

Contribution à l'Etude du Vent en Rapport avec l'Erosion Eolienne dans les Zones Arides

N. Kasbadji Merzouk ⁽¹⁾ et N. Messen ⁽²⁾

⁽¹⁾Laboratoire d'Evaluation du Potentiel Energétique, CDER, BP.62, Bouzaréah, Alger

⁽²⁾CRSTRA/PNR, BP.212 Ain -Oussera.

Résumé – La présente publication porte sur l'étude des vents dans une région semi-aride afin de déterminer leur contribution dans l'ensablement de cette zone. Pour cela deux méthodes ont été utilisées. La première passe par le traitement des données mesurées au niveau de stations météorologiques et la seconde par l'établissement de la carte des vitesses du vent de la région à l'aide de l'extrapolation des données mesurées à 700 Hpa.

Les résultats obtenus par les deux méthodes ont montré que les vents dominants sont Nord et Ouest.

Par ailleurs, les vitesses moyennes annuelles et journalière varient en moyenne entre 4 et 5 m/s ce qui implique que les ressources énergétiques éoliennes de la région ne peuvent répondre qu'aux petites applications.

Abstract – The present publication is about the survey of wind in an arid region in order to determine their contributions of the progression of sands to the north.. Two methods have been used. The first one consists of a treatment of a measured data at meteorological station and the second the establishment of the wind speed map of the region, extrapolating the measured data at 700 Hpa.

Using these two methods, the obtained results showed that dominating wind speed and sectors are North and West. So that the wind activity, in the high plains, is not the main reason of the progression of the sand Northwards.

Otherwise, mean yearly and daily speeds obtained by a statistical study of data show that wind speed varies between 4 and 5 m/s. So this implies that the wind energy resources of the region can only used for the small applications.

Mots clés: Erosion éolienne - Zone semi-aride - Modèle Aiolos - Vitesse moyenne - Vent dominant

1. INTRODUCTION

Le vent est un élément important dans la caractérisation du climat. Malheureusement il est aussi un élément dont l'étude s'avère très complexe, car plusieurs paramètres y interviennent tel 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....Ceci implique que la carte des vents de l'Algérie, [1] basée sur l'interpolation des données mesurées au sol s'avère insuffisante pour la caractérisation d'une région quelconque,[2].

Afin de prendre en compte les contraintes précitées, plusieurs modèles [3,4] ont été établis. Le dernier en date, établi par Lalas [5] et dénommé «AIOLOS», a été développé pour des régions accidentées. Ce modèle a été utilisé pour l'établissement des cartes sectorielles du vent de la région. Ceci a permis la détermination de vents dominants de la région ainsi que leur contribution dans l'ensablement de la région.

Par ailleurs, une étude statistique des données mesurées au niveau des trois stations météorologiques implantées dans la région a été effectuée pour confirmer les résultats obtenus à l'aide du modèle.

Les évolutions annuelles et journalières des trois stations ont été tracées et ont montré qu'il est possible d'exploiter l'énergie éolienne disponible pour des petites applications.

2. REGION ETUDIEE

La région étudiée se situe dans une zone semi-aride, à savoir dans la wilaya de Djelfa. Elle se situe dans la partie centrale des hauts plateaux algériens et s'étend sur une superficie de 20.000 km². Trois villes principales y sont situées. Ain-Oussera . au nord de la région, Djelfa, au sud et Ksar-El-Chellala à l'Est. La surface topographique est relativement plate vers le Nord (altitude moyenne 650 à 700 m) et accidentée vers le sud.

Tableau 1. Stations météorologiques implantées dans la région d'étude.

Station	Longitude	Latitude	Altitude	Période
Ain Oussera	02°31'E	35°33'N	649m	1985-1995
Djelfa	03°15'E	34°41'N	1144m	1981-1990
Ksar-El-Chellala	02°19E	35°10'N	800m	1990-1997

Au sol trois stations de mesure, situées dans les trois villes précitées mesurent les vitesses moyennes et

directions toutes les trois heures à 10 mètres du sol (voir Tableau 1).

Par ailleurs, deux points de mesure à 700 Hpa se trouvant dans la région d'étude, prélèvent quotidiennement deux mesures de la vitesse et la direction du vent.

3. MODELE MATHEMATIQUE

3.1. Etude des Données Mesurées au Sol

La distribution de Weibull a été utilisée pour l'étude statistique des données mesurées au sol. La densité de probabilité et la fréquence cumulée de cette distribution s'écrivent respectivement sous la forme :

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

et :

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

où $f(V)$ représente la distribution des fréquences des vitesses moyennes mesurées pour une classe donnée, $M(V)$ la fréquence cumulée, k et c des paramètres appelés communément les paramètres de Weibull.

Connaissant les fréquences de vent pour une classe donnée, les paramètres de Weibull k et c sont déterminés. Ces derniers sont utilisés pour le calcul de la vitesse moyenne à l'aide de l'expression suivante :

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

Où Γ représente la fonction gamma.

Un programme d'ajustement, basé sur la loi de distribution de Weibull [6], a été développé. Il permet l'obtention des résultats suivants :

- la vitesse moyenne arithmétique journalière de l'année type
- la vitesse moyenne arithmétique annuelle de l'année type.

Puis suivant les huit directions prédéfinies :

- la fréquence ;
- la classification des vitesses par classe ;
- les paramètres de Weibull ;
- la vitesse moyenne estimée ;
- et le produit moyen fréquence-vitesse.

Les paramètres de Weibull sont déterminés à l'aide de la méthode des moindres carrées pondérée, [7].

3.2. Etude des données mesurées à 700 Hpa

Pour la détermination de l'écoulement du vent dans une région donnée, le modèle appelé Aiolos est utilisé, [8]. Ce dernier est un modèle cinématique [5], basé sur la résolution de l'équation de continuité en supposant que la densité de l'air est considérée constante, (hypothèse valable pour de grandes surfaces), [9].

Initialement, une étude statistique des points de mesure situés à 700 Hpa, est effectuée et la vitesse moyenne estimée suivant les huit secteurs définis est déterminée. Une interpolation des vitesses moyennes suivant un pas préalablement choisi, est effectuée. Il en résulte huit fichiers donnant la vitesse moyenne en chaque point du maillage.

Afin de prendre en considération tous les paramètres pouvant créer une divergence (tel que la rugosité, la topographie ...), les vitesses estimées initialement obtenues par interpolation, sont projetées à 10 mètres du sol à l'aide du modèle Aiolos.

D'autres données sont introduites au modèle, tel que :

- les altitudes prélevées en chaque point du maillage (données obtenues à partir des cartes topographiques);
- les rugosités (données relatives aux conditions rencontrées au sol, mer ou terre)
- et des données supplémentaires, (essentiellement des données géographiques).

Les résultats obtenus consistent en l'obtention d'un champ de vitesses moyennes estimées par secteur, à 10 mètres d'altitude. Ces derniers sont directement exploitables par le logiciel Surfer pour le tracé des différentes cartes de vitesses sectorielles.

Enfin, la vitesse moyenne pondérée par le produit (fréquence de direction * vitesse du vent) à 700 Hpa est calculée à l'aide de l'expression suivante :

$$V_{moyen} = \sum_1^8 (f_i * V_i) \left(\frac{V_i}{10} \right) \quad (4)$$

où $(f_i * V_i)$ représente le produit de la fréquence du secteur et de la vitesse du vent en chaque point du maillage à 700 Hpa.

Le modèle Aiolos a été appliqué pour un pas de 1 km. Distance idéale pour l'obtention de résultats fiables.

Alors que deux points de mesure à 700 Hpa, se trouvent dans la région d'étude, les données de six points ont été traitées et ont servi à l'interpolation horizontale de la vitesse moyenne estimée, ceci afin d'affiner le tracé. Une simulation a été développée pour extraire la matrice représentative de la région considérée de celle obtenue initialement.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Résultats du traitement des données mesurées à 10 m du sol

L'évolution de la vitesse moyenne journalière des trois sites situés dans la région considérée est représentée en figure 1.

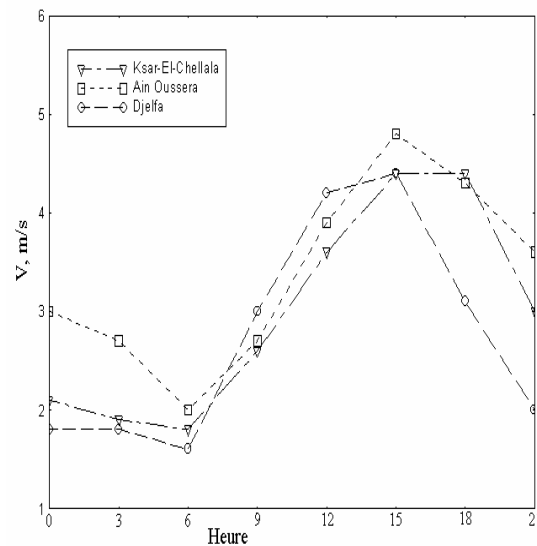


Fig.1: Evolution journalière de la vitesse

Une évolution similaire pour les trois sites est constatée avec une diminution de la vitesse moyenne durant la nuit et une augmentation durant la journée. La vitesse maximale est atteinte au environ de 15 heures. En général, le site qui présente les vitesses journalières les plus élevées est celui d'Ain Oussera, situé le plus au nord de la région.

On remarque sur la figure 2, représentant les vitesses moyennes annuelles des trois sites, que les vents les plus forts sont enregistrés pendant la saison printanière

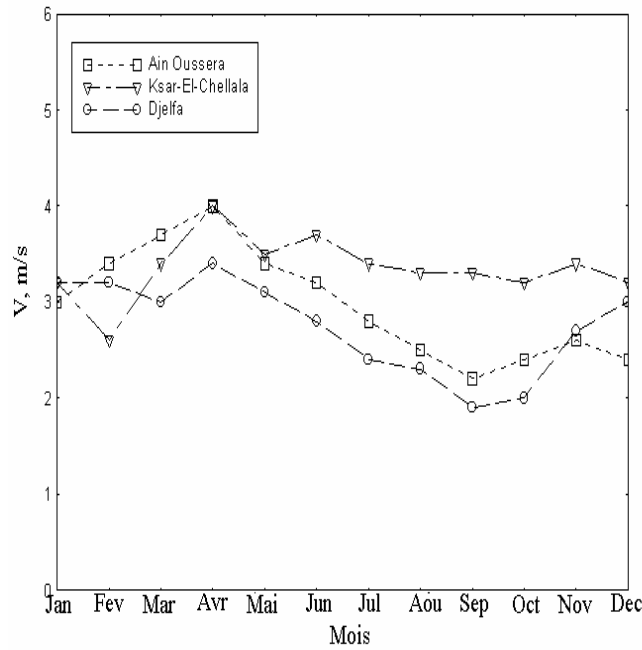


Fig.2: Evolution annuelle de la vitesse

. En effet, une augmentation des vitesses est constatée du mois de novembre à Avril, puis la vitesse chute durant les six mois restants. Par ailleurs, l'évolution des vitesses des sites d'Ain Oussera et Djelfa est similaire, alors que celle relative au site de Ksar-El-Chellala est différente.

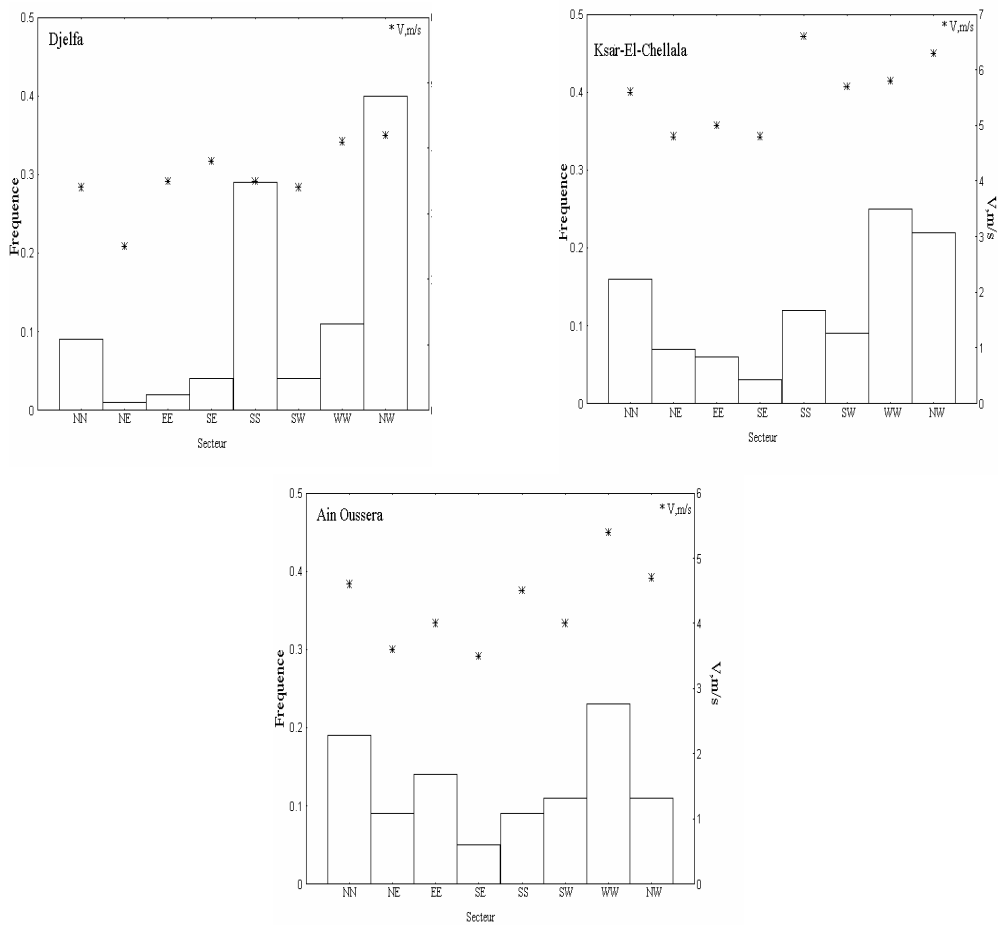


Fig. 3: Fréquences des secteurs et vitesses moyennes des stations au sol.

En effet, pour ce site, les vitesses mensuelles varient autour de la vitesse moyenne annuelle du site qui est de l'ordre de 3.35 m/s à l'exception du mois de février où cette dernière est de l'ordre de 2.6 m/s.

Afin de déterminer les secteurs relatifs aux vents dominants de la région, les vitesses moyennes estimées et les fréquences des différents secteurs sont représentées en figure 3. Concernant le site montagneux de Djelfa, les vents dominants sont dans la direction Nord-ouest. La fréquence de cette dernière représente 40% avec une vitesse maximale de l'ordre de 4.2 m/s.

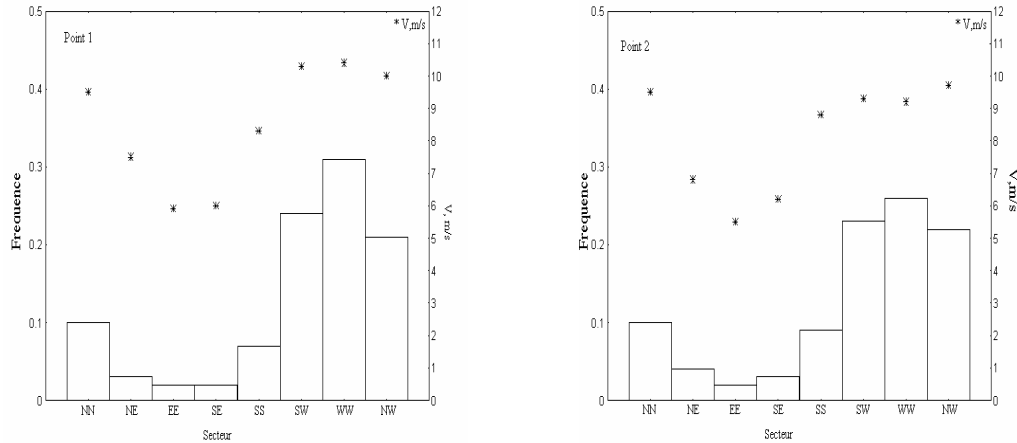


Fig. 4: Fréquences des secteurs et vitesses des points de mesure à 700 Hpa.

Toutefois la fréquence du secteur sud n'est pas négligeable puisqu'elle avoisine les 29% avec une vitesse moyenne égale à 3.5m/s

Pour les sites de Ksar-El-Chellala et Ain Oussera, les vents dominants sont Ouest, avec des vitesses de l'ordre de 5.8 et 5.4 m/s respectivement. Toutefois, la vitesse maximale pour le site de Ksar-El-Chellala est enregistrée dans la direction Sud (6.6 m/s). Si on considère que le grain de sable se déplace à partir de 3 m/s, il existe bien un déplacement Sud-Nord, mais dans de faible proportion puisque la fréquence du secteur est faible et est contrecarrée par les vents nord et nord ouest.

4.2. Résultats du traitement des données mesurées à 700 Hpa

En Figure 4., sont représentés les vitesses et fréquences des secteurs des points de mesure, situés dans la région d'étude à une altitude de 700 Hpa.

On remarque que les vitesses du vent estimées à l'aide de la distribution de Weibull, des deux points évoluent d'une manière similaire.

Par ailleurs, les fréquences les plus élevées se trouvent dans la direction Ouest, alors que les plus faibles sont à l'est. Les vitesses par secteur suivent l'évolution des fréquences avec des maximums de l'ordre de 10 m/s.

En figure 5., sont représentés les cartes sectorielles des vitesses vent en coordonnées Lambert, obtenues à partir de l'extrapolation du modèle Aiolos.

On remarque que les évolutions de la vitesse du vent des cartes opposées Nord - Sud et Est - Ouest sont similaires. Toutefois les vitesses enregistrées dans la direction Nord et Ouest sont beaucoup plus élevées.

- Au tableau 2. sont données les fréquences cumulées des vitesses du vent par secteur.

Tableau 2: Fréquences cumulées des vitesses du vent par gamme et secteur.

Secteur	Fréquences cumulées %				
	V>0	V>3	V>4	V>5	V>6
Nord	100	98.18	73.64	5.53	0.76
Sud	100	96.21	29.39	2.12	0.30
Ouest	100	99.39	78.86	4.39	0.08
Est	100	5.38	0	0	0

On remarque que :

- A l'ouest 99,4% des vitesses du vent sont supérieures à 3 m/s contre 5,4% dans la direction Est.

- Au sud, si la fréquence cumulée des vitesses du vent représente 96.21% pour des vitesses supérieures à 3m/s, cette dernière chute à 29.5% pour $v > 4$ m/s.
- Alors que pour le secteur Nord, elle demeure élevée autour de 73.6%.

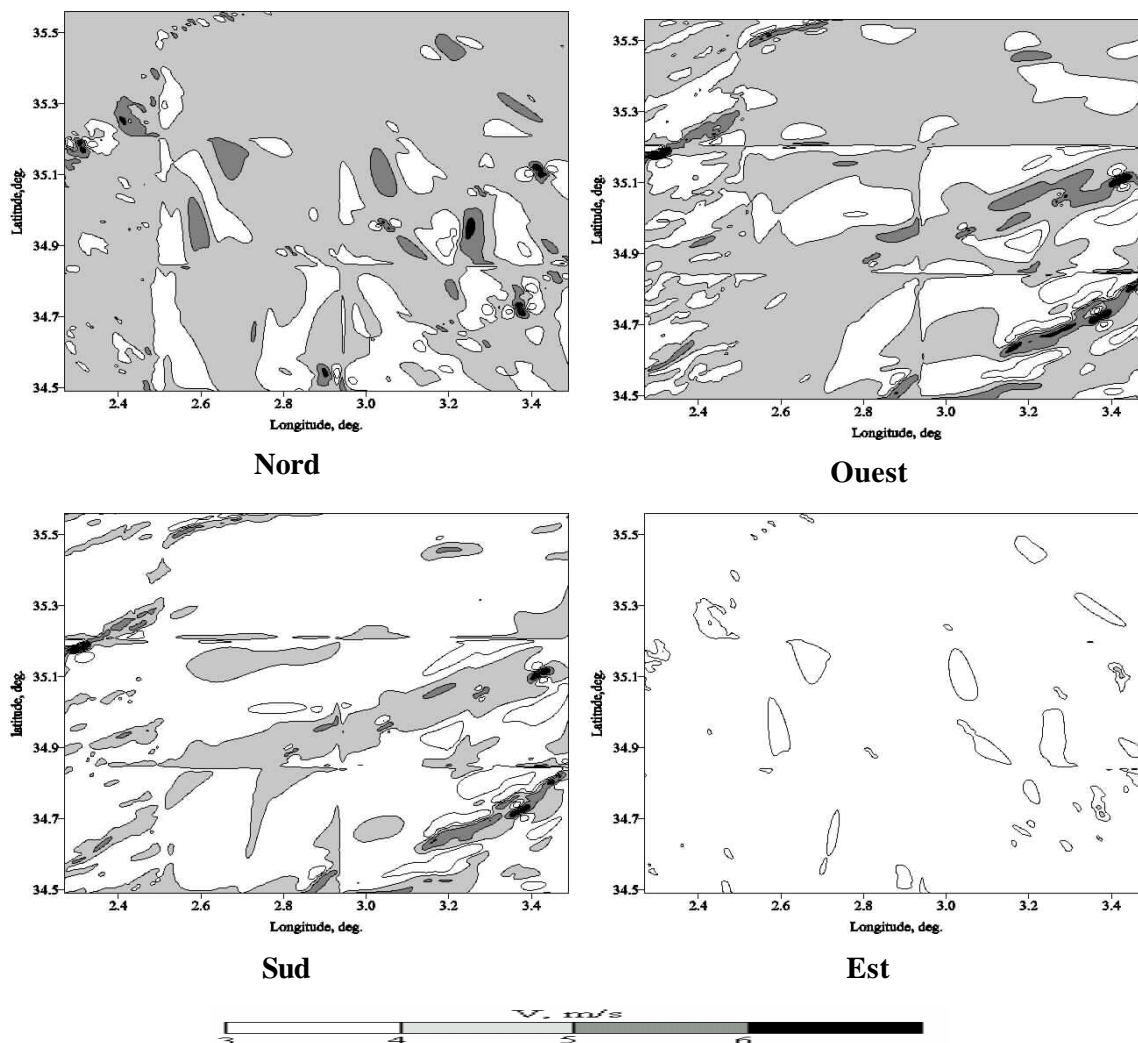


Fig. 5: Cartes des vents de la région, estimées suivant les différents secteurs.

Enfin, en figure 6, est représentée la carte des vents de la région étudiée. Les vitesses obtenues varient 2 à 6.5 m/s. On remarque que les accidents topographiques apparaissent lors du tracé de la vitesse du vent. En effet, étant donné que la rugosité a été considérée constante dans la région et que le modèle suppose que les conditions atmosphériques sont neutres, les seules perturbations rencontrées sont celles liées à l'altitude.

5. CONCLUSION

La présente étude a permis la caractérisation d'une zone semi-aride du point de vue éolien. Les résultats obtenus par les deux méthodes concordent puisqu'elles indiquent des secteurs et vent dominants, dans la direction Nord et Ouest.

On remarque que l'effet de la topographie est dominant lors du tracé de la vitesse du vent à 10 m, car les accidents du sol se retrouvent sur les cartes des isovents, tel que : l'apparition du cordon dunaire au nord de Djelfa. La topographie de la zone traitée est donc incontournable dans l'établissement d'une carte éolienne.

Par ailleurs, le tracé des cartes de la vitesse du vent par secteur à différentes hauteurs est indispensable, car il permettra de dégager un plan de développement durable de la région compatible avec la protection de l'environnement dans cette zone steppique.

Par ailleurs, de nombreux sites dans la région sont très intéressants pour l'implantation des systèmes éoliens, puisque les vitesses requises généralement pour ce type d'application sont de l'ordre de 4 à 5 m/s à 10 m du sol.

En effet, même si les vitesses du vent estimées des trois sites étudiés, se trouvent dans la gamme variant de 3 à 4 m/s, les variations annuelles et journalières montrent que ces dernières sont beaucoup plus importantes pour des mois et des heures précises de la journée.

Au vu des résultats, on peut affirmer que l'activité éolienne, dans les hauts plateaux, n'est pas la cause principale de l'avancée du sable. Ceci est dû essentiellement à la pression du pâturage sur les parcours pastorale et le manque d'entretien de ces derniers.

Enfin, sur le plan pratique, les résultats obtenus permettent de dégager de meilleures recommandations pour des projets d'aménagement industriels et agricoles. Ils conduisent aussi, à effectuer de meilleurs choix de site pour l'implantation des installations éoliennes.

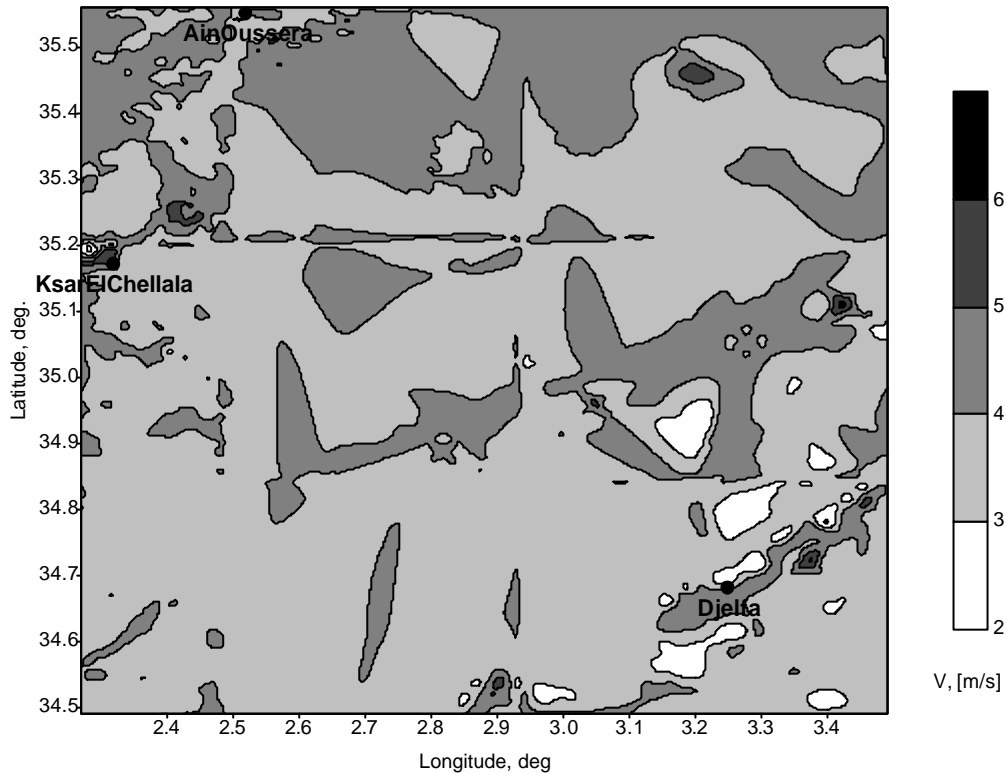


Fig. 6. : Carte des vents de la région étudiée à 10 m du sol.

REFERENCES

- [1] N. Kasbadji Merzouk, "Wind Energy Potential of Algeria", Inter. J.Renewable Energy, vol. 21/3-4, pp. 553-562, (2000).
- [2] N. Kasbadji Merzouk et L. Hamane, "Atlas Vent, Limites des Méthodes d'Interpolation. Application au Nord Est de l'Algérie", Al'SIG99, Alger, (1999).
- [3] C.A. Sherman, "A mass consistent model for wind field over complex terrain", Journal of Applied Meteorology, vol.17, pp. 312-319, (1977).
- [4] L. E. Petersen, I. Troen., S. Frandsen et K. Hedegaard, "Wind Atlas for Denmark", Laboratory of Riso, Denmark.,(1981).
- [5] D. P Lalas., "Wind Energy Estimation and Siting in Complex Terrain", Int. Jour. Solar Energy, vol. 3, pp. 43-71.(1985)
- [6] N. Kasbadji Merzouk., "Estimation du Potentiel Energétique Eolien en Algérie", rapport interne au CDER, Alger, (1993).
- [7] M. Boumahrat et J. Gourdin, "Méthodes Numériques Appliquées", Office des Publications Universtaire (OPU), Algiers (1983.)
- [8] G.T Phillips, "A Preliminary Users Guide for the NOABL Objectives Analysis Code", rapport interne, Science Application Inc., California, USA, (1979).
- [9] Ib. Troen, "On Diagnostic Wind Field Models", ICTP, College on Atmospheric Boundary Layer Physics, Trieste, Italy, (1990)