

# Chapitre 01

## Le vent comme source d'énergie

---

Face à la crise énergétique, l'homme se trouve devant l'obligation de satisfaire ses besoins en énergie tout en limitant l'impact de sa consommation sur l'environnement. Les énergies renouvelables se présente comme l'une solution à ce problème. Ces sources ont recours à des flux naturels qui traversent de façon plus ou moins permanente la Biosphère. L'utilisation infime de ce flux préservera l'environnement aussi bien localement que globalement.

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'humanité. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels provoqués par le soleil (rayonnement), la lune (marée) et la terre (énergie géothermique).

Parmi les différents types d'énergie renouvelable, on peut citer:

- 1°) Energie hydraulique.
- 2°) Energie géothermique.
- 3°) Energie de la biomasse.
- 4°) Energie solaire.
- 5°) Energie éolienne.

### 1.1 L'ENERGIE EOLIENNE

L'énergie éolienne est l'énergie cinétique produite par le mouvement de l'air. La quantité d'énergie éolienne potentielle dépend de la vitesse du vent; plus la vitesse est élevée, plus la quantité d'énergie produite est élevée. Cependant, d'autres facteurs doivent être pris en compte tels que l'altitude (la vitesse du vent croît en fonction de sa distance par rapport au sol), le lieu, la température de l'air et les rugosités de la surface terrestre.

Initialement, l'énergie éolienne fut utilisée pour propulser les navires, pomper l'eau et moulin le grain. Actuellement, on trouve des turbines majoritairement tri pales utilisées pour la production d'électricité.

Cette énergie peut être utilisée de deux manières différentes:

- **Directe:** Convertie en énergie mécanique pour pomper l'eau.
  - **Indirecte:** convertie en énergie électrique. Dans ce cas, l'éolienne est accouplée à un générateur électrique pour produire un courant continu ou alternatif. La différence de pressions crée de manière naturelle un déplacement de l'air des zones de hautes pressions vers celles de basses pressions.
-

## 1.2. LA RESSOURCE EOLIENNE (LE VENT)

### 1.2.1. Origine de l'énergie éolienne

Les énergies renouvelables (sauf les énergies marémotrice et géothermique) dérivent de l'énergie solaire.

### 1.2.2. Les flux d'air ( le vent )

Sur la terre, presque tous les vents sont créés par le rayonnement solaire : Le soleil réchauffe une masse terrestre et la chaleur de la terre est absorbée par l'air environnant. En se réchauffant, il devient plus léger et s'élève rapidement en hauteur. Cet état de fait donne naissance à une région de basse pression au niveau du sol et une autre de haute pression au-dessus du sol.

L'air plus chaud et plus léger de la région équatoriale s'élève vers couches extérieures de l'atmosphère et se dirige vers les pôles, un flux d'air plus frais venant des régions polaires étant renvoyé aux couches inférieures. Cette circulation d'air est affectée par les forces de Coriolis liées à la rotation de la terre: (  *tout mouvement dans l'hémisphère nord semblera se dévier vers la droite, alors que l'hémisphère sud ces mouvements sont déviés vers la gauche*). *Gustave Gaspard Coriolis - mathématicien français - 1792 -1843*).

Ces forces dévient le flux d'air montant vers l'est et le flux descendant vers l'ouest. L'effet de la différence d'échauffement diminue pour des latitudes plus grandes que 30°N et 30°S, où les vents à l'ouest prédominent en raison de la rotation de la terre. En absence de la rotation de la terre , les courants d'air se déplaceront jusqu'aux pôles Nord et Sud avant de redescendre et de retourner à l'équateur.

### 1.2.3. Influence de la force de Coriolis sur les vents

#### 1.2.3.1. Les vents globaux (géostrophiques)

La force de Coriolis influe sur les vents globaux.

C'est dans l'atmosphère d'une épaisseur d'environ 9 à 10 km, appelée troposphère, que se produisent tous les phénomènes météorologiques, entre autres l'effet de serre.

On appelle aussi les vents globaux - vents géostrophiques. Ceux-ci sont dus aux écarts de température et des variations de pression qui s'en suivent. Par ailleurs, la surface du sol n'a qu'une très faible influence sur la direction et la vitesse de ces vents. Ils sont généralement situés à des hauteurs supérieures à 1km.

#### 1.2.3.2. Les vents des surfaces

La couche inférieure de l'atmosphère ou couche de surface s'étend à une hauteur de 100m. Son influence sur les vents est importante.

Comme source d'énergie éolienne, ce sont les vents de surface et leur capacité énergétique qui présentent le plus grand intérêt.

### **1.2.3.3. Les vents locaux**

Dans la couche de surface, les vents sont retardés par les forces de frottement et les obstacles modifiant non seulement leur vitesse mais également leur sens. C'est l'origine des flux turbulents, qui entraînent des variations de vitesse du vent. Par ailleurs, la présence des mers entraînent la circulation de masses d'air de nature similaire aux vents géostrophiques. Tous ces mouvements d'air sont appelés " vents locaux".

Le vent d'un site donné près de la surface de la terre résulte de la combinaison des vents géostrophiques et locaux. Par conséquent, il dépend du lieu géographique, du climat, de la hauteur par rapport au niveau du sol, de la rugosité du terrain et des obstacles aux environnants. Ces derniers font tourner les turbines des systèmes éoliens.

Malgré le rôle important que jouent les vents globaux dans la détermination des vents dominants sur un site donné, les conditions météorologiques locales peuvent également avoir une certaine influence. Sachant que les vents locaux sont toujours superposés au système des vents dominants, la direction du vent est déterminée par la somme d'influences globales et locales. Ainsi, lorsque les vents globaux sont faibles, les vents locaux tendent à dominer le régime des vents.

Parallèlement, au cours de journée, la terre se réchauffe plus rapidement que la mer, ce qui provoque un soulèvement de l'air chaud qui se dirige vers la mer. Ainsi, une dépression se crée près de la surface de la terre, attirant l'air froid provenant de la mer. On parle alors d'une brise de mer.

### **1.2.3.4. Les vents de montagnes**

Les régions montagneuses sont la source de beaucoup de phénomènes climatologiques particuliers. Par exemple, le réchauffement des versants et de l'air avoisinant font diminuer la densité de l'air, alors l'air s'élève vers le sommet de la montagne, produisant ainsi une brise montante.

La nuit, le phénomène s'inverse et une brise descendante se produit.

## **1.2.4 L'énergie du vent**

### ***a. La densité de l'air***

L'énergie cinétique contenue dans l'air en déplacement est proportionnelle à sa densité. Plus l'air est dense, plus la partie de l'énergie récupérable par l'éolienne est importante.

A une pression atmosphérique normale et à une température de 15 degrés Celsius, l'air pèse environ 1,225 kg par mètre cube. Cependant, cette densité chute un peu lorsque l'humidité de l'air augmente. De même, l'air froid est plus dense que l'air chaud,

### ***b. La mesure de la vitesse du vent***

La vitesse du vent est mesurée à l'aide d'un anémomètre. En pratique, Il existe plusieurs types d'anémomètre à ultrason ou à laser, à fil chaud, ... Cependant, le plus utilisé reste l'anémomètre à coupelles. Il est muni d'un rotor de trois coupelles qui sous l'effet du vent se met à tourner autour d'un axe vertical. La vitesse est enregistrée électroniquement, (Fig.1.1)



**Fig.1.1** Anémomètre à coupelles

On installe l'anémomètre en haut du mât de cette façon à réduire au minimum le risque de perturbations de l'écoulement de l'air causées par le mât lui-même.

**c. La girouette**

La girouette permet d'indiquer la direction du vent. Celle-ci est fixée sur un axe vertical.

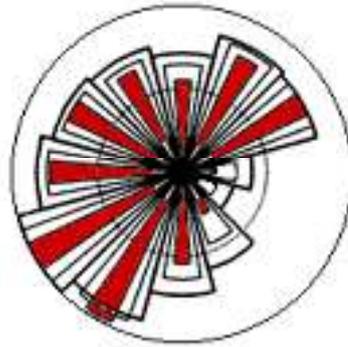


**Fig.1.2**

**d. La rose des vents**

Afin de mieux se faire une idée de la distribution des vitesses et des directions du vent, on peut construire une rose des vents à partir des observations météorologiques faites dans une région donnée.

La figure1.3 montre un exemple de la rose des vents. Elle se compose de plusieurs sections, l'horizon ayant été divisé en douze secteurs de 30 degrés chacun.



**Fig.1.3** La rose des vents

Le rayon de chacun des douze secteurs coniques indique la fréquence relative de chaque direction du vent. Comme la capacité énergétique du vent varie avec le cube de la vitesse du vent. Ce sont donc les sections marquées en rouge qui sont les plus intéressantes à étudier, lorsqu'on essaye de trouver un site favorable à l'installation d'une éolienne. Dans ce cas, nous voyons que la direction dominante du vent est sud-ouest, ce qui correspond tout à fait à la théorie avancée sur les vents globaux. La rose des vents nous indique les vitesses relatives du vent soufflant dans des directions différentes.

La rose des vents joue un rôle très important dans la localisation de sites appropriés à l'installation d'éoliennes.

Aussi, Il faut retenir que le vent ne souffle jamais de l'est ou du sud-est. Sachant que les régimes de vent ainsi que la capacité énergétique peuvent varier d'une année à une autre dans une plage de 10 %, pour obtenir des résultats probants, il faut entreprendre des calculs basés sur des observations s'étalant sur plusieurs années, (distribution de Weibull)

### **1.3. VITESSE ET CAPTAGE DE LA PUISSANCE DU VENT**

Pour capter l'énergie cinétique des masses d'air en mouvement, il s'agit de ralentir l'air qui traverse l'hélice en transformant les forces agissant sur les pales en puissance de rotation.

#### **1 3.1. Les Eoliennes**

##### **1.3.1.1. Définition**

Le système transformant l'énergie cinétique acquise par l'air propulsé à une certaine vitesse par le vent, en énergie mécanique est appelé éolienne. Cette énergie mécanique est généralement utilisée pour pomper l'eau ou produire de l'énergie électrique.

##### **1.3.1.2. Principe de fonctionnement de l'aérogénérateur**

Un aérogénérateur est un dispositif constitué d'un rotor muni de pales (turbine), d'un multiplicateur de vitesse et d'une machine électrique couplés mécaniquement entre eux. Celui-ci utilise la force du vent pour actionner les pales d'un rotor. L'énergie mécanique ainsi produite par la rotation des pales est transformée en énergie électrique grâce à une machine électrique.

L'énergie récupérable par une éolienne dépend de la surface balayée par son rotor.

Selon la gamme de puissance produite par l'aérogénérateur, on distingue les catégories suivantes :

- Eoliennes de petite puissance : couvre la gamme de puissance de 20W à 50kW réparties en trois catégories : micro éoliennes, 100W maximum, mini éoliennes de 100W à 10kW et petites de 10 à 50KW.
- Eoliennes de moyenne puissance : de 50 à quelques centaines de kW.
- Eoliennes de forte puissance : supérieure à 1 MW.

#### 1.4. DIFFERENTS TYPES D'EOLIENNES

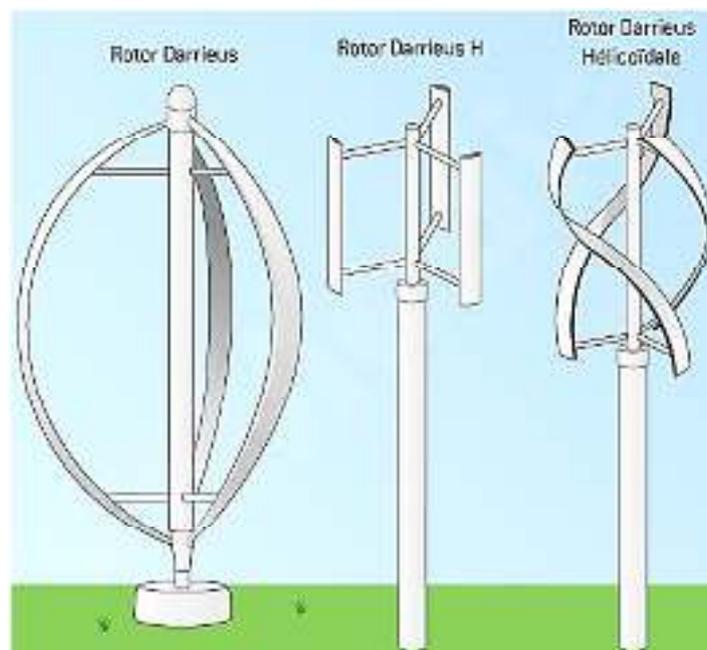
Les éoliennes sont classées suivant la disposition géométrique de l'arbre couplé à la turbine. Il existe principalement deux types de turbines éoliennes:

- Turbine à axe vertical ;
- Turbines à axe horizontal.

##### 1.4.1. Turbine à axe vertical

Les turbines à axe vertical présentent certains avantages, entre autres la localisation de machines et des appareils au sol, l'absence du besoin d'orientation du système par rapport à la direction du vent. Elles sont peu bruyantes caractérisées par une faible vitesse de rotation. Cependant, le palier bas portant le poids de la turbine reste un point très sensible. Il existe principalement quatre technologies de ce type d'éoliennes (fig.1.6) [7], [9]:

- Les turbines Darrieus;
- Les turbines Darrieus à pales droites (type-H);
- Les turbines Darrieus hélicoïdales;
- Les turbines Savonius.



**Fig.1.6** Turbines de type Darrieus, [19]

##### 1.4.2.1. Eolienne Darrieus

Elle est constituée de plusieurs pales biconvexes, en générale deux ou trois montées symétriquement et liées rigidement entre elles, tournant autour d'un axe vertical. Les formes utilisées pour les surfaces décrites par les pales sont cylindriques, tronconique ou

parabolique. La rotation du système est basée sur le principe de variation cyclique du vent, le rotor est soumis à des forces de directions et intensités variables. Le couple de démarrage de ce type d'éoliennes est proche de zéro ce qui nécessite un dispositif auxiliaire de démarrage.

Ce type d'éolienne n'a connu que peu de succès à cause de la fragilité de sa structure et un mât haubané.

#### 1.4.2.2 Eolienne Savonius

Ce type d'éoliennes est le premier à être utilisé dans la conversion d'énergie éolienne. Leur rotor est monté verticalement par rapport à la terre. Leur fonctionnement est basé sur la poussée axiale du vent et son incidence sur l'arbre du système. Cette catégorie d'éolienne a vu plusieurs prototypes, mais deux seulement ont atteint l'étape d'industrialisation.

La figure (1.7) représente le rotor de ce type d'éolienne constitué de deux sections semi-circulaires cylindriques formant approximativement un **S**. Il est basé sur le principe de la traînée différentielle. Les efforts exercés par le vent sur chacune des faces du corps creux sont d'intensités différentes. Il en résulte un couple entraînant la rotation de l'ensemble. Le rotor de Savonius nécessite un grand couple de démarrage.



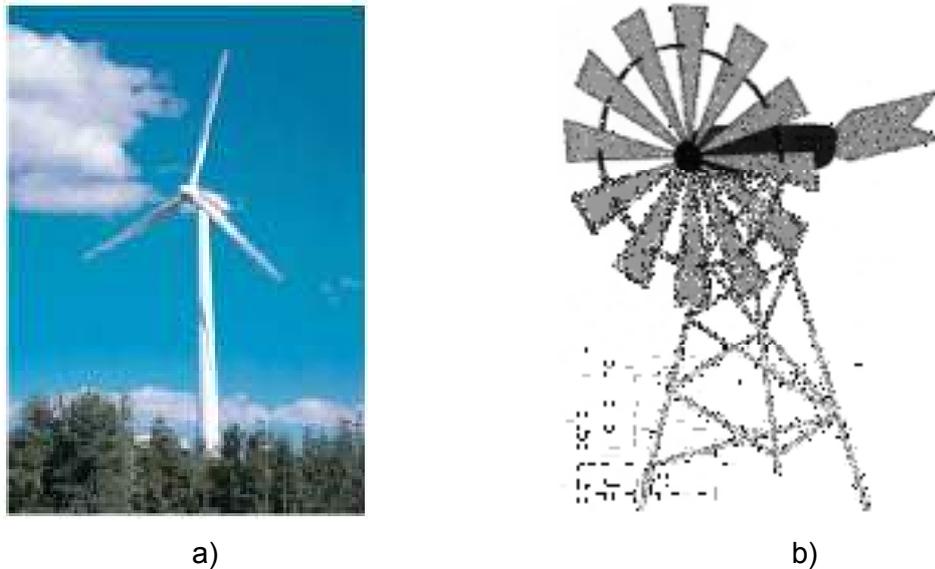
**Fig. 1.7** Turbine Savonius

#### 1 4.1. Turbine à axe horizontal

La plupart des éoliennes actuellement installées utilisent des turbines à axe horizontal. Les différentes constructions des aérogénérateurs utilisent des voilures à une, deux, trois pales qui sont les plus courantes ainsi que les multipales.

#### 1.4.2. Conception tripale

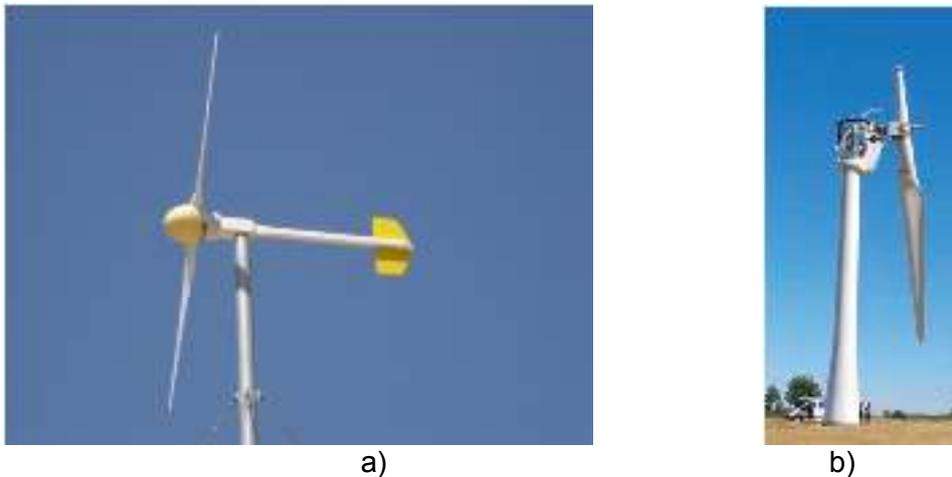
L'utilisation de rotor à trois pales est prédominante dans l'ensemble des systèmes de moyenne et grande puissance, à cause de leur stabilité dynamique et impact visuel ( Fig.1.8a). La figure (1.8.b) représente Eolienne horizontale multipale.



**Fig.1.8** Eoliennes tripale et multipale

### 1.4.3. Conception bipale

Les éoliennes bipales (Fig1.9a) possèdent quelques inconvénients, entre autres une vitesse de rotation bien plus élevée pour produire la même quantité d'énergie qu'une éolienne tripales; de même que des vibrations cycliques importantes.



**Fig.1.9** a) Eolienne bipale; b) Eolienne monopale

### 1.6.3. Conception monopale

Les éoliennes monopales ne sont que rarement utilisées à causes des désagréments qu'elles créent, principalement une vitesse de rotation plus élevée, et des bruits plus accentués, (Fig.1.9b)

Les aérogénérateurs à axe horizontal utilisés pour la production d'énergie électrique sont principalement à trois pales fixes ou orientables pour contrôler la vitesse de rotation.

Les principaux avantages des éoliennes à axes horizontal sont caractérisés par:

- une faible occupation du sol par rapport aux éoliennes à axes verticales;
- captage du vent en hauteur mieux qu'au voisinage du sol ce qui permet d'obtenir une

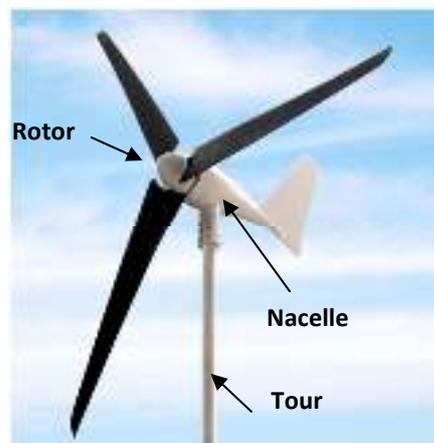
- plus grande de vitesse de rotation;
- la possibilité de contrôler la vitesse pour avoir le maximum de puissance générée;
- l'absence de nécessité d'un dispositif auxiliaire de démarrage;
- un bon rendement;

Les principaux inconvénients des éoliennes à axe horizontal sont:

- le coût de construction très élevé;
- la difficulté d'intervention pour la maintenance des équipements situés au sommet de la tour;
- La nécessité d'un système d'orientation des pales.

### 1.5. ARCHITECTURE D'UNE EOLIENNE A AXE HORIZONTAL

On peut considérer trois composants essentiels dans une éolienne, le rotor, la nacelle et la tour, comme illustré sur la figure (1.10).



**Fig.1.10** Composantes d'une éolienne

#### 1.5.1. Tour ou mât

C'est un pylône qui supporte la nacelle et le rotor de l'éolienne. Généralement, elle a la forme d'un tube en acier conique, cylindrique, ou d'un treillis métallique protégé contre la corrosion ou bien en béton armé fixée sur une assise de béton (ou fondation).

. Afin de capter un maximum d'énergie cinétique du vent et d'éviter les perturbations près du sol, la tour doit être assez haute. Sa hauteur est proportionnelle à la puissance de l'éolienne

A l'intérieur se trouvent les câbles de transport de l'énergie électrique, l'appareillage de connexion au réseau de distribution et l'échelle d'accès à la nacelle.

Quelque soit le type de support utilisé, il faut tenir compte de :

- Protection contre la corrosion.
- Facilité de montage.
- Risque de givrage.

La puissance de l'énergie éolienne est une fonction du diamètre du rotor et de la hauteur du mât. Cela signifie que plus la tour et les pales sont grandes, plus fortes seront les vitesses du vent et par conséquent, une extraction énergétique plus importante.

### 1.5.2. Le rotor

C'est un ensemble constitué d'un jusqu'à trois pales fixées à un moyeu raccordé à l'arbre primaire de la turbine (arbre lent). Son rôle est de capter et de transformer l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique.

L'utilisation du système à trois pales assure un bon compromis entre le coefficient de puissance, le coût et la vitesse de rotation captée; de même qu'il limite les vibrations et le bruit, et assure une stabilité et une augmentation de la durée de vie du rotor.

Le moyeu est une pièce d'acier moulé portant les pales, (Fig.1.11)



**Fig. 1.11** Exemple d'un moyeu, [74].

Les pales sont une partie très importante des éoliennes, (Fig.1.14). La longueur de la pale détermine le diamètre de l'hélice qui fixe la fréquence de rotation maximum tolérée afin de limiter les contraintes en bout des pales dues à la force centrifuge. Le profil est choisi en fonction du couple désiré. Généralement, les aérogénérateurs de faible et moyenne puissances, les pales ne sont pas vrillées, contrairement à celles de grandes puissances, (c'est-à-dire qu'elles prennent la forme d'une hélice).



**Fig. 1.12** Pales mesurant environ 15 m de long

### 1.5.3. Nacelle

Placée en haut de la tour, la nacelle est destinée à abriter toutes les installations mécaniques et électriques afin de leurs assurer une protection environnementale.

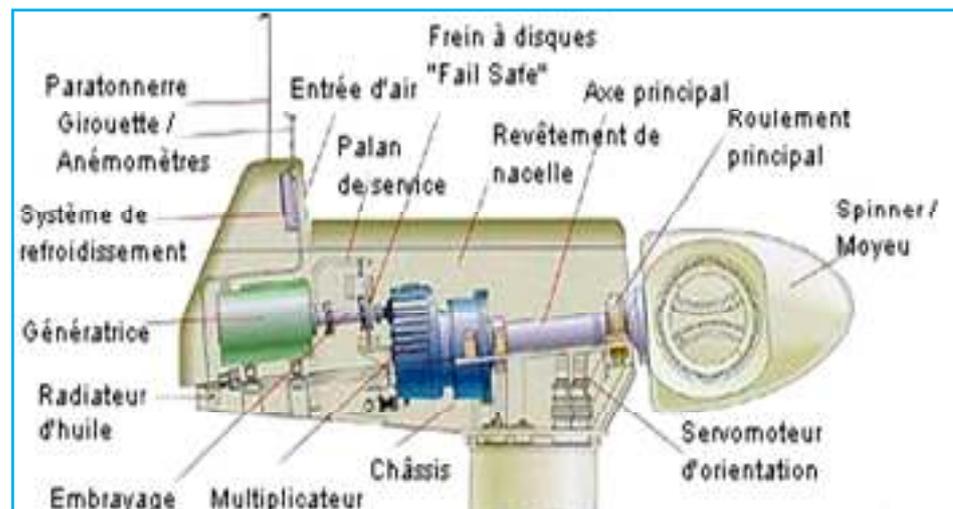


Fig. 1.13 Eléments d'une nacelle, [71].

La nacelle se compose des éléments suivants:

- **L'arbre primaire (arbre lent):** relie le moyeu au multiplicateur de vitesse. Il renferme un système hydraulique assurant la freinage aérodynamique de la turbine en cas de besoin.

- **Le multiplicateur de vitesse :** sert à adapter la vitesse de la turbine à celle de la génératrice électrique.

- **L'arbre secondaire:** relie le multiplicateur de vitesse à la génératrice. Il est associé généralement un frein mécanique qui permet d'immobiliser le rotor lors des opérations de réparation et de maintenance.

- **Le générateur :** est une machine électrique qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Il existe plusieurs types de machines utilisées dans les systèmes éoliens, principalement, les machines asynchrones, synchrones à aimants permanents et à reluctance variables.

- **Le contrôleur :** a pour rôle d'assurer une surveillance continue du fonctionnement de l'éolienne. Il gère le démarrage de la machine lorsque la vitesse du vent est suffisante, le pas des pales, le freinage de la machine, l'orientation de l'ensemble (rotor, nacelle) face au vent de façon à maximiser la récupération d'énergie.

- **Le système de refroidissement:** se compose généralement d'un ventilateur électrique destiné au refroidissement de la génératrice, ainsi que de radiateurs à l'huile pour refroidir le multiplicateur.

- **Le dispositif d'orientation de la nacelle:** permet la rotation de la nacelle autour de l'extrémité supérieure de la tour. Cette rotation est assurée généralement par des moteurs électriques par l'intermédiaire d'une couronne dentée. Dans les éoliennes de faibles puissances cette orientation est assurée par un gouvernail.

- **Le système d'orientation des pâles:** permet le contrôle de la puissance cinétique captée par l'éolienne.

## 1.6. CONCEPTION DES PALES

Les éoliennes à axe horizontal sont les plus répandues grâce à leur rendement élevé. Elles peuvent être à marche lente. Pour cela, elles sont munies soit d'un grand nombre de pales (entre 20 et 40), dont leurs diamètres sont limités à cause d'une inertie conséquente, soit de trois pales. Concernant les éoliennes à marche rapide, elles sont munies de 1 à 2 pales, (Fig.1.14).

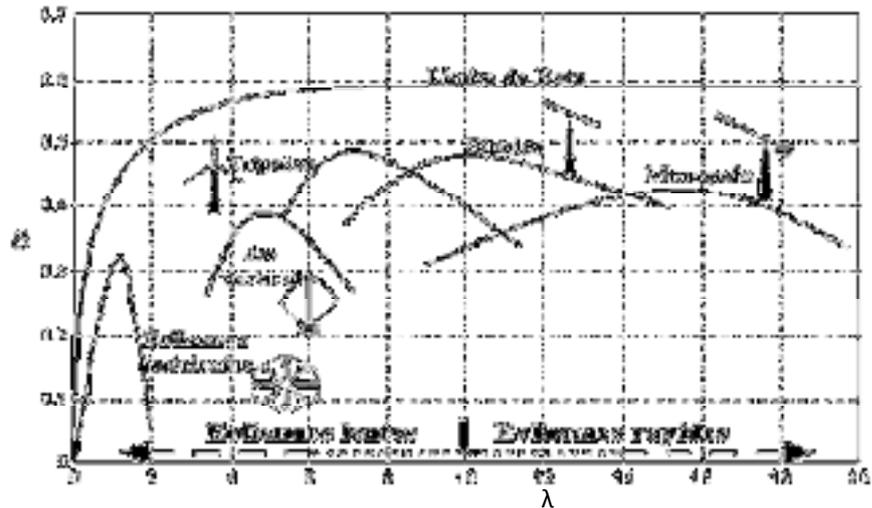


Fig.1.14 Courbes caractéristiques des aérogénérateurs [15]

## 1.7. TYPES DE SYSTEMES EOLIENS

L'exploitation de l'énergie électrique produite par une éolienne peut se faire de deux manières, soit pour être connectée au réseau où on trouve deux types de production (centralisé et décentralisé) soit pour alimenter une charge isolée (système autonome).

### 1.7.1. Eolienne connectée au réseau électrique

C'est la méthode la plus utilisée. Elle permet de compenser le manque de puissance de l'éolienne par la puissance générée par les centrales conventionnelles. Cette méthode est moins complexe puisqu'elle facilite le système de commande de l'éolienne pour avoir une puissance optimale. Cependant, cette technique exige une qualité de l'énergie injectée.

Les éoliennes raccordées au réseau électrique sont généralement regroupées dans un parc éolien. En pratique, on peut trouver aussi des éoliennes isolées connectées au réseau.

**Selon le type de production, il existe quatre configurations d'injection:**

- **Centralisée (centrale éolienne)** : Utilisés pour renforcer le réseau conventionnel durant les périodes de pics de puissances;
- **Décentralisée** : En quantité unitaire, les systèmes décentralisés de petite puissance sont les plus courants. Selon la portion injectée, on distingue trois sortes de systèmes :
  - le raccordement en vente totale de la production;

- **en vente surplus** : l'énergie produite par l'éolienne est globalement consommée par l'utilisateur. Dans le cas où la production n'est pas suffisante, le réseau servira de soutien, sinon le surplus est vendu au réseau;

- **en autoconsommation** : l'éolienne est raccordée au réseau mais toute la production est consommée par l'utilisateur. Cependant, en présence de surplus, celle-ci est envoyée gratuitement au réseau électrique.

### 1.7.2. Eolienne alimentant une charge isolée

Dans le cas où l'éolienne n'est pas reliée à un réseau de distribution, on parle d'une installation éolienne autonome ou isolée. Elle est destinée à fournir de l'énergie à des sites isolés comme le pompage d'eau pour l'irrigation des champs, l'alimentation en énergie électrique de fermes ou de hameaux, etc ...

Une installation autonome nécessite une énergie d'appoint (un groupe électrogène, des batteries de condensateurs ou un autre dispositif de stockage).

## 1.8. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ENERGIE EOLIENNE

L'utilisation croissante et rapide de l'énergie éolienne dans le monde est liée aux avantages qu'elle présente.

### 1.8.1. Avantages

- l'énergie éolienne est une énergie renouvelable propre, écologique, fiable, économique, et inépuisable. C'est une énergie respectueuse de l'environnement;
- c'est une énergie d'appoint aux énergies traditionnelles notamment durant les pics de consommation;
- L'énergie éolienne est une énergie sans risque par rapport l'énergie nucléaire et ne produit pas de gaz à effet de serre;
- l'installation des turbines éoliennes est relativement simple;
- l'exploitation de l'énergie éolienne n'est pas un procédé continu puisque les éoliennes peuvent facilement être arrêtées.
- la durée de vie des éoliennes modernes est comparable celle des centrales de production d'énergie conventionnelles;
- les éoliennes sont facilement démontables sans laisser de trace et sont en grande partie recyclable;
- c'est une source d'énergie universelle puisqu'elle se trouve dans toutes les parties du monde.
- elle est moins coûteuse relativement aux autres énergies renouvelables;

### 1.8.2. Inconvénients

Parmi les inconvénients, on peut citer:

- la présence de bruits mécaniques (multiplicateurs) et aérodynamiques (vitesse de rotation du rotor) qui peuvent atteindre les 55dB;
- la faible qualité d'énergie électrique produite à cause du caractère aléatoire de la vitesse du vent;
- les éoliennes créent des paysages indésirables;
- cette énergie reste tributaire de la météo et de l'environnement;
- le coût élevé par rapport aux autres sources d'énergie classique ;
- elles nuisent à la migration des oiseaux.

### 1.9. CONDITIONS D'IMPLANTATION DES AEROGENERATEURS

L'éolienne devra être :

- située sur un plateau ou une colline de faible pente;
- sur une surface dégagée et régulière, à une distance suffisante d'au moins 100m des obstacles naturels et loin des voies migratoires des oiseaux.
- orientées vers les vents dominants;
- la nature du sol doit être suffisamment résistante pour supporter les fondations de l'éolienne.
- l'accessibilité du site nécessaire au transport et au montage des différents éléments de l'éolienne;
- les fermes d'éoliennes doivent être situées à proximité des postes de transformation haute tension afin d'assurer une connexion au réseau électrique au moindre coût;
- d'autres critères peuvent entrer en considération lors du choix du site.

### 1.10. EOLIENNES INSTALLEES EN MER « EOLIENNE OFFSHORE »

Cette appellation provient du terme anglais « offshore » qui signifie littéralement « hors côtes », utilisées pour désigner des éoliennes installées en mer, (Fig.1.15).

Leur exploitation fait face à des vents plus forts et plus stables, avec un rendement meilleur assuré par une absence d'obstacles.



**Fig. 1.15 Montage des éoliennes de 2.3 MW**  
dont le rotor culmine à 80m au-dessus de l'eau , [70].

### Avantages et inconvénients de la technologie éolienne offshore

#### 1.10.1 Avantages

- La mer étant plane, les vents rencontrent moins d'obstacles et sont par conséquent plus soutenus, plus réguliers et moins turbulents que sur terre. A puissance égale, une éolienne offshore peut produire jusqu'à 2 fois plus d'électricité qu'une éolienne terrestre.
- La mer offre de grands espaces libres d'obstacles, où l'implantation des machines est possible, sous réserve de la législation en vigueur.

#### 1.10.2 Inconvénients

- une éolienne offshore peut coûter jusqu'à 50% plus cher qu'une éolienne terrestre;
- en plus des efforts du vent sur les pales et la structure, l'éolienne est aussi soumise mécaniquement aux efforts créés par les courants;

- l'installation et la maintenance des éoliennes en mer sont plus compliquées;
- Le raccordement électrique nécessite l'installation de câbles sous-marins jusqu'à la côte sur des distances importantes ce qui nécessite un transport en courant continu.

### 1.11. L'ETAT DE L'ENERGIE EOLIENNE EN ALGERIE

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifiés. En effet, le pays est subdivisé en deux grandes zones géographiques distinctes: le nord méditerranéen caractérisé par un littoral de 1200 km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien. Entre elles, s'intercalent des plaines et des hauts plateaux de climat continental. Le Sud, quant à lui, est caractérisé par un climat saharien.

Une étude préliminaire de l'évolution saisonnière et annuelle de la vitesse moyenne du vent a permis de faire une première identification des régions ventées de l'Algérie. Cette représentation de la vitesse sous forme de carte, a deux objectifs : le premier est d'identifier les vastes régions avec de bonnes promesses d'exploitation de l'énergie éolienne; le second est de mettre en évidence la variation relative de la ressource à travers l'Algérie. La figure (1.16) montre que le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement le Sud-ouest avec des vitesses supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar. Quant au Nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peu élevée. On note cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Bejaia et Annaba, sur les hauts plateaux de Tiaret et El Kheiter ainsi que dans la région délimitée par Bejaia au Nord et Biskra au sud, [27].

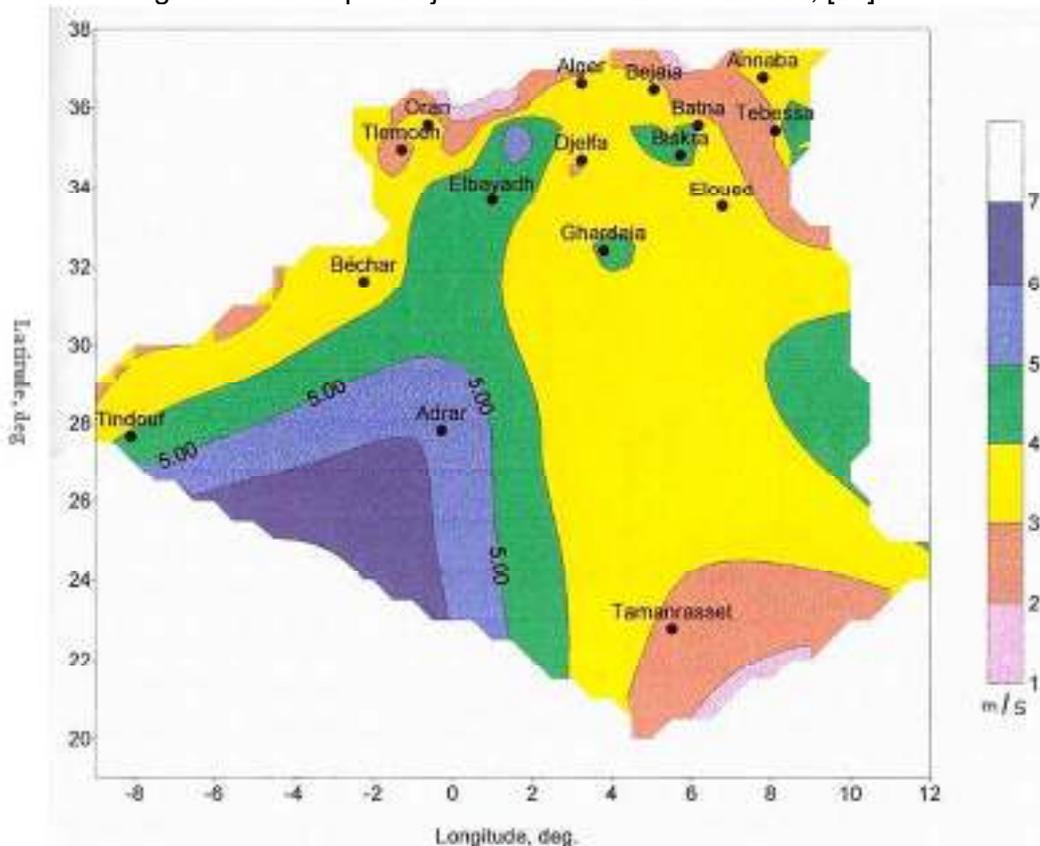


Fig.1.16 Carte des vents en Algérie, [27]

Toutefois, la vitesse du vent subit des variations en fonction des saisons qu'on ne doit pas négliger, [27].