

L'Energie Eolienne



Université d'Alger 1

Dr BOUCHEFRA ép.
BOUABDALLAH Yasmina

Email : *byasmina.
bouabdallah@gmail.com*

Université d'Alger 1 Ben
Youcef Ben Khedda

Faculté des Sciences

Département Sciences de la
matière

1.0

Mars 2024

Table des matières

I - II. Gisement éolien	3
1. Objectif spécifique	3
2. II.1 Comment fonctionne le vent ?	3
3. II.2 Mesure du vent	3
4. II.3 Évaluation du potentiel des ressources éoliennes	5
4.1. II.3.1 Ressources éoliennes	5
4.2. II.3.2 L'énergie du vent: la densité de l'air et la surface balayée par le rotor	5
4.3. II.3.3 Le détournement du vent	6
5. II.4 Évolution mondiale de l'énergie éolienne	6
5.1. II.4.1 L'éolien en Algérie	7
5.2. II.4.2 Carte de gisement éolien en Algérie	7
6. Série de TD	9

I II. Gisement éolien

1. Objectif spécifique

Distinguer les concepts clés liés aux gisements éoliens, tels que la ressource en vent, l'évaluation du potentiel éolien et les contraintes de site.

Définir les différentes méthodes d'analyse et de caractérisation des gisements éoliens, y compris les mesures sur site, la modélisation numérique et les techniques d'analyse statistique.

2. II.1 Comment fonctionne le vent ?

Tout commence à cause du soleil : il chauffe les mers et les continents, puis ces derniers chauffent ensuite les masses d'air au-dessus d'eux. L'air ainsi chauffé augmente de volume, il devient plus léger et s'élève.

Cet air chaud qui monte rencontre un air froid qui descend : on dit alors qu'il y a **une zone de basse pression** et **une zone de haute pression**. L'air contenu dans la première zone attire celui présent dans la deuxième zone : l'air se met alors à bouger, c'est du vent.

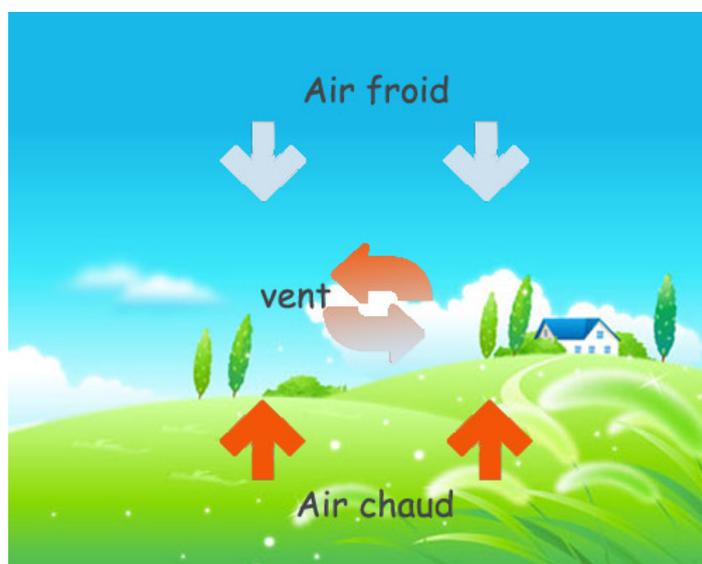


Figure II.1 : Comment fonctionne le vent ?

3. II.2 Mesure du vent

Au sol, en mer et en altitude, le vent se mesure en kilomètres par heure, en mètres par seconde ou en nœuds. Les stations météorologiques utilisent des **anémomètres** (indiquant la vitesse) et **des girouettes** (ou manches à air) (indiquant la direction) pour effectuer des mesures directes sur terre ou sur mer. Les anémomètres mécaniques sont constitués de coupes à vent qui tournent autour d'un axe lorsque le vent souffle. Il existe d'autres versions,

notamment celles dites à fils chauds, où la variation de température de la thermistance provoquée par le flux d'air correspond à la vitesse de ce dernier. Les changements de vent avec la hauteur sont surveillés par des radiosondes ou par le mouvement de ballons-sondes mesuré à partir du sol.

- Les changements de vent avec la hauteur sont surveillés par des radios ondes ou par le mouvement de ballons-sondes mesuré à partir du sol.
- À l'aide de certains instruments radar des satellites météorologiques, les vents peuvent être estimés depuis l'espace partout sur Terre, y compris dans les lieux inhabités (déserts, montagnes, océans).
- En aviation, la vitesse du vent est estimée à l'aide de deux tubes de Pitot, le premier opposé à la direction du mouvement et la seconde perpendiculaire à la direction du mouvement,
- si les marins n'avaient pas d'instrument pour la mesurer, ils utilisaient l'échelle de Beaufort (une échelle fermée à 13 niveaux allant de l'intensité 0 à 12) pour estimer sa force, cette échelle relie l'effet du vent sur la surface de la mer (hauteur des vagues, production d'embruns, etc.) à sa vitesse.



Figure II.2 : Anémomètre et girouette

4. II.3 Évaluation du potentiel des ressources éoliennes

4.1. II.3.1 Ressources éoliennes

- *Les vents géostrophiques*

Ceux-ci sont avant tout le produit d'écart de température et des variations de pression qui en suivent. Aussi la surface du sol n'influe-t-elle que peu sur la direction et la vitesse de ces vents. On les trouve à des hauteurs supérieures à 1.000 m au-dessus du niveau du sol. Leurs vitesses peuvent être mesurées en utilisant des ballons-sondes.

- *Vents locaux*

Comme 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.

- *Les vents de montagne*

Les régions montagneuses donnent naissance à beaucoup de phénomènes climatologiques intéressants. Elle se produit sur les versants exposés au sud dans l'hémisphère Nord (au nord dans l'hémisphère Sud). Le réchauffement des versants et de l'air avoisinant font tomber **la densité de l'air**. Si le creux d'une vallée est en pente, les vents montant et descendant le long des versants qui entourent la vallée. Les vents s'écoulant le long des versants des montagnes peuvent être très violents.

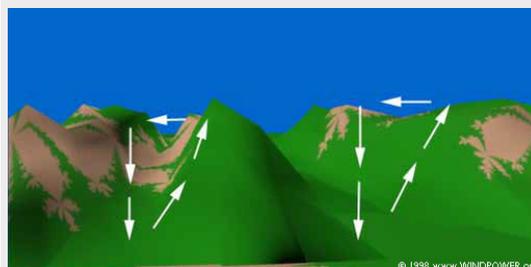


Figure II.3 : Le vent aux versants des montagnes

4.2. II.3.2 L'énergie du vent: la densité de l'air et la surface balayée par le rotor

Une éolienne capte l'énergie cinétique du vent et la convertit en un couple qui fait tourner les pales du rotor. Trois facteurs déterminent le rapport entre l'énergie du vent et l'énergie mécanique récupérée par le rotor: la densité de l'air, la surface balayée par le rotor et la vitesse du vent.

L'énergie cinétique contenue dans un objet en déplacement est proportionnelle à sa masse volumique (ou son poids). Elle dépend donc de **la densité de l'air**, c.-à.-d. la masse de l'air par unité de volume. la densité diminue un peu lorsque l'humidité de l'air augmente.

De même, l'air froid est plus dense que l'air chaud, tout comme la densité de l'air est plus faible à des altitudes élevées (dans les montagnes) à cause de la pression atmosphérique plus basse qui y règne.

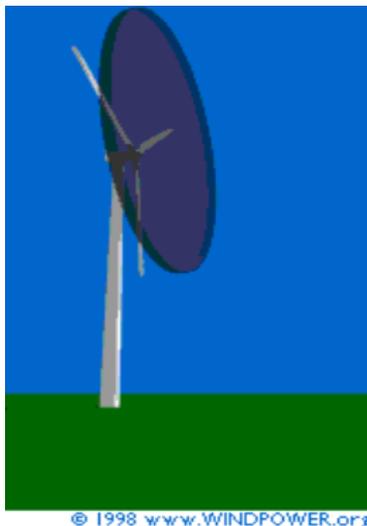


Figure II.4 : la surface balayée par le rotor

4.3. II.3.3 Le détournement du vent

Une éolienne freine obligatoirement le vent lorsqu'elle capte son énergie cinétique et la convertit en énergie rotative. Pour cette raison, la vitesse du vent à l'avant du rotor (à droite) est toujours supérieure à celle à l'arrière (à gauche).

Comme la masse d'air traversant la surface balayée par le rotor (par seconde) est égale à celle sortant à gauche, la veine d'air s'élargit forcément à l'arrière du rotor, ce que nous avons essayé d'illustrer sur cette image en dessinant autour du rotor un tube imaginaire, appelé aussi **un tube de courant**.

Le vent ne sera pas freiné à sa vitesse finale juste après avoir traversé l'hélice - le freinage aura lieu progressivement jusqu'à ce que la vitesse de l'air à l'arrière du rotor devienne à peu près constante

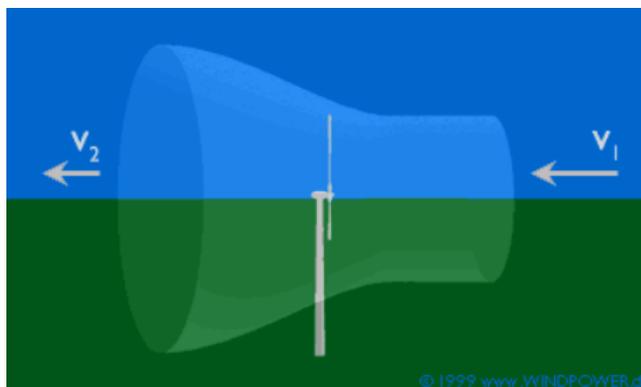


Figure II.5 Le tube de courant

5. II.4 Évolution mondiale de l'énergie éolienne

Sa production et sa puissance ont été multipliées par 10 en 10 ans. L'éolien représente fin 2016, 486749 MW de puissance installée dans le monde et connaît une croissance très importante.

En effet, près d'un quart de siècle après le renouveau de cette filière, d'abord au Danemark Unis, puis en Allemagne, en Inde et maintenant en Espagne, en Chine, au Japon et en Amérique latine, la puissance électrique d'origine éolienne installée dans le monde a dépassée les 400.000 MW fin 2016 comme le montre la figure ,

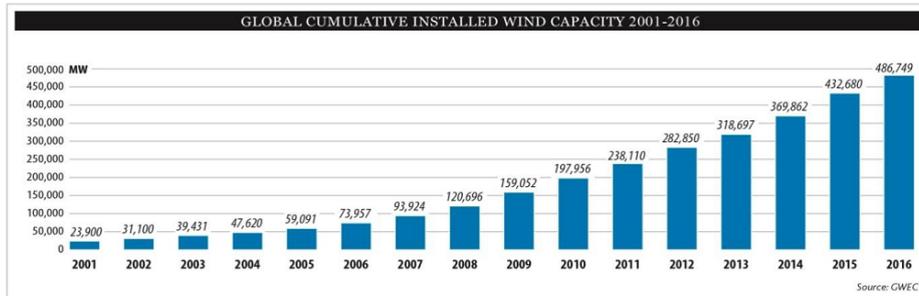


Figure II.6: Évolution de la puissance nominale installée dans le monde

5.1. II.4.1 L'éolien en Algérie

En Algérie, la première tentative de raccorder les éoliennes au réseau de distribution d'énergie électrique date de 1957, avec l'installation d'un aérogénérateur de 100 kW sur le site des Grands Vents (Alger), Conçu par l'ingénieur français ANDREAU, ce prototype avait été installé initialement à St-Alban en Angleterre. Ce bipale de type pneumatique à pas variable de 30m de haut avec un diamètre de 25 m fut racheté par Électricité et Gaz d'Algérie puis démontée et installée en Algérie.

De nombreux autres aérogénérateurs ont été installés sur différents sites, notamment pour l'alimentation énergétique des localités isolées ou d'accès difficiles, telles que les installations de relais de télécommunications.

Une possibilité d'exportation allant jusqu'à 12000 MW en 2030 avec une possibilité d'exportation de 10000 MW.

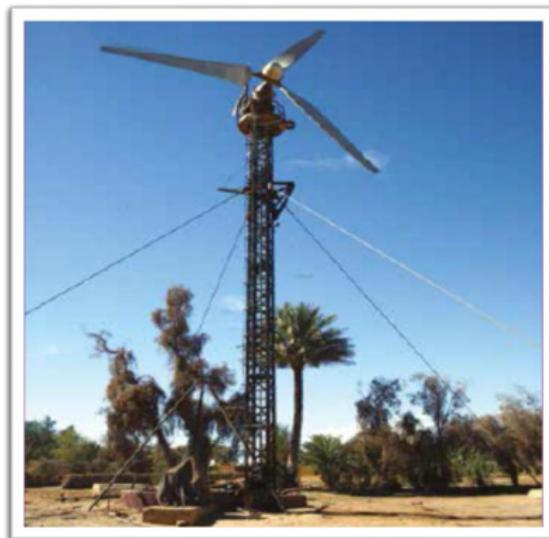


Figure II.7: Éolienne de 100 kW

5.2. II.4.2 Carte de gisement éolien en Algérie

Le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER), publie, à l'occasion du solstice d'hiver, une nouvelle carte du gisement éolien national. L'Algérie prévoit d'atteindre à l'horizon 2030 près de 40% de la production nationale d'électricité de sources renouvelables [6]. Bien que le choix de l'énergie solaire soit prédominant, l'énergie éolienne représente le deuxième axe de production de ce programme.

Plusieurs chercheurs de l'EPST CDER ont depuis quelques années axés leurs recherches dans l'élaboration de cartes éoliennes de l'Algérie .



Figure II.8 : Photo satellite de la ferme éolienne implanté à Adrar

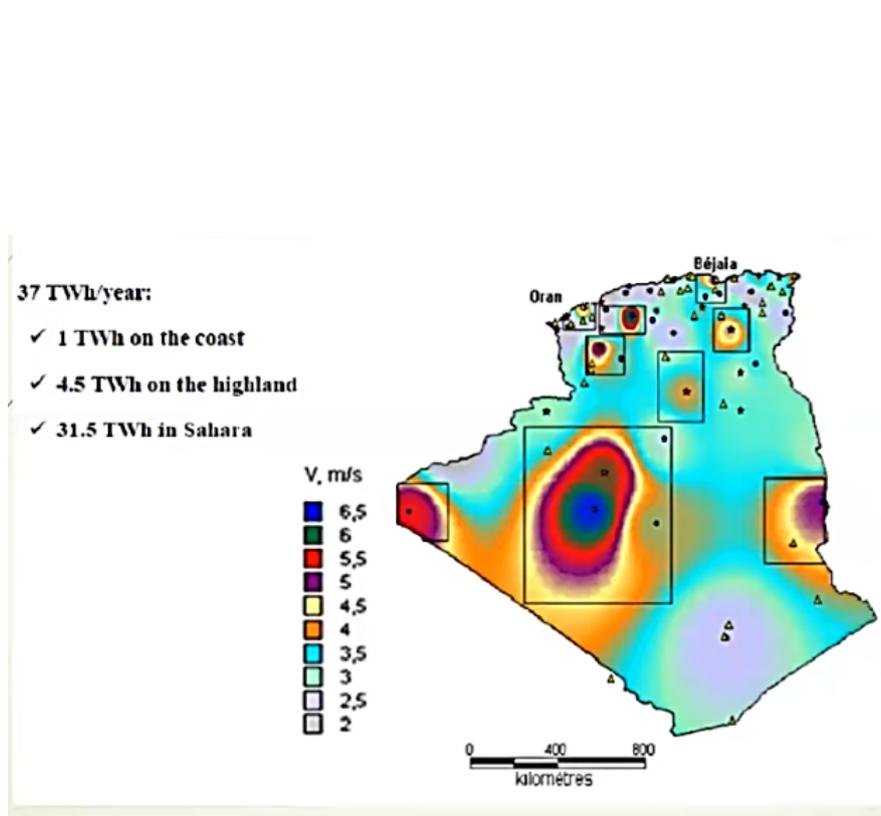


Figure II.9 : La vitesse moyenne du vent en Algérie estimée

Wilaya	Longitude (deg)	Latitude (deg)	Rugosité (deg)	Vitesse du vent (m/s)
Adrar	0.28	27.82	0.01	5.9
Timimoune	0.28	28.29	0.01	5.1
Tiaret	1.47	35.37	0.02	4.7
Tindouf	-8.10	27.67	0.00	4.6
Ghardaïa	3.80	32.40	0.03	4.6

Tableau 2: Stations dont les vitesses de vent ont été publiées dans l'Atlas Vent produit par l'O.N.M.

⊕ Complément

On peut dire que le sud du pays a un réel potentiel dans l'éolien comme on peut le voir à Adrar que le vent se lève à plus de 5.9 m/s c suffisent pour faire tourner le rotor.

6. Série de TD

Exercice 01 :

Nous souhaitons trouver les dimensions des pales d'une éolienne à vitesse fixe pour obtenir une puissance mécanique de 750 kW pour une vitesse de vent de 13,8 m/s. On considère un coefficient de puissance C_p égal à 0,2. Déterminer la valeur de la longueur de notre pale ou le rayon de la surface balayée par la turbine ?

Exercice 02:

Un parc de 84 éoliennes fournit une production énergétique annuelle de 190GWh. Sa puissance totale est d'environ 50 MW.

1. Calculer la puissance de chacune des éoliennes.
2. Les éoliennes ne fonctionnent pas en continu. Combien de temps ces éoliennes ont-elles « tourné » pour produire 190GWh ?
3. Déterminer la valeur de nombre d'éolienne de ce type faudrait-il implanter pour produire l'énergie électrique annuellement produite en France de $5,2 \cdot 10^{14}$ Wh ?