



HAL
open science

Etude des performances d'un système éolien. Application pour des sites algériens

Rachid Maouedj, Souad Bousalem, Boumediene Benyoucef

► To cite this version:

Rachid Maouedj, Souad Bousalem, Boumediene Benyoucef. Etude des performances d'un système éolien. Application pour des sites algériens. JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00163923

HAL Id: hal-00163923

<https://hal.science/hal-00163923>

Submitted on 29 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ETUDE DES PERFORMANCES D'UN SYSTEME EOLIEN. APPLICATION POUR DES SITES ALGERIENS

Rachid MAOUEDJ*, Souad BOUSALEM** et Boumedien BENYOUCEF **

* Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien. Adrar. Algérie

: ra_maouedj@yahoo.fr

** Unité de Recherche des Matériaux et Energies Renouvelables. Tlemcen. Algérie.

Résumé : Le présent article fait état des récents développements concernant les systèmes de conversion de l'énergie éolienne mentaux qui y sont associés. Il présente aussi une modélisation et simulation d'un système de conversion éolienne sur les sites de Tlemcen et d'Adrar en utilisant les paramètres météorologiques et radio métriques et la détermination des paramètres de Weibull k et C et la puissance récupéré (vitesses moyennes du vent) en fonction de l'altitude et de rugosité du site.

Mos clés : système de conversion éolienne, paramètres de Weibull, vitesses moyennes du vent, puissance récupéré.

1. INTRODUCTION :

L'estimation des ressources en énergie éolienne présente une difficulté majeure. Contrairement aux réserves en combustible fossile, la quantité d'énergie disponible varie avec la saison et l'heur du jour. L'énergie éolienne est d'avantage influencée par la topographie que l'énergie solaire. De plus, la quantité totale d'énergie éolienne convertibile sur le territoire d'une nation, dépend de façon significative des caractéristiques, du rendement espéré, du dimensionnement et de la répartition horizontale des éoliennes.

2. DONNEE METEROLOGIQUE DE LA WILAYA DE TLEMCEN ET D'ADRAR



Figure (1) : Carte géographique de l'Algérie (Situation géographique des sites de Tlemcen et d'Adrar [1].

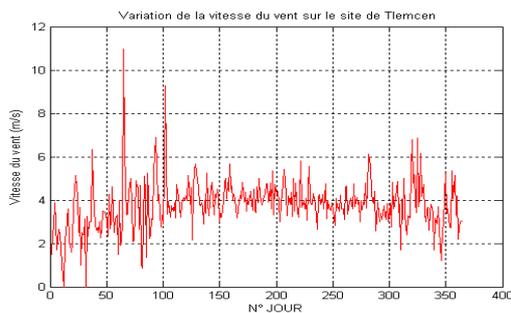


Figure (2) : variation de la vitesse journalière du vent au site de Tlemcen.

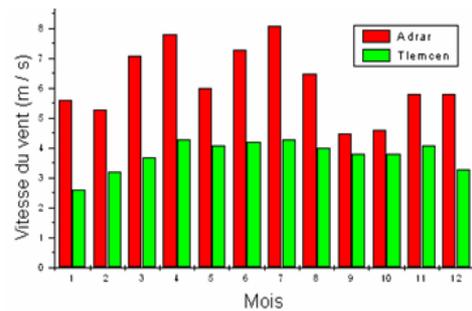


Figure (3) : Moyenne mensuelles de la vitesse du vent [2].

La figure (3) représente la distribution moyenne mensuelle de la vitesse de vent (Année 2002) sur les sites de Tlemcen (la station météorologique de Zénata " Aéroport") et le site d'Adrar à une hauteur de 10 m du sol [2, 3]. On remarque, sur cette figure, que le site de Tlemcen présente une évolution du vent pratiquement uniforme durant l'année (pas de fluctuation et facile a dimensionné). Par contre la région d'Adrar est caractérisée par des variations mensuelles énormes.

Le site de Tlemcen offre un potentiel énergétique éolien assez faible et ne peut être rentable que pour des systèmes de petites puissances. Par contre le site d'Adrar est caractérisé par un potentiel énergétique très important, et peut être rentable même pour les grandes installations.

3. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE CONVERSION D'ENERGIE EOLIENNE :

3.1. La fonction de distribution de Weibull :

La distribution de Weibull, donnée par l'équation (1), est une distribution à deux paramètres (C et K), qui permet de se rendre en compte quelques propriétés importantes de la distribution du vent en fonction de ces deux paramètres [4, 5]:

$$f(V) = \left(\frac{k}{C}\right) \cdot \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right] \quad (1)$$

C facteur d'échelle, [m/s], et k est le facteur de forme, sans dimension.

3.2. Caractéristique vitesse – altitude :

La vitesse du vent augmente avec l'altitude. Cette dépendance s'exprime par la loi (empirique) de Davenport et Harris [4] :

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^\alpha \quad (2)$$

Où V_1 et V_2 sont les vitesses aux hauteurs respectives Z_1 et Z_2 .

3.3. Model modifié d'extrapolation de Justus et Mikhaïel [5, 6]

En 1976, Justus et Mikhaïel ont proposé, pour une référence d'altitude initiale égale à 10 m ; les formules suivantes donne la variation des paramètres de Weibull en fonction de l'altitude :

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{1 - 0,0881 \cdot \text{Ln}\left(\frac{Z_1}{10}\right)}{1 - 0,0881 \cdot \text{Ln}\left(\frac{Z_2}{10}\right)} \quad \text{et} \quad \frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^m \quad \text{avec} \quad m = \frac{0,37 - 0,0881 \cdot \text{Ln}(C_1)}{1 - 0,0881 \cdot \text{Ln}\left(\frac{Z_1}{10}\right)} \quad (3)$$

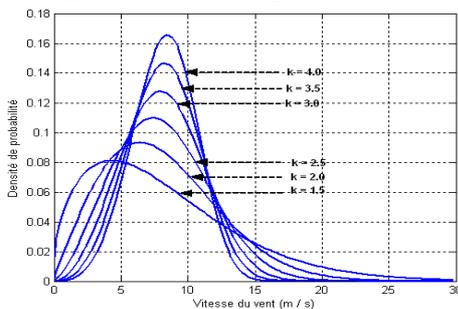


Figure (4): Fonction de densité de probabilité de Weibull pour différentes valeurs du facteur de forme K. $C = 7.2$ m/s.

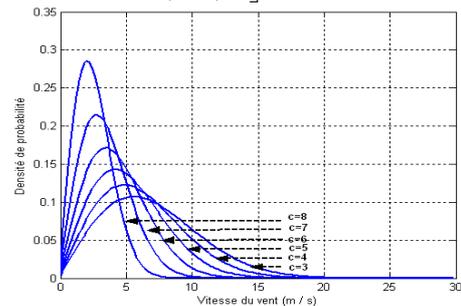


Figure (5): Fonction de densité de probabilité de Weibull pour différentes valeurs du paramètre d'échelle C, pour $k=2$.

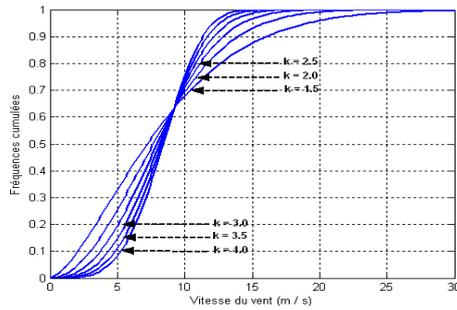


Figure (6): Fonction de distribution cumulative de Weibull pour différente valeur du facteur de forme K, C=7,2 m/s.

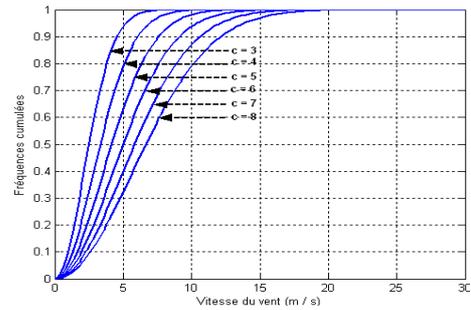


Figure (7): Fonction de distribution cumulative de Weibull pour différentes valeurs du paramètre d'échelle C, pour k=2

3.4. Cisaillement de vent :

En 1976, Justus a proposé une méthode pour évaluer l'influence des cisaillements de vent sur les caractéristiques de puissance, et qui donne la variation du rapport P/P_0 , où P est la puissance affectée par les cisaillements et P_0 serait la puissance récupérée à travers le rotor en fonction de l'exposant α de la loi de puissance et du rayon relatif du rotor R/Z_a (Z_a : hauteur de l'axe de l'éolienne) [6].

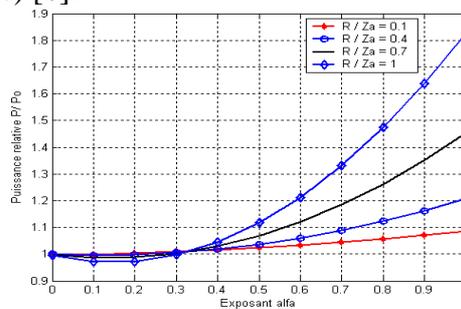


Figure (12) : Puissance relative intégrée P/P_0 pour une surface circulaire de rayon relatif R/Z_a et pour divers valeurs de l'exposant α .

4. CALCUL DES FACTEURS CARACTERISTIQUES D'UN SYSTEME EOLIEN :

	k	c	\bar{V}	σ	$\langle V^3 \rangle$	V_m	\bar{V}/c	σ/\bar{V}	V_m/\bar{V}	V_0/\bar{V}	V_1/\bar{V}	V_3^3/\bar{V}	$\langle V^3 \rangle/\bar{V}^3$
Ttem	2,02	4,29	3,80	1,97	103,87	3,58	0,89	0,52	0,39	0,81	1,13	1,59	1,89
Adrar	2,15	7,2	6,38	3,12	462,23	6,07	0,89	0,49	0,36	0,84	1,13	1,53	1,78

Tableau (1) : k et c les paramètres de Weibull, \bar{V} la vitesse moyenne du vent, $\langle V^3 \rangle$ vitesse cubique moyenne, σ l'écart type, $\langle V^3 \rangle/V^3$ est le facteur d'irrégularité, V_m est la vitesse médiane (50 %), V_0 est la vitesse qui correspond au maximum de $f(v)$, V_1 celle qui correspond au maximum de $V \cdot f(v)$, V_3 celle qui correspond au maximum de $V^3 \cdot f(v)$ [2].

5. PUISSANCE MOYENNE ANNUELLE FOURNIE PAR UN AEROGENERATEUR :

5.1. Potentiel éolien disponible [7, 8, 9] :

L'énergie cinétique d'une masse d'air m qui se déplace avec la vitesse v, est:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \tag{5}$$

Si cette énergie pouvait être complètement récupérée à l'aide d'un dispositif ayant la surface A ($A = \pi.R^2$), situé perpendiculairement à la direction de la vitesse du vent, la puissance éolienne instantanée serait alors :

$$P_e = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (6)$$

Le potentiel éolien moyen disponible sur un site est donnée par :

$$\langle P_{disp} \rangle = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \langle V^3 \rangle \quad (7)$$

5.2. Puissance moyenne récupérable [7, 8]:

En réalité, le dispositif de conversion (la turbine éolienne) extrait une puissance P_{rec} inférieure à la puissance disponible P_{disp} .

$$P_{rec} = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (8)$$

Le coefficient de puissance C_p , caractérise l'aptitude de conversion de l'énergie éolienne,

L'évaluation suivante de ce coefficient est basée sur la théorie Rankine - Froude de l'hélice éolienne dans un fluide incompressible.

- v : la vitesse axiale d'écoulement en amont,
- v_0 : la vitesse d'écoulement sur la surface A,
- v_1 : la vitesse axiale en aval,
- p_1 et p_2 : les pressions avant et après l'hélice

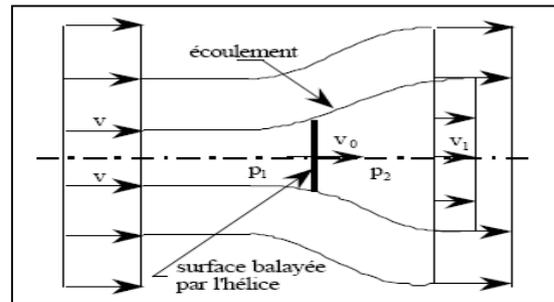


Figure (9) : Modèle de l'écoulement axial de l'air à travers la surface balayée par une hélice.

Finalement la puissance P est exprimé en fonction d'une variable a, par la relation suivante:

$$P_{rec} = \frac{1}{2} \rho A v^3 4a (1-a)^2 \quad \text{Avec : } C_p = 4a (1-a)^2 \quad \text{et} \quad a = 1 - \frac{v_0}{v} \quad (9)$$

La fonction $C_p(a)$ à un maximum pour $a = 1/3$ (0,59 limite de Betz). Il en résulte que :

$$C_T = \frac{1 - a}{C_p} \quad (10)$$

Enfin la densité d'énergie moyenne annuelle récupérable exprimée en kWh/m^2 , $\langle E \rangle$ est égale à : $\langle E \rangle = 3,25 \cdot \langle V^3 \rangle$ (11)

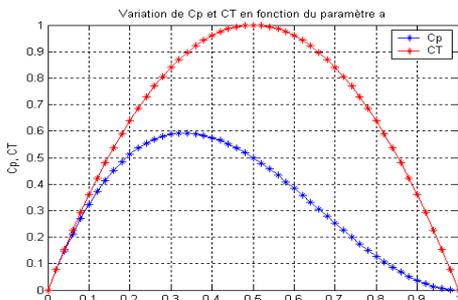


Figure (10) : Variation de C_p et C_T suivant le paramètre a.

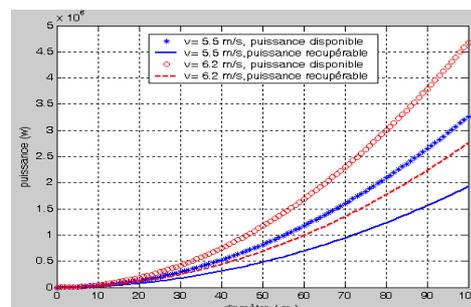


Figure (11) : Influence du diamètre du rotor sur la puissance récupérable

6. CONCLUSION :

Le potentiel énergétique récupérable au site d'Adrar est très important (vitesse moyenne annuelle supérieur à 6 m/s) par rapport au site de Tlemcen (vitesse moyenne annuelle 3.8 m/s).

La densité de puissance moyenne annuelle disponible sur le site de Tlemcen à 10 m est estimée à 577,69 kWh/m².an et au site d'Adrar pour la même hauteur égal à 2481,83 kWh/m².an. La densité de puissance moyenne annuelle récupérable sur le site de Tlemcen à 10m est estimée à 329,05 kWh/m².an et au site d'Adrar pour la même hauteur égal à 1464,30 kWh/m².an. Cette densité de puissance devient après la correction de la masse volumique de l'air (coefficient de correction thermique, de pression et de l'altitude), 291,82 kWh/m².an pour le site de Tlemcen et 1355,90 kWh/m².an pour le site d'Adrar.

Généralement les vitesses sont mesurées à une hauteur normalisée égale à 10m du sol, mais les aérogénérateurs commercialisés sont installés à des hauteurs supérieures ou égales à 25m du sol, donc les caractéristiques du site doivent être corrigées en utilisant un modèle d'extrapolation verticale. La densité de puissance moyenne annuelle récupérable a été estimée à 421,01 kWh/m².an à Tlemcen et de 1956,2 kWh/m².an à Adrar à 25m de hauteur.

Nomenclature:

$f_w(V)$	La fonction de distribution de Weibull	C	Facteur d'échelle, m/s
$f_R(V)$	La fonction de distribution de Rayleigh	K	Facteur de forme
Γ	La fonction GAMMA	Cp	Coefficient de puissance
$\langle V \rangle$	La vitesse moyenne du vent, m/s	A	La surface balayée par une hélice, m ²
$\langle V^3 \rangle$	Vitesse cubique moyenne du vent, m/s	σ^2	Variance
P_1, p_2	Les pressions avant et après l'hélice	Pu	Puissance utile, W
E_c	L'énergie cinétique d'une masse d'air, W	P_N	Puissance nominale, W
P_{disp}	Le potentiel éolien moyen disponible, W	V_D	Vitesse de démarrage, m/s
P_{rec}	Puissance moyenne récupérable	V_N	Vitesse nominale, m/s

Références :

- [1] Logiciel Encarta 2006. Carte de L'Afrique.
- [2] R. Maouedj, S. Bousalem, et B. Benyoucef, Etude des performances d'un système éolien pour le site d'Adrar. *Le 7^{ème} congrès national de la physique et ses applications (CNPA' 2006)*. Béchar du 18 au 20 Décembre 2006.
- [3] K. Messaitfa, Douze années d'expériences du pompage solaire a travers le sud ouest de l'Algérie, *1^{er} séminaire sur la contribution de l'énergie solaire et éolienne dans le développement durable*. Octobre 2001.
- [4] Extrait du rapport de synthèse ECRIN, L'Electronique de Puissance Vecteur d'Optimisation Pour les Energie Renouvelables, paru mai en 2002. Paris.
- [5] N. Kasbadji Merzouk, De l'estimation du potentiel énergétique éolien application au pompage. *1^{er} séminaire sur la contribution de l'énergie solaire et éolienne dans le développement durable*. Octobre 2001.
- [6] C.G. Justis / Traduit et adapté par J. L. Plazy, Vent et performances des éoliennes. Paris 1980.
- [7] Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins and Ervin Bossanyi, Wind energy handbook. 2001, England.
- [8] Fernando D. Bianchi, Hernán De Battista and Ricardo J. Mantz. *Wind Turbine Control Systems Principles, Modelling and Gain Scheduling Design*, Germany.
- [9] Erich Hau. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Applications, Economics*, 2nd Edition, Germany.