

## Analyse statistique et élaboration d'un atlas éolien de la vallée du Cheliff

Fouad Boukli Hacène<sup>1</sup>, Nachida Kasbadji Merzouk<sup>2</sup> et Larbi Loukarfi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur  
Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie

<sup>2</sup> Centre de Développement des Energies renouvelables  
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie

(reçu le 25 Novembre 2007 – accepté le 28 Décembre 2007)

**Résumé** - Au vu des potentiels énergétiques solaires, géothermiques et éoliens existants en Algérie, leurs utilisations pour le développement économique de certaines régions semblent favorables. De par sa vocation agricole, et au vu des potentialités énergétiques éoliennes déterminées par l'étude préalable, l'implantation d'aérogénérateurs de pompage dans la Wilaya du Chlef semble indiqué. Le choix d'un aérogénérateur passe inévitablement par la caractérisation éolienne du site d'implantation, d'où l'attention qu'il faut nécessairement apporter à l'estimation du potentiel énergétique local. Le but du présent sujet est l'établissement de l'atlas vent de la région de Cheliff. En premier lieu, une étude statistique des mesures de vent basée sur la distribution de Weibull permet la détermination des vitesses moyennes annuelles du vent. Ceci a permis l'établissement la carte du vent de la région étudiée. La deuxième partie est consacrée à l'estimation du potentiel énergétique éolien de la vallée de Cheliff et au tracé de l'atlas de la densité de puissance de la région. Les résultats ont montré que le site de Ténès est le plus venté de la région étudiée.

**Abstract** - The recent subject aim is the establishment wind region of Cheliff. First statistic measures wind based on Weibull distribution permit determination of annual average wind speed. This allows the establishment of wind card of this studied region. The second part is concentrated on the estimation of the potential energy of wind situated in the Cheliff valley traced on the atlas of the power energy in the region. The result is mentioned that the site of Ténès is the windiest then the studied area.

**Mots clés:** Paramètres de Weibull - Potentiel énergétique éolien - Mapinfo.

### 1. INTRODUCTION

Le vent est un élément dont l'étude s'avère très complexe, sa caractérisation est fonction de plusieurs paramètres tels que la mesure de la vitesse du vent et de sa direction, l'effet de la rugosité du sol, l'effet des obstacles, l'effet de la stabilité de l'atmosphère, etc.

Il est clair que pour déterminer les potentialités éoliennes d'un site, il faut passer par le traitement statistique des mesures de la vitesse du vent. Au vu de la vocation agricole de la région de Chlef, il serait intéressant d'étudier les possibilités qui peuvent être offertes par l'utilisation de l'énergie éolienne au pompage de l'eau ou autre. Pour cela, il faut d'abord quantifier le gisement énergétique disponible par l'établissement de l'atlas éolien de la région.

### 2. REGION ETUDIEE

Un premier recensement des stations de mesure situées dans la région a montré qu'il y a trois stations à considérer, à savoir: Ténès, Miliana et Chlef (Fig. 1). Ces trois sites diffèrent par leurs climat respectif: méditerranéen, montagnoux et particulier à cause de l'emplacement de la station de Chlef dans une cuvette.

Il faut dire que l'étude s'est orientée vers les stations qui disposent de mesures ininterrompues de données tri horaires pour les vitesses et les directions du vent (**Tableau 1**).

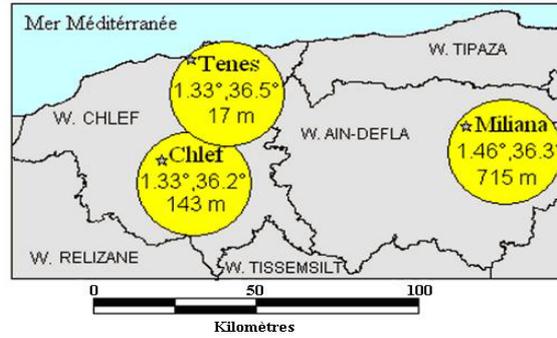


Fig. 1: Coordonnées géographiques des stations étudiées

**Tableau 1:** Stations météorologiques au sol implantées dans la région d'étude

Site	Longitude (deg)	Latitude (deg)	Altitude (m)	Période de mesure (an)	Hauteur du mât (m)
Ténès	1.33	36.5	17	5	10
Miliana	2.14	36.18	715	5	10
Chlef	1.20	36.12	143	5	12

Par ailleurs, et afin d'éviter les effets de bord lors du tracé de l'atlas de la vitesse du vent et de la densité de puissance disponible de la région, les vitesses et potentiels de stations supplémentaires ont été rajoutés. Il s'agit en occurrence des stations d'Alger, Mostaganem, Médéa, Mascara et Tiaret [6].

### 3. MODELISATION

#### 3.1 Calcul des vitesses moyennes du vent

Une analyse statistique des données tri horaires des vitesses et leurs distributions pour des classes données ont été effectuées pour les différents sites à l'aide de l'utilisation de la loi de Weibull. La fonction de densité de probabilité de la loi de Weibull a pour expression:

$$f(V) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right) \quad (1)$$

où  $f(V)$  est la fréquence d'occurrence de la vitesse du vent,  $k$  et  $c$  des paramètres appelés communément les paramètres de Weibull. Le paramètre  $k$  (facteur de forme) est sans dimension et caractérise la forme de la distribution de fréquence alors que  $c$  détermine la qualité du vent (facteur d'échelle). Ce dernier a la dimension d'une vitesse. La détermination de ces paramètres permet la connaissance de la distribution des vents pour un site donné.

Pour déterminer ces paramètres qui ajustent au mieux l'histogramme des fréquences d'observations, on fait appel généralement à la méthode des moments ou celle du maximum de vraisemblance.

Une fois ces paramètres déterminés, la vitesse moyenne du vent est calculée selon l'expression suivante:

$$\bar{V} = \int_0^{\infty} V f(V) dV \quad (2)$$

D'où l'expression suivante:

$$\bar{V} = c \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (3)$$

où  $\Gamma$  représente la fonction gamma donnée comme suit:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} \exp(-t) t^{x-1} dt \quad (4)$$

### 3.2 Calcul de la densité de puissance éolienne

L'énergie éolienne moyenne disponible sur un site donné, en une seconde (puissance) par unité de surface de la roue d'une éolienne s'écrit:

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \rho \bar{V}^3 \quad (5)$$

où  $\rho$  est la masse volumique de l'air égale en moyenne à 1.25 kg/m<sup>3</sup> à des conditions suivantes: T = 20 °C et P = 1 atm .

La fonction de la vitesse cubique moyenne cette dernière s'écrit:

$$\bar{V}^3 = \int_0^{\infty} V^3 f(V) dV \quad (6)$$

De même que pour la vitesse moyenne, la vitesse cubique moyenne s'écrit:

$$\bar{V}^3 = c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (7)$$

### 3.3 Interpolation spatiale des mesures

L'atlas éolien a été tracé à l'aide du logiciel Mapinfo basé sur les systèmes d'information géographique (SIG) découlant de la méthode d'analyse Merise. Une analyse thématique des vitesses moyennes est effectuée à l'aide de la méthode de pondération inverse à la distance modélisée par le logiciel Mapinfo [6]. Elle permet le calcul de la valeur à un nœud (S<sub>0</sub>) du maillage par analyse de point avoisinant (S<sub>i</sub>) défini par un rayon de recherche. Elle consiste à attribuer à chaque point brut, retenu dans la sélection, un poids inversement proportionnel à la distance entre ce point brut et le nœud à estimer (S<sub>0</sub>).

## 4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1 Distribution de la vitesse du vent

La classification des fréquences du vent effectuée à l'échelle annuelle pour les trois sites est représentée par les histogrammes des figures 2, 3 et 4.

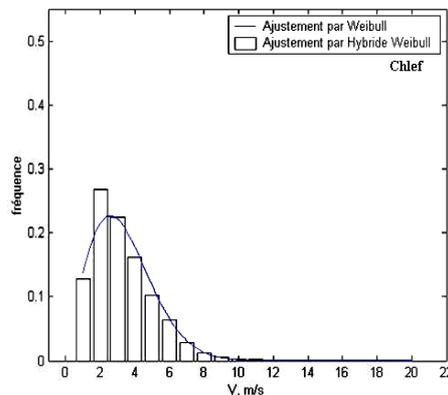


Fig. 2: Distribution des vents du site de Chlef

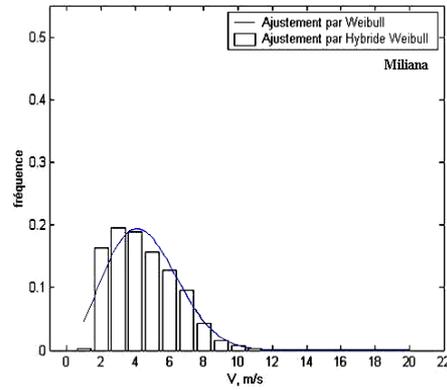


Fig. 3: Distribution des vents du site de Miliana

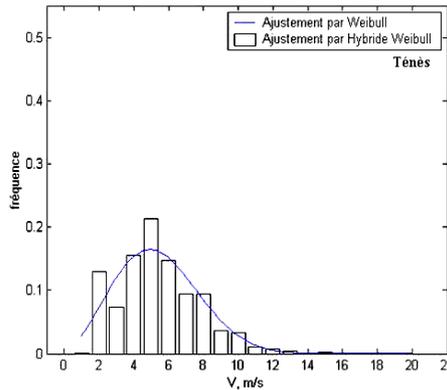


Fig. 4: Distribution des vents du site de Ténès

On remarque que pour le site de Ténès, 20 % des données sont cumulées dans la gamme de 4 m/s à 6 m/s et l'intervalle de la distribution des vitesses s'étend jusqu'à 10 m/s. Par contre, pour le site de Chlef, 28 % des données de vitesses sont à 3 m/s et 10% seulement sont dans la gamme de 4 m/s à 7 m/s. Quant au site de Miliana, 20 % des données sont enregistrées dans la gamme de 3 m/s à 5 m/s et l'intervalle de vitesse s'étend faiblement jusqu'à 14 m/s.

#### 4.2 Vitesse et densités de puissance éolienne disponible

En utilisant la méthode du maximum de vraisemblance appliquée à la distribution, les valeurs des paramètres  $k$  et  $c$  pour différentes stations de la région ont été déterminées. Ceci a permis le calcul de la vitesse moyenne et de la densité de puissance moyenne pour différents sites de la région telles que portées dans le **tableau 2**.

**Tableau 2:** Résultats de l'étude statistique

Site	$k$	$c$ (m/s)	$V$ (m/s)	$P$ (W/m <sup>2</sup> )
Ténès	2,4716	6,0924	5,4041	128,8578
Miliana	2,434	5,1076	4,5291	72,369
Chlef	1,9541	3,7307	3,3079	28,19913

On remarque que le site le plus venté est celui de Ténès avec une vitesse moyenne du vent de l'ordre de 5,40 m/s. La situation topographique de la station de Chlef (située dans une cuvette) est vérifiée par la faible valeur de la vitesse moyenne enregistrée.

#### 4.3 Atlas de la vitesse du vent à 10 m

La carte des vents de la vallée de Cheliff estimée à 10 m du sol est représentée en figure 5. Une gamme de variation de la vitesse moyenne annuelle allant de 1 m/s à 6 m/s.

La zone côtière de Ténès de la région étudiée est caractérisée par des vitesses moyennes du vent supérieur à 5 m/s. On constate que les communes limitrophe de Ténès, telles que Abou El Hassen, Bouzegaia et Sidi Abderrahmane ont une vitesse moyenne proche de 5 m/s. On peut dire que la zone la plus ventée de la vallée est la région de Ténès avec les communes voisines.

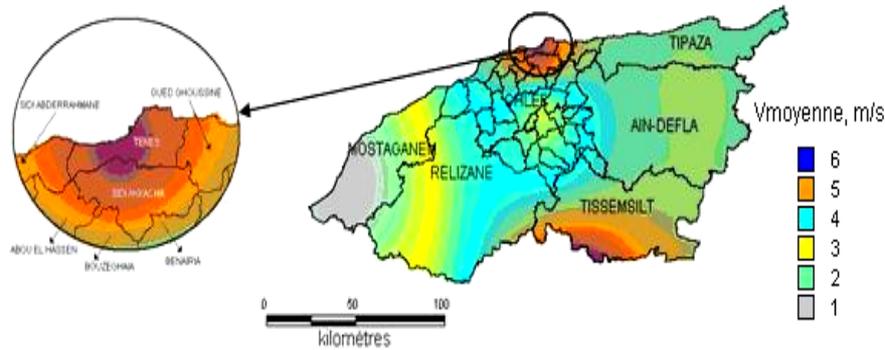


Fig. 5: Atlas de la vitesse moyenne du vent de la vallée de Cheliff estimée à 10 m du sol

#### 4.4 Atlas de la densité de puissance disponible à 10 m

On constate que la densité de puissance éolienne varie entre 28,2 W/m<sup>2</sup> à la station de Chlef et 128,85 W/m<sup>2</sup> dans la zone de Ténès, quant à celle de la station de Miliana, la valeur moyenne est de 72,369 W/m<sup>2</sup>. En d'autres termes, la région de Ténès reste l'endroit le plus énergétique de la vallée.

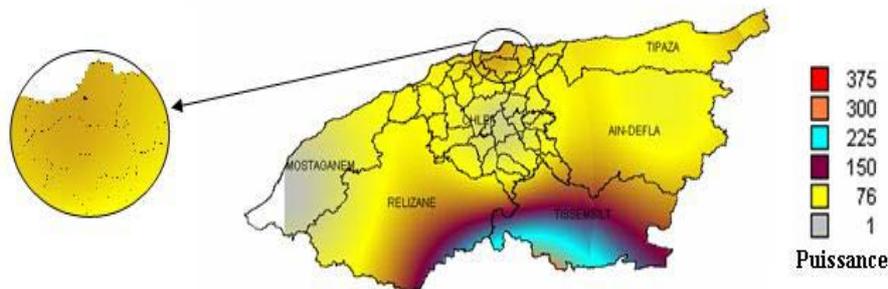


Fig. 3: Atlas de la densité de puissance du vent de la vallée de Cheliff estimée à 10 m du sol

## 5. CONCLUSION

Les analyses thématiques de la région étudiée ont montré que la zone littorale, comme Ténès chef lieu et les communes limitrophes telles que, Abou El Hassane, Sidi Okacha et Sidi Abderrahmane sont les plus ventées de la vallée de Cheliff. Ainsi on peut en conclure que Ténès reste l'endroit le mieux approprié pour implanter un système éolien rentable et performant pour le pompage de l'eau destinée à l'irrigation, car ces communes sont à vocation agricole. En perspective, on s'intéressera au microclimat de la zone de Ténès et l'influence de tous les paramètres tel que la rugosité du sol, l'effet d'obstacle,... sur la vitesse du vent la région.

**REFERENCES**

- [1] N. Kasbadji Merzouk, M Merzouk and N. Messen, '*A Mass Consistent Model Application to the Study of Phenomenon in Advance of Sand towards the Algerian High Plains*', Renewable Energy, Vol. 28, N°4, pp. 655 - 663, 2003.
- [2] N. Kasbadji Merzouk, '*Wind Energy Potential of Algeria*', Renewable Energy, Vol 21, N°3-4, pp. 553 - 562, 2000.
- [3] H. Daaou Nedjari, S. Haddouche et N. Kasbadji Merzouk, '*Utilisation de l'Energie Eolienne pour le Pompage de l'Eau dans les Hauts Plateaux*', JITH'2005, Tanger, Maroc, Novembre 2005.
- [4] Document, '*Base de Données des Vitesses de Vent*', Station de Chlef, 2001 – 2005, Office National de la Météorologie.
- [5] F. Boukli Hacène, N. Kasbadji Merzouk et L. Loukarfi, '*Etude Statistique pour la Détermination des Potentialités Energétiques Eoliennes de la Vallée du Chélif*', ICRESO\_07, Tlemcen, Algérie, Mai 2007
- [6] N. Kasbadji Merzouk, '*Evaluation du Gisement Eolien, Contribution à la Détermination du Profil Vertical de la Vitesse du Vent en Algérie*', Thèse de Doctorat en Physique Energétique, Tlemcen, Algérie, Mai 2006.