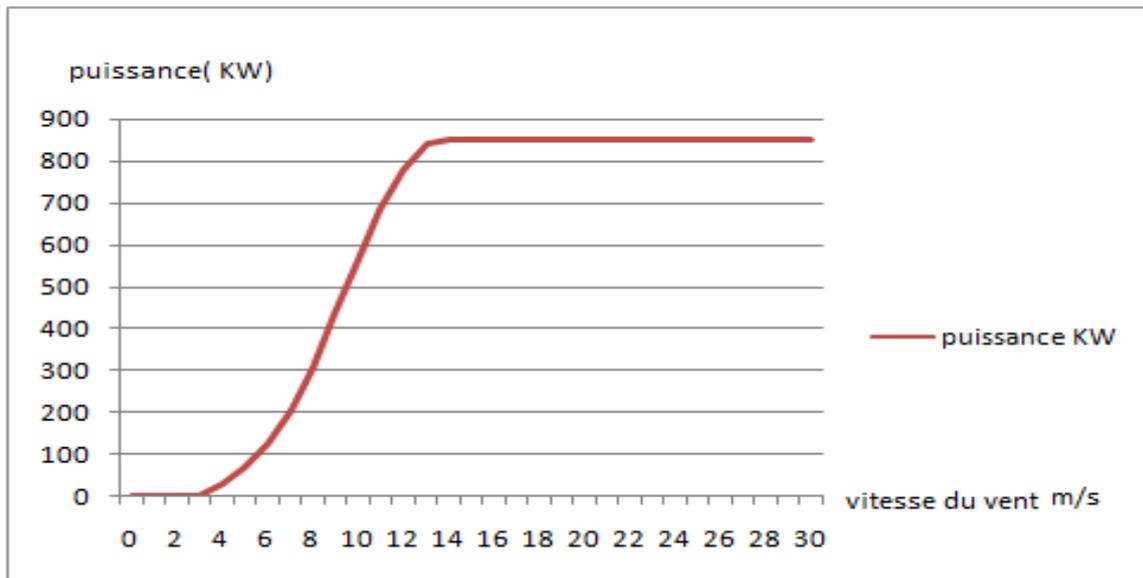


Figure 3.12: Courbe de puissance par vitesse du vent à Bechar

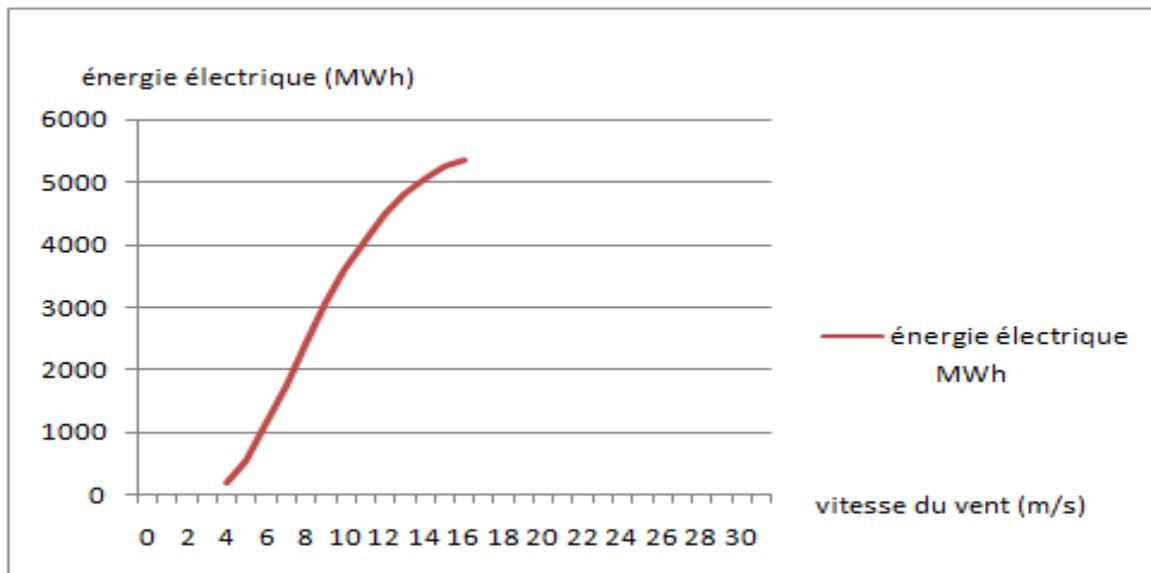


Figure 3.13: Courbe d'énergie électrique par vitesse du vent à Bechar

➤ **Tableau3.8 : la puissance électrique produit à Bechar (type éolien)**

	capacité	électricité
	KW	KWh
éolienne	12750	31096215

➤ **Viabilité financière :**

* Taux de rendement interne (TRI) avant impôt - capitaux propres : 2.9%

- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt - capitaux propres : 3.9%
- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt – actifs : -3.6%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt – actifs : -2%
- * Valeur Actualisée Nette (VAN) : -6387792 DZD
- * Économies annuelles sur la durée de vie : -699760 DZD/an
- * Ratio avantages-coûts : 0.33
- * Recouvrement de la dette : 0.66
- * Coût de réduction de GES : 40.48 DZD/tCO₂
- * Prix de revient de l'énergie : 0.14 DZD/KWh

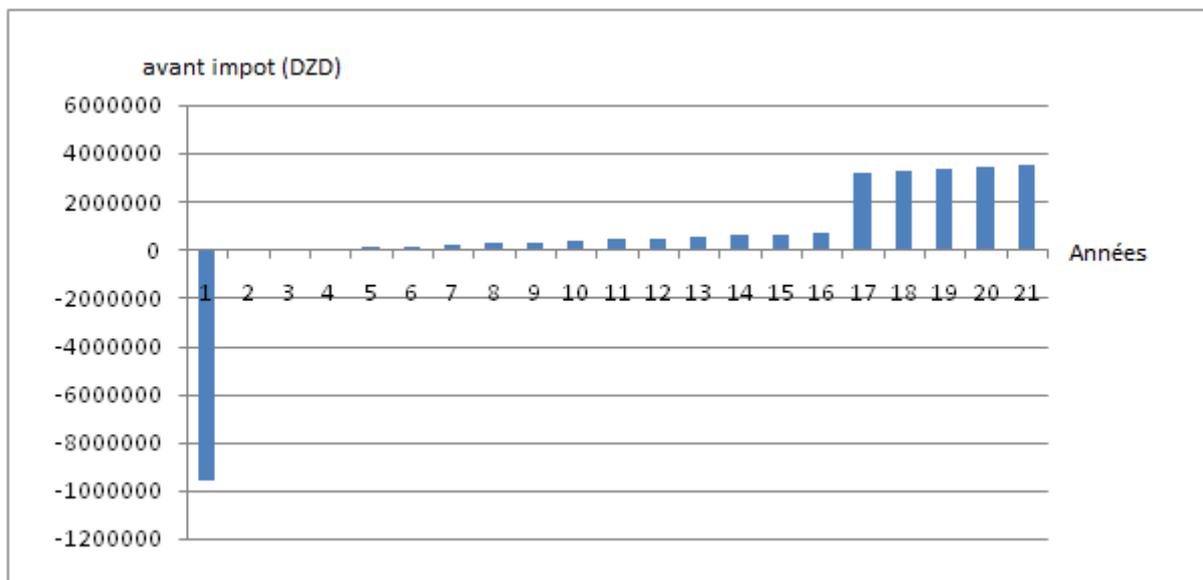


Figure 3.14 : flux monétaires annuels à centrale électrique de Bechar (type éolien)

3.5) résultat et Comparaison de simulation le système hybride (éolien-photovoltaïque) par LOGICIEL Retscreen :

Dans cette partie, nous allons rassembler le deux système choisi (éolien-pv) dans les deux sites.

3.5.1) à Annaba :

Tableau 3.9 : la puissance électrique produite à centrale d'Annaba

Système	Capacité KW	Électricité KWh
Photovoltaïque + éolien	12850	38356281

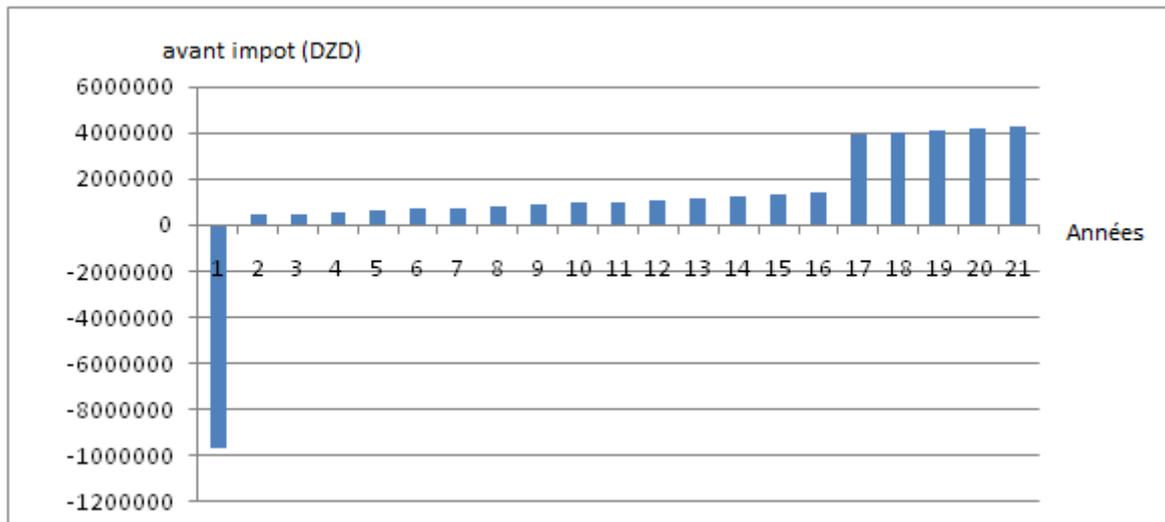


Figure 3.15 : flux monétaires annuels à centrale d'Annaba

➤ **Viabilité financière :**

- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt - capitaux propres : 10%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt - capitaux propres : 9.6%
- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt – actifs : 0.34%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt – actifs : 3.2%
- * Retour simple : 11.2 an
- * Valeur Actualisée Nette (VAN) : 1056247 DZD
- * Économies annuelles sur la durée de vie : 115708 DZD/an
- * Ratio avantages-coûts : 1.1
- * Recouvrement de la dette : 1.2
- * Coût de réduction de GES : -5 DZD/tCO₂
- * Prix de revient de l'énergie : 0.114 DZD/KWh

3.5.2) à Bechar :

Tableau 3.10 : la puissance électrique produite à centrale de Bechar

Systeme	Capacité KW	Électricité KWh
Photovoltaïque + éolien	12850	36095019

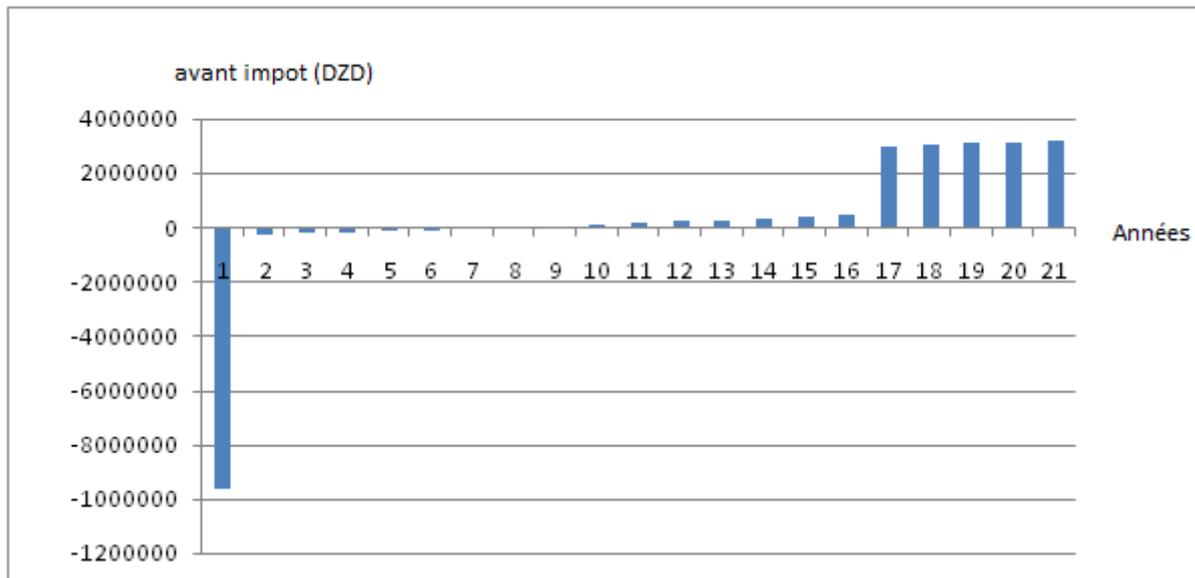


Figure 3.16 : flux monétaires annuels à centrale de Bechar

➤ **Viabilité financière :**

- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt - capitaux propres : 2.9%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt - capitaux propres : 3.8%
- * Taux de rendement interne (TRI) avant impôt – actifs : -3.7%
- * Taux de rendement interne modifié (TRIM) avant impôt – actifs : -2%
- * Retour simple : 14.9 an
- * Valeur Actualisée Nette (VAN) : -6511602 DZD
- * Économies annuelles sur la durée de vie : -713323 DZD/an
- * Ratio avantages-coûts : 0.33
- * Recouvrement de la dette : 0.89
- * Coût de réduction de GES : 41.01DZD/tCO₂
- * Prix de revient de l'énergie : 0.14 DZD/KWh

3.5.3) Comparaison entre la système hybride et la système éolien et la système photovoltaïque :

Des résultats précédents, nous notons que la production d'énergie électrique a augmenté et couvrir les coûts de système photovoltaïque quand combiné avec le système éolien.

3.6) Conclusion :

Le programme Retscreen nous permet de connaître les caractéristiques climatiques, et les coûts du projet et la comparaison du système hybride avec le système photovoltaïque et le système éolien. Ils nous ont également permis de calculer l'électricité.

Conclusion générale :

La conclusion générale est donc qu'il est rentable économiquement d'ajouter des éoliennes aux systèmes photovoltaïque et si les coûts des équipements ou du photovoltaïque évoluent, Quand les coûts d'électricité auront légèrement augmenté et que les coûts de rachat de l'électricité par le réseau seront intéressants, l'ajout de panneaux solaires, d'éoliennes au système sera rentable pour le particulier.

La ressource globale en énergie éolienne et photovoltaïque est très importante et peut contribuer de manière significative à la fourniture d'électricité au niveau mondial.

La production d'électricité par le système hybride (éolien- photovoltaïque) . En Algérie, la nature du terrain et la durée de l'ensoleillement lui a permis d'être un des pays modèle dans la production d'énergies renouvelables.

Dans la partie de la simulation on présenté la simulation de chaque composante de système hybride éolien- photovoltaïque.

Les résultats de simulation et d'optimisation que nous avons obtenue montre que le combinez des panneaux solaires et éolien, vous obtenez de bons résultats.

Pour contribuer à la solution aux problèmes d'énergie, il est intéressant de développer des sources décentralisées de ces énergie .dans la recherche de telles solution, le système hybride développé pourra constituer un moyen très économique pour l'énergie.

Résumé :

L'utilisation de ressources renouvelables a connu un développement majeur dans pays industrialisés et dans certains pays du tiers monde.

L'Algérie a fait de gros efforts en matière d'électricité dans les villages et dans le d'sert, mais elle a rencontré toujours des obstacles, son électricité est donc très couteuse pour étendre le réseau.

Le système hybride de production d'électricité (photovoltaïque-éolien) est autonome et constitue la solution idéale à ce type de problèmes.

Dans cette étude nous présentons une définition du système (hybride) (photovoltaïque) et une étude du système (éolien) et du système électrochimique.

Nous avons utilisé le programme (Retscreen) pour calculer l'énergie résultante avec le système de cout pour chaque système a part et pour le système hybride (photovoltaïque) dans deux régions différentes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] : Les Dossiers Environnement de GAZACA «Les énergies renouvelables (partie II – L'énergie Solaire)» : Mai 2006 www.GAZACA.com

[2] : F Benyarou « conversion des énergies » document de cours (EN01), Université de Tlemcen 2001-2002

[3] : M. Serge Poignant « Rapport d'informatique» déposé en application de l'article 145 du Règlement par la commission des affaires économique sur l'énergie photovoltaïque, assemblée nationale constitution de 4 octobre 1958

[4] :R MAOUADJ «Application de l'énergie photovoltaïque au pompage hydraulique sur les sites de Tlemcen et de Bouzareah » thèse de magister Université de Tlemcen 2005

[5] Energie éolienne, Théorie, conception et calcul pratique des installations, Désiré Le Gourières, Edition EYROLLES, 1980.

[6] <http://ooxygene.alwaysdata.net/eolienne.html>

[7] :M. BELHADJ «Modélisation d'un système de captage photovoltaïque Autonome »thèse de magister université de Bechar

[8] :B. Chikh –Bled, « Etude du rendement de stockage d'un système photovoltaïque appliqué au pompage hydraulique »thèse de magister Université de Tlemcen 2001

[9] : F Benyarou « conception assistée par ordinateur des système photovoltaïque modélisation, dimensionnement et simulation »thèse de doctorat Université de Tlemcen 2004

[10] :H. BELGHITRI « Estimation des énergies reçues par un capteur au fil du soleil » mémoire de fin d'études, université de Tlemcen, 2002

[11] :P.De Brichambaut « Evaluation énergétique d'un gisement solaire », Tec et Doc ,1984

[12] encyclopédie encarta 2008

[13] : L, AICHE-HAMAE.A.KHELLAF. « Evolution mensuelle de la ressource éolienne à travers l'Algérie » congrée sur le photovoltaïque et l'énergie éolienne (IPCWE) Tlemcen, Algérie (Novembre2003).

[14] A. ABDELLI « Optimisation multicritère d'une chaîne éolienne passive »thèse de doctorat à l'institut national polytechnique de Toulouse ,2007

[9] :N. KASBADJI MERZOUK « Evaluation du Gisement énergétique éolien contribution a la détermination du profile vertical de la vitesse de vent en Algérie» thèse de doctorat de l'université de Tlemcen, 2006