

Amélioration de la Carte des Vents à Partir des Données Interpolées

H. Nedjari Daaou, S. Haddouche et N. Kasbadji Merzouk

Laboratoire d'Evaluation du Potentiel Energétique CDER, Route de l'observatoire, B.P. 62 Bouzaréah, Alger

Résumé – Les résultats produits par l'Atlas Vent de l'Algérie [1] ont été utilisés dans la présente étude dans le but de multiplier la densité de points de mesure aidant à l'amélioration de la carte des vents de l'Algérie. Les différentes valeurs de la rugosité et des paramètres de Weibull k et c , lus à partir de l'Atlas Vent ont permis le positionnement de nouveaux points interpolés et le calcul de la vitesse moyenne de vent.

Abstract – The results produced by the Atlas Wind of Algeria [1] were used in the present study with the aim of multiplying the density of measured points to improve the wind map of Algeria. The various values of the roughness and the Weibull parameters k and c , read from the Atlas allowed the location of new interpolated points and the calculation of the average wind speed.

Mots clés : Carte de vent – Facteur de forme – Facteur d'échelle – Interpolation.

1. INTRODUCTION

Pour une rigoureuse exploitation de l'énergie éolienne sur un site donné, différentes cartes de l'énergie éolienne disponible en Algérie ont déjà été établies, à savoir :

- La carte des vitesses du vent à 10 et 25 m du sol, [2]
- Les différentes cartes saisonnières de la vitesse du vent [3].
- La carte de la puissance moyenne annuelle récupérable pour des altitudes égales à 10 et 50 m du sol [4].

Ces cartes ont permis la localisation de sites susceptibles d'accueillir des installations éoliennes. L'élaboration de ces dernières est basée sur l'interpolation des vitesses moyennes estimées à partir de mesures tri-horaires relevées auprès des stations météorologiques de l'O.N.M [1]. Les résultats obtenus, à partir de ces études sont insuffisants pour le dimensionnement des installations éoliennes, puisqu'elles ne tiennent pas compte du relief et de la rugosité. En effet, l'influence des ces derniers sur l'évolution de la vitesse du vent ne sont pas pris en considération. Par ailleurs, au vu de l'immensité et la complexité de la surface du territoire national, la cartographie de la vitesse moyenne du vent établie à grande échelle, ne peut être suffisamment représentative. Donc il aurait fallu une densité de points de mesure plus importante et mieux répartie.

Pour pallier à cette difficulté, il existe différents modèles numériques permettant l'interpolation des vitesses moyennes de vent en fonction des paramètres au sol ([5],[6]). Ces modèles diffèrent par la source de la donnée interpolée. Si le modèle Aiolos [7] utilise des données mesurées à 700 hpa, l'Atlas vent de l'Algérie établi par Hammouche, [1], se base sur l'interpolation des données au sol. La présente étude porte sur l'exploitation des résultats donnés par l'Atlas Vent pour l'établissement de la cartographie régionale de l'Algérie.

Il s'agirait donc d'augmenter la densité des données à interpoler afin d'améliorer la précision des atlas éoliens. Plusieurs sites situés dans les différentes zones de l'Algérie à savoir le site d'Oran, Bordj Bou Arriredj, Tlemcen et Sétif sont traités. Les valeurs des paramètres k et c relevées de l'Atlas Vent de l'Algérie ont été utilisés pour le calcul de la vitesse moyenne du vent à partir de la distribution de Weibull. La nouveauté de ce travail reste la production graphique des paramètres de Weibull pour les différents sites étudiés.

2. METHODOLOGIE

2.1. Constitution de la base de données nécessaire à la cartographie de micro-climats

L'Atlas Vent de l'Algérie produit par l'ONM, est un recueil de données statistiques des paramètres vent regroupant 37 stations de mesure réparties sur le territoire national. Outre les résultats de l'étude statistique, il permet la lecture de paramètres et de vitesse estimés pour plusieurs classes de rugosité (de 0 à 3) et à plusieurs hauteurs, (de 10 à 200 m). Utilisant la description orographique autour des stations de mesure, la distance à partir de laquelle un changement de rugosité intervient est prélevée suivant huit secteurs. Cette dernière est reportée sur la carte topographique de la région et la position (Longitude et Latitude) est prélevée. Les paramètres respectifs de Weibull sont alors déduits à nouveau de l'Atlas Vent. Cette méthode a permis la localisation d'un éventail de points autour de la station de mesure, permettant une cartographie plus rigoureuse.

2.2. Méthode de calcul de la vitesse du vent

La vitesse moyenne du vent est calculée à partir de l'intégrale du produit de la vitesse de vent et de la fonction de la distribution de Weibull[11], elle s'écrit sous la forme suivante :

$$v_m = \int_0^{\infty} v f(v) dv \quad (1)$$

Où $f(v)$ représente la probabilité pour que le vent souffle à une vitesse donnée. Elle est donnée par la formule suivante de la distribution de Weibull :

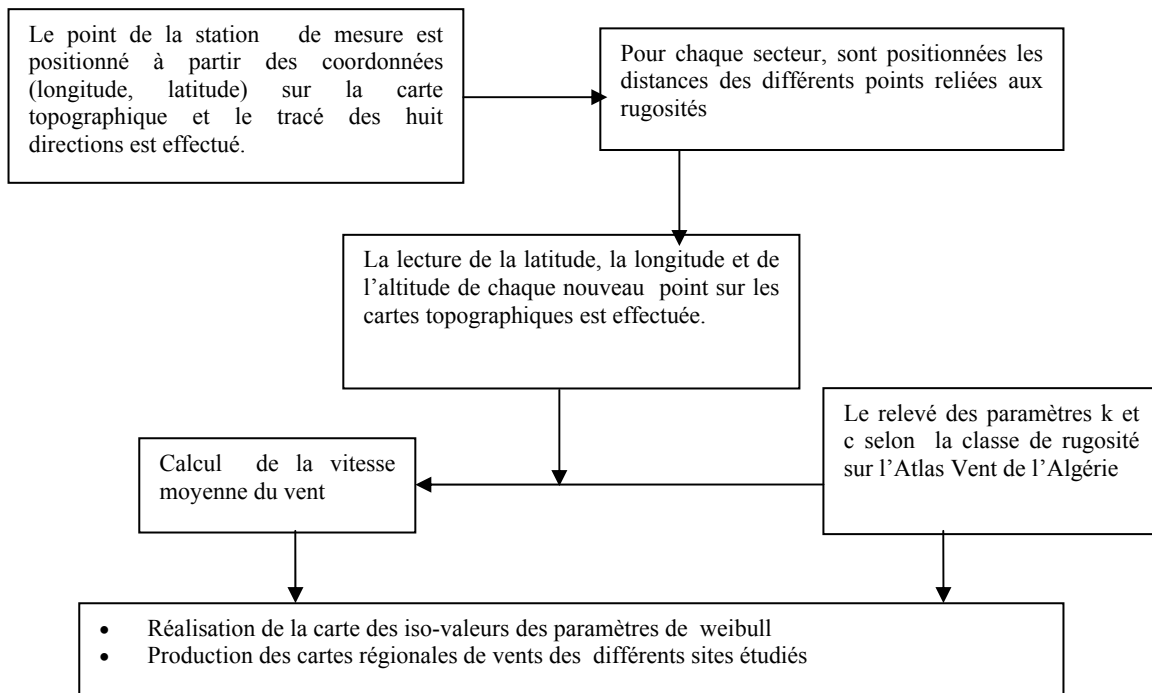
$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left[\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]\right] \quad (2)$$

On remarque qu'elle est fonction du facteur de forme k (sans dimension) et du facteur d'échelle c (m/s). L'intégration de l'équation (1), introduit la fonction gamma, et la vitesse moyenne se met sous la forme :

$$v_m = c \Gamma\left[1 + \frac{1}{k}\right] \quad (3)$$

Connaissant les valeurs des paramètres de Weibull (k et c) à 10 m du sol pour chaque site, la vitesse moyenne du vent est conséquemment calculée à l'aide d'un programme réalisé sous le logiciel Matlab.

Ce travail est détaillé dans l'organigramme suivant :



2.3. Interpolation spatiale des données

La méthode utilisée pour la cartographie régionale consiste en une interpolation des différents paramètres de Weibull des points localisés autour de la station par la méthode du minimum de courbure, à l'aide du logiciel Surfer. Ceci permet l'obtention de matrices donnant les paramètres de Weibull tous les kilomètres. A partir de cette matrice spatiale de donnée, sont calculées les vitesses moyennes en chaque point. Enfin le tracé des paramètres de Weibull et de la vitesse du vent est effectué, à l'aide du même logiciel, à 10 mètres du sol et en coordonnées Lambert.

2.4. Comparaison

Les valeurs de vitesse moyenne de vent obtenues par l'équation (3) sont comparées aux valeurs déduites à partir de la carte des vents, réalisée à l'aide de 48 stations du réseau de l'ONM, [2]. Pour cela, on calcule l'écart relatif, selon l'expression suivante :

$$\Delta = \frac{v_2 - v_1}{v_2} \quad (4)$$

3. DESCRIPTION DES SITES ETUDIÉS

Le choix des sites traités dans cette étude s'est basé sur la diversité de la topographie des régions étudiées afin d'impliquer tous les paramètres de l'orographie. Deux sites sont situés à l'Est de l'Algérie à savoir Bordj Bou Arriredj et Sétif. Ils sont caractérisés par des altitudes très élevées de l'ordre de 1000 m et une variation de rugosité très importante, entre 0.01 et 0.8. Deux autres sites sont localisés dans la région Ouest de l'Algérie, à

savoir le site d'Oran, sur la côte méditerranéenne et le site de Tlemcen. Ces derniers sont situés à des altitudes moins élevées que les deux premiers avec une variation de rugosité aussi importante. La description des stations est donnée au tableau 1.

Tableau 1: Les caractéristiques des quatre sites étudiés

Nom	Latitude (deg.)	Longitude (deg.)	Gamme z_0 (m)	D max. de variation z_0 (m)
B. B. Arirredj	4.66	36.07	0.01-0.8	4000
Setif	5.25	36.18	0.01-0.8	3000
Tlemcen	-1.28	34.95	0.01-0.1	2000
Oran	-0.6	35.63	0.01-0.9	5200

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Cartographie des paramètres de Weibull

La cartographie des paramètres de Weibull permet le calcul du potentiel éolien disponible en un point donné, car la cartographie régionale de la vitesse du vent ne peut pas déterminer le potentiel puisqu'il est fonction de la vitesse cubique moyenne[3]. Toutefois, plus le nombre de données est important, le nuage de points créé autour de la station est grand, entraînant ainsi une interpolation plus rigoureuse.

Cela paraît clairement dans les figures 1 et 2 concernant le site d'Oran où on retrouve une meilleure interpolation du paramètre de forme k et du paramètre d'échelle c . On remarque une légère variation dans l'évolution du paramètre de forme k due à la faible gamme de variation de valeurs. En effet, il varie de 1.62 à 1.90 pour le site de B.B.Arirredj et de 1.52 à 1.92 pour le site de Sétif. La valeur la moins élevée est recueillie à Tlemcen où elle est de l'ordre de 1.38.

Pour le paramètre d'échelle c , le site de Sétif enregistre la variation la plus importante ; elle oscille entre la valeur de 2.8 et 7.2 m/s. Pour le site d'Oran, elle atteint la valeur la plus élevée, elle est de l'ordre de 7.4 m/s.

4.2. Cartographie de la vitesse du vent

En figures 3 et 4 sont reportées les évolutions de la vitesse moyenne de vent calculée à partir des paramètres k et c , avec un intervalle de 0.4 m/s.

Le choix de cet intervalle a été dicté par le fait que les vitesses obtenues pour l'ensemble des sites varient de 2.4 à 7 m/s, ce qui permet de bien montrer l'évolution de la vitesse pour tous ces sites.

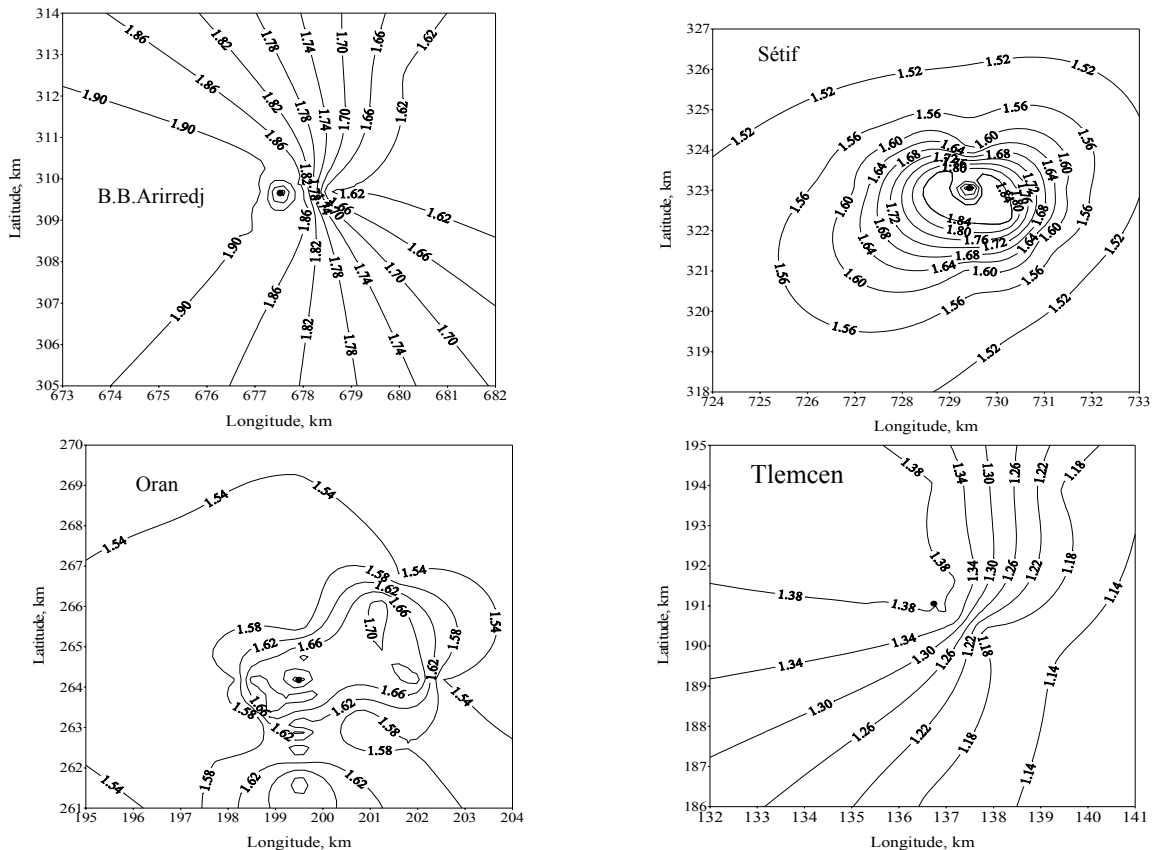


Fig.1: Cartographie du paramètre de forme k pour les différents sites étudiés

4.3. Résultats de la comparaison

Afin de valoriser les résultats obtenus dans cette étude pour les micro-climats régionaux, une comparaison avec les études réalisées précédemment [2] a été établie et représentée dans les figures suivantes. Les figures 5 et 6 montrent le profil de la vitesse de vent obtenu par l'interpolation des données mesurées dans 48 stations météorologiques du réseau de l'ONM. On y remarque que les iso-vents sont beaucoup trop uniformes et sont sans rapport avec la topographie locale. Alors que sur les figures 3 et 4, il existe un rapport direct de l'évolution de la vitesse du vent avec la topographie de la région. En effet, elle augmente avec les altitudes, ce impliquant des profils concentrés autour des sommets de la région.

Par ailleurs, pour les sites de l'Est (fig 5), la variation de la vitesse du vent est très faible et seule une valeur de la vitesse moyenne de vent est déterminée et égale à 3.5 m/s. Alors que sur la figure 3 on aboutit à une plage de données de vitesses variables pour chaque site.

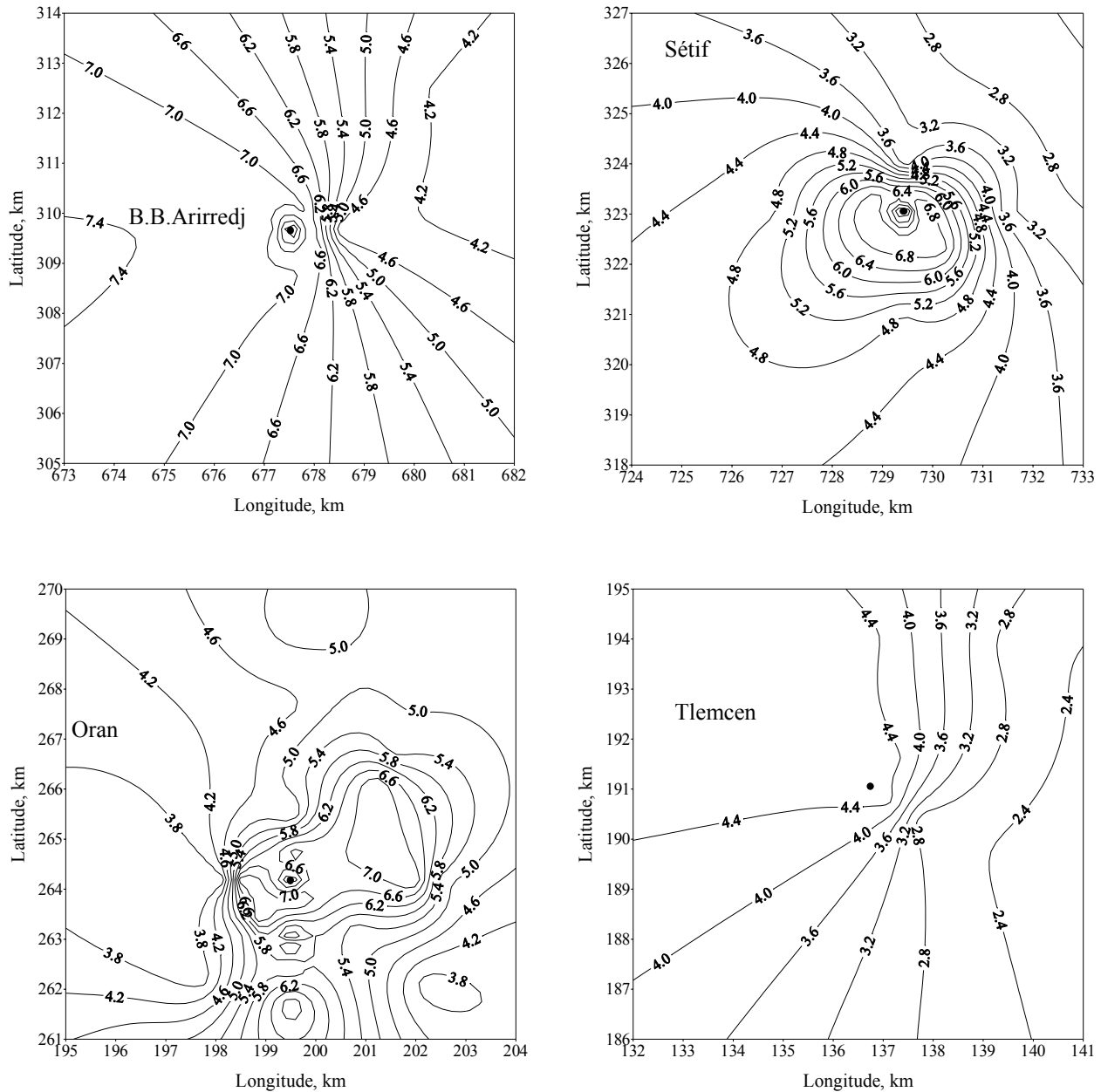


Fig. 2: Cartographie du paramètre d'échelle c en m/s pour les différents sites étudiés

En effet, cette dernière varie de 3.8 à 6.2 m/s pour le site de Bordj Bou Arreridj, sur une région de 10 km² et est plus importante pour le site de Sétif, car elle oscille entre 2.4 et 6.8 m/s.

De même, les figures 4 et 6 donnent le détail de la comparaison établie pour la région Ouest. Ainsi, sur la figure 6 est représentée l'allure des iso-vents passant par les sites d'Oran et de Tlemcen, ne dépassant pas respectivement les 3.3 m/s et 2.6 m/s. Alors qu'elles atteignent la valeur de 5.8 et 4.4 m/s (figure 4). Enfin, un calcul de l'écart entre les valeurs de vitesse moyenne de vent obtenues par les deux méthodes est récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau 2: valeur de l'écart calculé

	B.B.A	Sétif	Oran	Tlemcen
$(v_2-v_1)/v_2$	37,50%	41,67%	44,83%	36,59%

On remarque que l'écart est important et varie entre 36.5 à 45%.

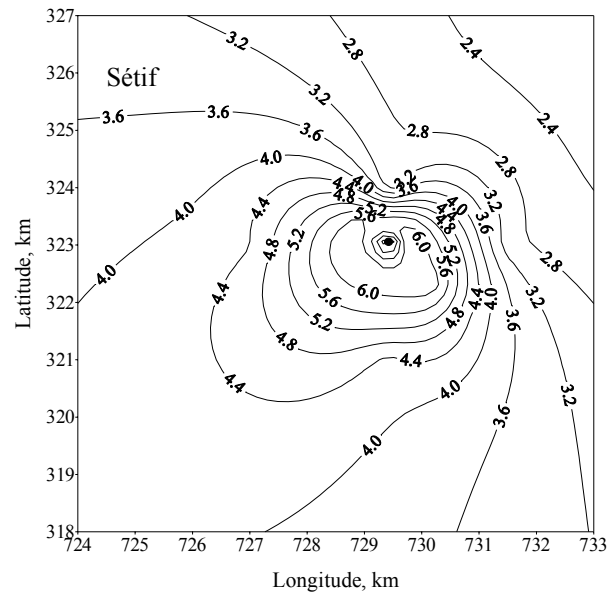
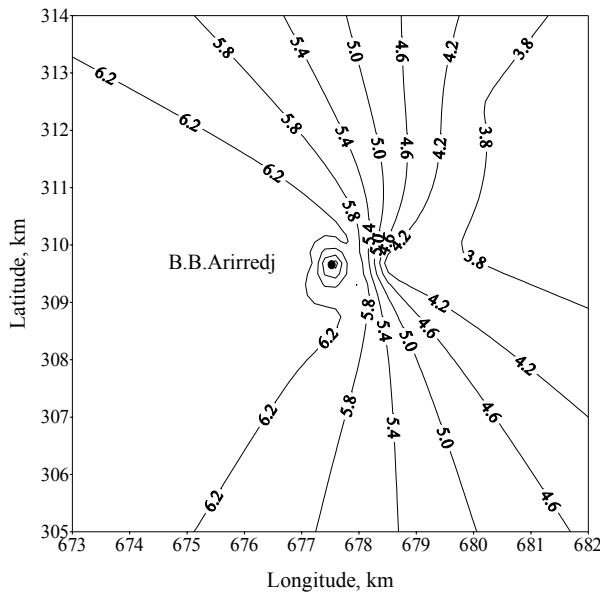


Fig. 3: cartographie des micro-climats de la vitesse moyenne de vent pour les sites de l'Est

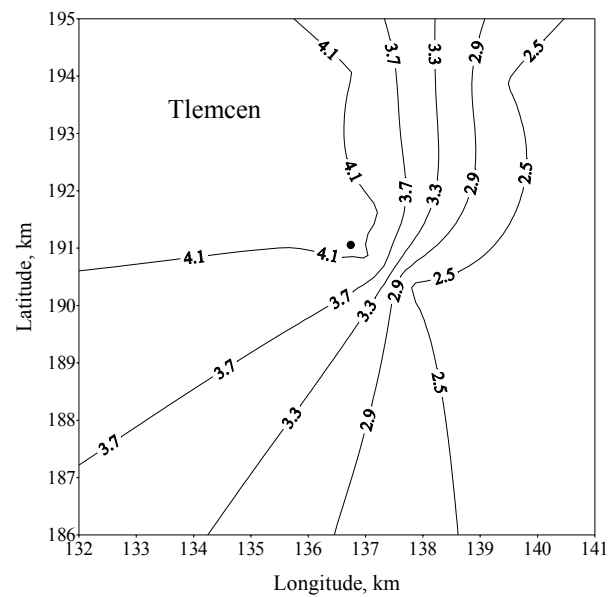
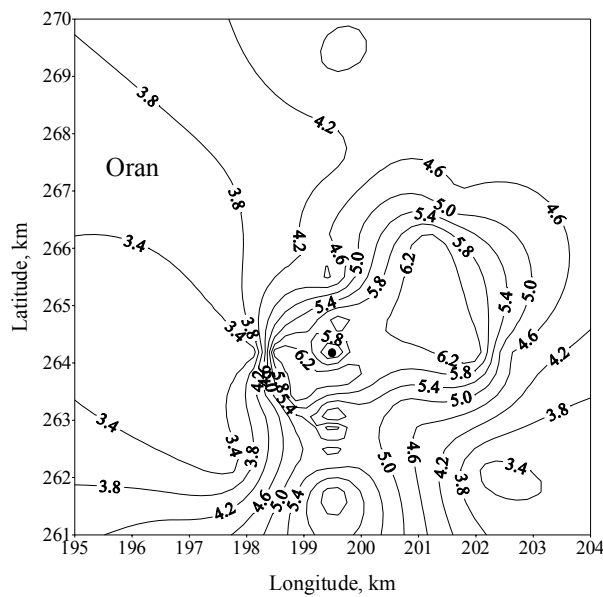


Fig. 4: cartographie des micro-climats de la vitesse moyenne de vent pour les sites de l'µOuest

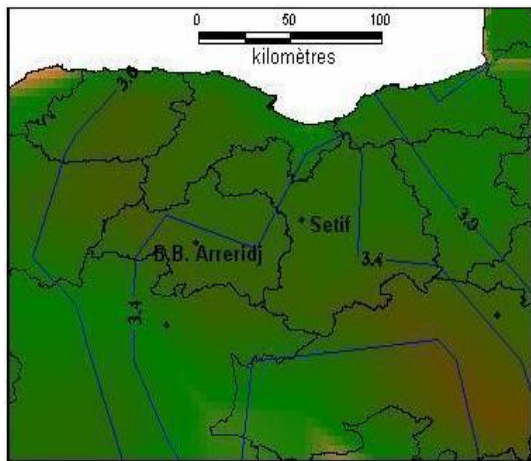


Fig. 5 : carte régionale de la vitesse moyenne de vent pour la région Est

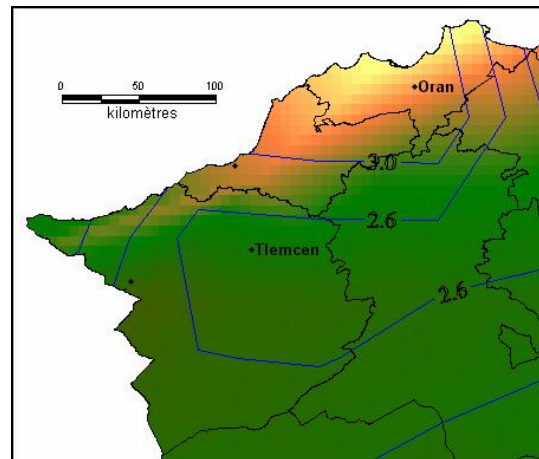


Fig. 6: carte régionale de la vitesse moyenne de vent pour la région Ouest

5. CONCLUSION

Le travail réalisé dans cette étude a permis la réalisation de cartes de micro-climats donnant plus de précision concernant les différents sites étudiés. En effet, il en ressort que les méthodes d'interpolation présentent des inconvénients et sont à écarter pour des rayons supérieurs à 10 km autour des stations de mesure. Au delà de cette distance, tout concepteur doit obligatoirement avoir une description parfaite du lieu de mesure ainsi que des obstacles de la topographie et de la rugosité afin de pouvoir extrapoler ces données de vent jusqu'au point voulu. Ce qui rend le travail très complexe. Il a été montré que l'erreur que l'on peut faire en négligeant ces paramètres, peut atteindre les 44.83 %.

D'autre part, les cartes donnant l'évolution des paramètres de Weibull k et c sont utiles et indispensables pour le calcul du potentiel éolien et les études de faisabilité par leur utilisation pour la détermination de la puissance réellement produite par un aérogénérateur installé en un site donné.

REFERENCES

- [1] R. Hammouche, 1990, " ", publication interne de l'ONM, (Office National de Météorologie), Alger.
- [2] N. Kasbadji Merzouk, "Carte des vents de l'Algérie", JNVER99, Tlemcen, Algérie.
- [3] N. Kasbadji Merzouk et H. Daaou, "Atlas Energétique Eolien de l'Algérie", SIPE5, Béchar Nov.2001.
- [4] N. Kasbadji Merzouk et H. Daaou, "Cartes saisonnières du vent en Algérie", journée d'études : météorologie et climatologie entre sciences et prise de décision, ONM/Alger, 2001.
- [5] C.A. Sherman, "A mass consistent model for wind field over complex terrain", Journal of Applied Meteorology, vol.17, pp. 312-319, 1977.
- [6] L. E. Petersen, I. Troen, S. Frandsen et K. Hedegaard, "Wind Atlas for Denmark", Laboratory of Riso, Denmark.,1981.
- [7] D.P. LALAS., «Wind Energy Estimation and Siting in Complex Terrain », Int. Jour. Solar Energy, vol. 3, pp. 43-71, 1985.
- [8] N. Kasbadji Merzouk, H. Daaou et S. Haddouche, "Evaluation of Wind Energy Potential for Windy Micro-area Using a Mass Consistent Model", VII World Renewable Energy Congress, Cologne Allemagne, juin 2002.
- [9] N. Kasbadji Merzouk, H. Daaou et S. Haddouche, "Caractérisation Energétique de Sites Ventés à l'Aide d'un Modèle Numérique" Enersol 2001, Adrar 30-31 Octobre 2001.
- [10] N. Kasbadji Merzouk, H. Daaou et S. Haddouche, "Carte des vents de l'Algérie, établies à l'aide du modèle AIOLOS", 4ème Congrès National de la Physique Energétique, Faculté de physique de l'USTHB, Sidi Fredj, 23-24 novembre 2000.
- [11] J. Hladik, "Energétique éolienne", Presses de l'Université du Québec, Ed. 1984.